UČEBNÍ TEXTY VYSOKÝCH ŠKOL

Karlova universita v Praze

Fakulta přírodovědecká

Cytologie a anatomie rostlin

Dr. Stanislav Lhotský

1962

Státní pedagogické nakladatelství, n. p.
Praha

O B S A H

str.

ÚVOD 11
Historie rostlinné anatomie 11
Mikroskopická technika 14
Struktura hmoty 17
Směry rostlinné anatomie 18

I. ROSTLINNÁ CYTOLOGIE
Rostlinná buňka - cellula 20
Cytoplasma (Protoplasma v užším slova smyslu) .. 22
Jádro buněčné (Nucleus) 24
Mitochondrie (chondriosomy) 29
Plastidy 30
1. Chloroplasty 30
2. Chromoplasty 32
3. Leukoplasty 32
Asimiláty plastidů a látky zásobní 33
Škrob - amylum 34
Tuky a oleje 35
Bílkovinné krystaly a zrna 36
Význam reservních látek rostlin pro člověka 37
Vakuoly 38
Blány buněčné 40
Růst blan 41
Struktura blan 41
Ultrastruktura blan 42
Chemické složení buněčných blan 42
Přijímání vody a živin buňkami 46
Difuse 47
Osmosa 47
Turgor 49
Plasmolysa 49
Význam osmosy pro buňku 50

Původ buněk. Nebuněčná živá hmota 52
Jaderné dělení 53
1. Přímé dělení jaderné - amitosa 54
2. Nepřímé dělení jaderné 54
Karyokinese čili mitosa 55
Meiosa (redukční dělení) 58
Dělení plastidů a mitochondrií 61
Rozmnožování buněk 62
Splývání buněk a jader 64
II. ANATOMIE ROSTLIN (HISTOLOGIE)
Jednobuněčné a nebuněčné organismy 66
Rostliny mnohobuněčné 67
Mezibuněčná hmota (macerace) 67
Plasmodesmy 68
Pletiva 68
Dělivá pletiva (meristemy) 69
Iniciály 69
Rozdělení meristemů podle původu 70
Rozdělení meristemů podle polohy 71
Trvalá pletiva 72
Mezibuněčné prostory 72
1. Parenchymy 73
2. Prosenchym 74
3. Vláknité pletivo 74
4. Destičkové pletivo 75
5. Kolenchym 75
6. Sklerenchym 75
Systémy pletiv 76
1. Anatomie stonku 77
Primární stavba stonku 77
Systém pletiv pokožkových (krycích) 78
Pokožka 78
Kutikula 78
Průduchy 79
Trichomy a emergence 79

Systém pletiv základních (kůra a dřeň) 82
Primární kůra 82
Pletiva exkreční 82
Pochvy 84
Stelé 84
Systém pletiv vodivých (svazky cévní) 85
Výskyt svazků cévních 85
Složení svazků cévních 85
Původ svazků cévních 86
Lýková část svazků cévních 87
Sítkovice 87
Parenchymatické buňky průvodní 88
Lýkový parenchym 88
Dřevní část svazků cévních 89
Cévy 89
Dřevní parenchym 89
Sklerenchym 90
Význam pletiv vodivých 90
Svazky cévní u vodních rostlin 90
Stelární teorie 91
Průběh a uspořádání svazků cévních ve stonku 93
Typ dvouděložný 93
Typ jednoděložný 94
Typ Commelinaceí 94
Typ vodních ponořených rostlin 94
Druhotné tloustnutí stonku 94
Druhotná pletiva 95
Kambium čili ztlušťovací kruh 96
Letokruhy 97
Felogen 98
Druhotná stavba stonku (druhotná pletiva) 99
Korek 99
Lenticely (čočinky) 100
Technický korek 101
Borka - rhytidoma 101
Dřevo - deuteroxylem 102
1. Tracheje a tracheidy 103
2. Dřevní parenchym 104

3. Dřeňové paprsky 104
4. Sklerenchymatické buňky 105
Technický význam dřeva 105
Druhotné lýko 107
Textilní vlákna 108

2. Anatomie kořene 110
Primární stavba kořene 110
Čepička (calyptra) 110
Systémy primárních pletiv v kořeni 111
Rhizodermis 111
Primární kůra 112
Perikambium 114
Svazek cévní 115
Přechod kořene v stonek 116
Druhotná stavba kořene 116
Vliv prostředí a funkce na anatomickou stavbu kořene 118
1. Absorpční kořeny 118
2. Zásobní kořeny 118
Dřevnatění kořenové zeleniny 118
Technicky důležité kořeny 119
Atypické tloustnutí kořenů 119
3. Asimilační kořeny 120
4. Vzdušné kořeny 120
5. Kořeny upevňovací (chůdové) 120
6. Tažné kořeny 120
7. Kořeny vodních rostlin 121
8. Haustoria 121

3. Anatomie listu 121
Systém pletiv pokožkových 121
Systém pletiv základních (mesofyl) 124
1. Palisádový parenchym 125
2. Houbovitý parenchym 125
3. Idioblasty 125
Systém pletiv vodivých 126
Mechanická stavba listu 127
Rozdělení listů podle anatomické stavby 128
Závislost anatomické stavby listu na prostředí 129

Druhotné tloustnutí listů 130
Opadávání listů 130
Listeny a šupiny 131

4. Anatomie květů 131
Stopka květní 131
Květní obaly 131
Tyčinky 132
Plodolisty 133

5. Anatomie plodů 135

6. Anatomie semen 136

Mechanické principy ve stavbě rostlin 138

Hojení ran 140

7. Anatomie nižších výtrusných rostlin (bezcévných) 141
Bacteria (Schizomycetes) - bakterie 141
Cyanophyta (Myxophyceae)(Schizophyceae) - sinice 142
Chlorophyta - řasy zelené 143
Euglenophyta - krásnoočka 144
Chrysophyta - řasy žlutozelené 145
Xanthophyceae 145
Chrysophyceae 145
Bacillariophyceae (rozsivky) 145
Pyrrophyta..... 145
Rhodophyta - ruduchy 146
Phaeophyta - chaluhy (řasy hnědé) 146
Myxothallophyta - hlenky 147
Mycophyta - houby 148
Bryophyta - mechorosty 151
Jatrovky (Hepaticeae) 151
Mechy (Musci) 152

Seznam pomocné literatury 154

Rejstřík 155

Ú V O D .

Vnitřní stavbou rostlinného těla se zabývá anatomie rostlin čili fytotomie (název anatomie je odvozen z řeckého "anatemno" = rozřezávám, slovo fytotomie je složeno z řeckého "fyton" = rostlina a "témno" - rozdělují, rozřezávám). Anatomie si všímá tvaru a složení buněk a jejich souborů čili tkání (pletiv). Zvlášť rostlinnou buňkou se zabývá zvláštní disciplina fytotomie - cytologie rostlin (složeno z řeckého "kytis" = buňka a "logos" = nauka), rostlinnými pletivy se obírá rostlinná histologie (složeno z řeckého "histion" = pletivo a "logos" = nauka). Nauka o buňce čili cytologie se tak rozrostla, že je často chápána jako zcela samostatná vědní disciplina. Rostlinnou anatomií v užším slova smyslu rozumíme potom nauku o pletivech a složení rostlinného těla. Anatomie se obyčejně zabývá strukturou vegetativních orgánů vyšších rostlin, tj. stonku, kořene a listu, zatím co ústrojností nižších rostlin a orgánů rozplozovacích a rozmnožovacích se podrobně zabývá morfologie a systematika rostlin, neboť zde nalézá nejdůležitější rozlišovací znaky. Přesto bude nutno, abychom si pro úplnost povšimli základních důležitých faktů i z anatomie květů, semen a rostlin bezcévných.

Historie rostlinné anatomie.

Již ve starověku si lidé povšimli, že rostlinné tělo není tvořeno homogenní hmotou. Stačí, když si prohlédneme nějaký list proti světlu, abychom viděli odlišenu "nervaturu" (síť svazků cévních). Prohlédneme-li si lupou roztrženou lodyhu nějaké statnější šťavnaté rostliny, nejlépe netykavky nebo balsaminy, jež mají prosvítavý stonek, spatříme i jednotlivé buňky. Starořečtí filosofové Theofrast a Aristoteles rozeznávali v rostlinném těle žilky, maso a šťávu. Caesalpinus v 16. století psal o dřeni, dřevu, lýku a kůře.

Vlastní rozvoj rostlinné anatomie mohl však nastati teprve po objevení složeného drobnohledu, jehož objev se připisuje otci a synovi Jansenům v Holandsku (kolem r. 1600). Na zdokonalení jejich vynálezu pracoval anglický fysik a matematik, tajemník Anglické královské společnosti nauk Robert Hooke (Huk). Zhotovil si sám složený drobnohled, jímž zkoumal při silném zvětšení nejrozmanitější věci. Svá pozorování uveřejnil r. 1667 ve spise Micrographia. Tam také zobrazil strukturu dřevěného uhlí a korku množstvím drobounkých dutinek, jež nazval podle podobnosti s buňkami včelího plástu cells - buňky. Povšiml si, že v uhlí a korku jsou vyplněny vzduchem, v kořenu mrkve šťavou. Svůj objev pokládal za důkaz porovitosti hmoty.

Téměř v stejné době si zhotovil složený mikroskop Ital Marcello Malpighi, profesor farmakologie a lékař papeže Inocence XII. Prohlížel s ním různé živočichy i rostliny a svá pozorování uveřejnil r. 1671 v díle Opera omnia, jež vydal znovu e. 1675 a doplnil je obrázky. Tam krom zoologických popisů jsou i četné popisy drobnohledné stavby rostlin. V letech 1675-1679 vydal spis "Anatomia plantarum", kde popisuje stavbu různých rostlinných orgánů (pupenů, květů, semen, kůry, lýka, dřeva, dřeni), takže můžeme Malpighiho pokládati za zakladatele rostlinné anatomie.

S Malpighim si dopisoval anglický lékař a botanik Nehemian Grew (Grju), jenž nazval vyšší soubory, do nichž se sdružují buňky tkání - pletivem (contexture), poněvadž připomínají vzhledem buněčných blan síťovitou strukturu nějaké tkaniny. Považoval totiž za důležitou pouze hmotu blan buněčných, již pokládal za jednolitou základní masu, kdežto vlastnímu obsahu buněčnému nepřikládal významu, přirovnávaje vnitřek buněk v tkáni bublinkám v pěně piva nebo střídě chleba. Ač tedy název pletivo vznikl na základě nesprávné představy, udržel se dodnes. Svá pozorování shrnul Grew ve spise Anatomy of Plants (1682).

Teprve mnohem později, když byla zavedena do mikroskopické praxe macerace, se seznalo, že při hnití ve vodě se rostliny rozpadají v jednotlivé buňky. Není tedy hmota blan v rostlině jednolitá, ale každá buňka má svou samostatnou bláru buněčnou. Svými blanami jsou buňky slepeny v pletivné celky (J.P.Moldenhauer). Ale ještě velice dlouho potom byla blána

buněčná pokládána za podstatnou část buňky. Teprve Robert Brown (Braun) objevem buněčného jádra v buňkách vstavačovitých rostlin r. 1833 a Hugo Mohl výzkumy o tvoření spor u mechů ukázali, že vlastní živá hmota tvoří obsah buněk. Mohl (1846) použil pro ni J.E.Purkyněm zavedený název protoplasma (Purkyně užil tohoto názvu pro živou hmotu živočišných zárodků). Mohl odlišoval již protoplasmu od šťávy buněčné.

Základ theorii buněčné položili: ruský lékař, farmakolog a přírodovědec P.F.Gorjaninov (1796-1865), Němci, botanik M.J.Schleiden (1804-1881) a zoolog Th.Schwann (1810-1882) a Čech J.E.Purkyně (1787-1869). Schleiden r. 1838 v knize "Grundriss der Botanik" dokázal, že všechny rostlinné organismy jsou složeny z buněk. Schwann zjistil totéž u živočichů. Buňku definovali jsko měchýřek naplněný polotekutou hmotou, v níž je jádro. Podle Schleidena nové buňky vznikají uvnitř starých, ale mohou někdy vznikat i mimo ně v nestrukturní rosolovité hmotě. V slizu vznikne nejprve zrnitá struktura, kolem vzniklých zrnéček se shlukují další, vytvoří se jadérko a kolem něho tvořením dalších zrnéček se vytvoří jádro. Konečně se ze slizu kolem jádra diferencuje blána buněčná. Schleiden a Schwann nepohlíželi tedy na buňku jako na jedině možnou formu existence organismu. Jejich pozorování nebyla potvrzena. Sám Schleiden později uznal, že buňky se množí dělením. Všechny pozdější cytologické práce o vzniku a rozmnožování buněk dospívají k závěru, že nové buňky vznikají vždy rozmnožováním buněk již stávajících. Ale i dnes se někteří badatelé přiklánějí k názorům Schleidenovým. O.B.Lepešinskaja se snaží pokusně dokázat, že buňky mohou vznikat nejen z již stávajících buněk, ale i z bezstrukturní živé hmoty. Její pokusy však nebyly jinými pracovníky potvrzeny.

U nás vynikl svými cytologickými pracemi zoolog dr.F.Vejdovský. Pro obor rostlinné anatomie a fysiologie se roku 1898 habilitoval B.Němec. Založil na Karlově universitě ústav pro fysiologii a anatomii rostlin. Svými pracemi z rostlinné cytologie a fysiologie záhy pronikl do celého světa. Můžeme proto akademika B.Němce pokládat za zakladatele rostlinné anatomie u nás.

Mikroskopická technika.

Vývoj rostlinné anatomie postupoval ruku v ruce se zdokonalováním optiky mikroskopu. Další rozvoj cytologických a anatomických výzkumů zavedl používání různých pomocných technických zařízení a přístrojů, chemikálií atd. Věda se již nespokojuje pouhým ručním hotovením řezů živých rostlinných částí, ale používá speciálních přístrojů, mikrotomů, jimiž možno dosáhnouti velmi tenkých, stejnoměrně silných řezů. Živý materiál se fixuje, tj. použitím určitých chemických látek nebo jiných směsí se tak šetrně usmrtí, aby pokud možno zachoval struktury, jež chceme studovat, v tomtéž stavu jako byly za živa. K vůli snažšímu a dokonalejšímu řezání se fixovaný materiál zalévá do celoidinu, parafinu nebo jiných speciálních medií. Řezy se barví různými organickými barvivy, takže různé anatomické a cytologické struktury zřejměji vynikají. Tak vzniká samostatná pomocná disciplina botanická mikrotechnika, jež využívá techniky k hotovení mikroskopických preparátů a k zdokonalení a k usnadnění mikroskopování.

Nepostradatelným přístrojem pro studium anatomie rostlin a snad vůbec biologie je dnes mikroskop (obr. 1.). Poněvadž velmi často se mikroskopu nesprávně používá, poněkud se u něho pozdržíme. Na mikroskopu rozlišujeme část mechanickou a část optickou. Na stůl nebo jiný podklad stavíme mikroskop těžkým litinovým podstavcem tvaru U nebo V, tzv. nohou (n). S ní je přímo spojen stolek mikroskopu (s), kulatý nebo čtverhranný s otvorem uprostřed, na který klademe mikroskopické preparáty, jež chceme pozorovat. Pod stolkem je osvětlovací zařízení tvořené u jednodušších mikroskopů pohyblivým zrcátkem (z), na jedné straně plochým, na druhé dutým (konkávním). Při malých zvětšeních (až asi stonásobném) použijeme zrcátka plochého; při větších jest třeba použíti zrcátka dutého. Krom obvyklého centrálního osvětlení umožňuje zrcátko ještě osvětlení šikmé, jehož docílíme vychýlením zrcátka do strany. Pomocí šikmého osvětlení můžeme často rozeznati i takové struktury, kterých bychom jinak vůbec nepozorovali.

Nežli začneme mikroskopovat, musíme vždy postavit zrcátko do takové polohy, abychom měli celé zorné pole v mikroskopu všude stejnoměrně osvětlené. Toho docílíme otáčením a nakláněním zrcátka v různých směrech tak dlouho, až zorné pole je nejsilněji a přitom všude stejně osvětleno.

U dražších drobnohledů je pod stolkem upevněno další osvětlovací zařízení, kondensor (k). Je to soustava 2 nebo 3 (i více) čoček, jež soustřeďuje (kondensuje) paprsky odražené od zrcátka na preparát. Používáme-li kondensoru, nezáleží tak mnoho na tom, s kterým zrcátkem pracujeme. Obyčejně vhodnější světlo poskytuje zrcátko ploché. Dutého zrcátka používáme při velmi blízkých světelných zdrojích a slabších zvětšeních. Kondensor je opatřen irisovou clonkou (i), jejímž otvíráním nebo

zavíráním můžeme regulovat nejen osvětlení objektu, ale i kontrast jednotlivých detailů a optickou hloubku pozorovaného obrazu. To znamená, že při zaclonování obraz sice temní, ale jeho struktury se stávají kontrastnější a přitom nám roste rozmezí (tloušťka) objektu, již vidíme ostře. Nesmíme však zaclonení přehánět na úkor jasnosti obrazu.

Vlastní pozorovací optika mikroskopu se nalézá v rourovité části, tzv. tubu (t) nad stolkem. Tubus je spojen se stojanem mikroskopu zařízením pro jeho svislý posun. Toto zařízení slouží k zaostřování. U větších mikroskopů jsou to dva šrouby, makrometrický (ma) k hrubému posunu a mikrometrický (mi) k jemnému posunu. Mikrometrický šroub při delším otáčení v jednom směru dojde. Proto před mikroskopováním otáčíme jím tak dlouho na jednu nebo druhou stranu, až máme na obě strany dostatečnou volnost. U některých drobnohledů jsou na stojanu mikroskopu 2 rysky a na tubu 1 ryska. Před prací otáčíme mikrometrickým šroubem tak dlouho na tu neb onu stranu, ať ryska na tubu je uprostřed mezi oběma ryskami na stojanu.

Na dolní části tubu je upevněno otáčivé zařízení, tzv. revolver (r) čili měnič objektivů. Revolver ja zařízen obyčejně k našroubování 2-4 objektivů. Objektivy, a tím i zvětšení, měníme otáčením revolveru. Správná poloha revolveru pro každý objektiv je určena perovou západkou (zp), která při správné poloze zapadne do žlábku na revolveru. Proto při výměně objektivů musíme dávati pozor, abychom zaznamenali zacvaknutí západky. Jinak by nebyl objektiv v optické ose celého přístroje, optika by byla rozcentrována.

Objektivy (o) starších přístrojů jsou rozmanitě číslovány. U novějších mikroskopů jsou na nich přímo udána zvětšení. Nejdůležitější údaj na objektivu je číslo apertury. Informuje nás o rozlišovací schopnosti objektivu. Je to násobek sinusu polovičního otvorového úhlu objektivu a indexu lomu prostředí mezi předmětem a objektivem (vzduch, imersní olej). a = n.sin u; a = numerická apertura, n = index lomu prostředí, u = poloviční otvorový úhel. (O.ú. je úhel, pod nímž paprsky vystupují do čočky.) Čím větší je otvorový úhel objektivu, tím větší je rozlišovací schopnost objektivu. To platí pro tak zvané suché objektivy (u nichž nepoužíváme imerse - viz dále), poněvadž zde n vzduchu je rovno 1. Proto u suchých objektivů nemůže numerická apertura nikdy dosáhnout 1,00, poněvadž to by odpovídalo úhlu 180^0, při němž by už okrajové paprsky objektivu byly v rovině krycího skla preparátu a do objektivu by se tudíž vůbec nedostaly. Proto u dobrých achromatických objektivů dosahuje numerická apertura nejvíše 0,90. Objektivy s vodní imersí hotoví se už s numerickou aperturou 1,25, s olejovou imersí 1,40. Použijeme-li vhodných prostředí s ještě vyšším indexem lomu, můžeme numerickou aperturu ještě zvýšit, např. u bromnaftalinu až na 1,60. Suché objektivy s numerickou aperturou 0,90 umožňují nám rozlišiti body vzdálené od sebe 0,31μ, olejová homogenní imerse o apertuře 1,40 body vzdálené 0,19μ. Na numerické apertuře přímo také závisí světlost objektivu a zvětšení.

Abychom dokonale využili numerické apertury objektivu, nesmíme použíti kondensoru o nižší apertuře než má objektiv. Samotné duté zrcátko má aperturu asi 0,65. Běžné kondensory dvoučočkové mají numerickou aperturu 1,2. U velkých Abé-ho

osvětlovacích zařízení jsou obyčejně tříčočkové kondensory s numerickou aperturou 1,4. Při běžném používání však dosáhneme i od kondensoru s nejvyšší numerickou aperturou výkonnost jen jako kdyby měl numerickou aperturu 1,0. To ovšem stačí při práci s tzv. suchými objektivy, které této apertury samy nikdy nemohou dosáhnout. Pracujeme-li však s objektivy imersními, jež mohou mít numerickou aperturu až 1,40, musíme využít i plné apertury kondensoru. Abychom toho dosáhli, spojujeme horní čočku kondensoru kapkou imersního oleje (tzv. cedrový olej, jenž má stejný index lomu jako sklo) s podložním sklíčkem. Podobně je spojena čelní čočka imersního objektivu kapkou vody (u vodních imersí) nebo kapkou cedrového oleje (u homogenní imerse) se sklíčkem krycím. Vše uvedené však platí pro práci s plně otevřenou clonou. Jak jsme se zmínili již před tím, jsme často nuceni, hlavně u nezbarvených preparátů, zvýšiti kontrasty přiclonením. Tím však snižujeme o třetinu až polovinu numerickou aperturu kondensoru, takže potom zase plně nevyužijeme rozlišovací schopnosti silných objektivů. Proto se snažíme docíliti optického rozlišení jednotlivých podrobností objektivu vhodným barvením a tak se vyhnouti škodlivému používání clony.

Do horní části tubu volně vsunujeme okuláry (ok). U starších mikroskopů měly různé továrny různý způsob číslování okulárů. Dnes se i na okuláru vyznačuje přímo jeho zvětšení. Celkové zvětšení mikroskopu vypočteme, násobíme-li zvětšení objektivu zvětšením okuláru (platí většinou pro délku tubu 160 mm). Není však jedno, jakým způsobem žádaného zvětšení dosáhneme, zda použitím objektivu s malým zvětšením a okuláru silně zvětšujícího neb obráceně. Ačkoliv celkové zvětšení je stejné, rozlišíme v druhém případě mnohem více podrobností než v prvém. Říkáme, že zvětšení dosažené okulárem je prázdné. Okulár zvětšuje pouze ony podrobnosti, které zobrazí objektiv.

Při mikroskopování se silně zvětšujícími objektivy zmenšuje se nám vzdálenost mezi čelní čočkou objektivu a objektem, tvz. pracovní vzdálenost objektivu. Čím objektiv silněji zvětšuje, tím má kratší ohniskovou vzdálenost. U zvlášť silně zvětšujících objektivů může býti tato vzdálenost již tak malá, že se nám nepodaří zaostřiti, použijeme-li silnějšího krycího sklíčka. Proto, když pracujeme s velkým zvětšením, musíme opatrně zaostřovati, abychom nerozmačkali krycí sklo a o hrany jeho střípků nepoškodili čočku objektivu.

Postupujeme při zaostřování takto: nepohlížíme hned do okuláru, nýbrž hlavu skloníme do úrovně stolku mikroskopu a dívajíce se ze strany spouštíme makrometrickým šroubem tubus tak dlouho, až objektiv se téměř dotýká krycího skla (nezmizel ještě jeho zrcadlový obraz na krycím skle), potom teprve přiložíme oko k okuláru a velmi pomalým pohybem makrometrického šroubu zdvihámě tubus, až se nám objeví první nejasné stopy obrazu. Potom ihned přejdeme k mikrometrickému šroubu, jímž doostříme.

Důležitou věcí, na niž se často při mikroskopování zapomíná, je tloušťka krycích sklíček. Celkem nepřichází v úvahu u velmi slabých objektivů, nutno jí však dbát při práci se silnějšími objektivy. Většina objektivů je korigována pro tloušťku krycích sklíček 0,16-0,18 mm. Při použití sklíček jiné tloušťky nedostaneme bezvadných obrazů. Částečně možno

tuto vadu napraviti vytažením (prodloužením) tubu při tenčích sklíčkách a jeho zkrácením při sklíčkách stlustších.

Mikroskop udržujeme v úzkostlivé čistotě, optiku čistíme měkkým sepraným hadříkem, který chráníme před prachem, obychom ostrými tvrdými zrnky prachu optiku nepoškrábali. Hned po práci mikroskop dobře očištěný uložíme. Nikdy ho nenecháváme zbytečně státi na slunci. Trpí tím tmel, jímž jsou tmeleny čočky nejdražších objektivů. Vyrujeme se toho, aby okulár nebo objektiv utrpěl silnější otřes, např. při nárazu pádem apod. Mohlo by tím dojít k rozcentrování jednotlivých čoček. Imersní olej ihned po skončení práce setřeme s optiky hadříkem zvlhčeným benzinem. Nikdy imersní objektiv nečistíme xylenem nebo benzenem, které rozpouštějí tmel, jímž jsou čočky stmeleny. Na objektivu nesmíme nikdy nechat zaschnout vodu. Mineralie usazené z kapky po vyschnutí oslepují objektiv a obtížně se potom odstraňují.

Struktura hmoty.

Rozlišovací schopnost mikroskopu má své meze. Je vázána délkou světelných vln. Nemůžeme rozlišiti body vzdálené méně než je délka vlny použitého světla. Můžeme proto poněkud zvýšiti rozpoznávací schopnost mikroskopu, když pracujeme s modrým nebo fialovým světlem, jež má nejkratší délku vlny. Na toto světlo je však již málo citlivé lidské oko, jemuž se modrá a fialová barva jeví tmavou. Oko je nejcitlivější na žlutozelenou barvu a proto pro tuto barvu je i korigována optika běžných mikroskopů. Nejdokonalejším mikroskopem ve viditelném světle lze rozlišiti předměty do velikosti o průměru 0,18 μ. Nejmenší bakterie mají průměr asi 0,2 μ, takže jsou právě na hranici viditelnosti.

Struktury, které můžeme mikroskopem rozlišiti, nezýváme mikrostruktury, struktury, které můžeme rozeznati pouhým okem, jsou makrostruktury (letokruhy a paprsky dřeňové ve dřevě, nervatura listů apod.). Struktury, které jsou již za hranicí viditelnosti mikroskopem, nazýváme ultrastruktury. Takové drobné ultračástice můžeme ještě v roztoku nebo v plasmě konstatovat ultramikroskopem.

Jde v podstatě o normální mikroskop, opatřený na místě stolu speciální kyvetou, do níž dáváme zkoumanou tekutinu. Tekutina je osvětlena ze strany silným světelným zdrojem, jehož paprsky jsou usměrněny celou řadou čoček a clon tak, že svazek paprsků prochází tekutinou kolmo na optickou osu mikroskopu. Ultračástice jeví se nám v mikroskopu jako zářící body na tmavém pozadí. Nemůžeme však ničeho říci o jejich tvaru. Je to týž zjev, jako když vidíme zařící zrnka prachu v pruhu slunečních paprsků vnikajících do tmavé komory.

Ultramikroskopem můžeme konstatovati částice do velikosti 0,003 μ. Při studiích cytologických používáme místo ultramikroskopu mikroskopu opatřeného speciálním kondensorem pro tzv. tmavé pole čili zástin. Kondensor zadržuje střední paprsky a postranní láme tak, že osvětlují pozorovaný objekt ze stran, takže dostáváme podobný efekt jako v ultramikroskopu.

Veliký pokrok při studiích ultramikroskopických struktur přinesl objev elektronového mikroskopu, jímž se můžeme informovat nejen o existenci, ale i o tvaru zkoumaných částic.

V biologii brání jeho využití ještě některé technické problémy. Zkoumaný preparát musí totiž být velice tenký (nejsilnější 0,2 μ), aby ještě propouštěl proud elektronů, a musí se umístit do téměř úplně vzduchoprázdné prostory, kde přirozeně živá hmota rychle ztrácí vodu, odumírá nebo se alespoň silně pozměňuje.

Směry rostlinné anatomie.

Na pouhé pozorování a popis vnitřní stavby rostlin se omezuje anatomie popisná (deskriptivní). Jestliže si všímá anatomické stavby význačné pro jednotlivé druhy, rody, čeledi, případně třídy, jde o anatomii systematickou. Z popisné a systematické anatomie vznikla anatomie srovnávací (komparativní), jež navzájem srovnává vnitřní stavbu různých rostlin a jejich orgánů, vyhledává společné anatomické znaky, stanoví stejnocenné (homologické) útvary (např. svazky cévní pro cévnaté rostliny) a vyzdvihuje znaky odlišné. Na základě porovnávání anatomických znaků objevuje příbuzné vztahy jednotlivých forem. Je proto důležitou pomocnou vědní disciplinou systematické botaniky.

Fysiologická anatomie si všímá vnitřních struktur rostlinných orgánů vzhledem k jejich fysiologickým funkcím. S ní souvisí anatomie vývojová, zabývající se změnami ve vnitřní stavbě rostliny během vývoje od jednoduchého zárodku až po složitého vyspělého jedince. Závislosti anatomické stavby na vnějších podmínkách, v nichž rostlina roste, si všímá ekologická anatomie. Studuje, jak se anatomická stavba přizpůsobuje během vývoje rostliny prostředí, v němž rostlina žije. S ní těsně souvisí experimentální anatomie, jež pokusně zjišťuje

vliv jednotlivých faktorů (např. vlhka, sucha, světla, tlaku atd.) na tvárnost jednotlivých rostlinných orgánů a jejich vnitřní anatomickou stavbu. Po zjištění, jak rostlina reaguje na jednotlivé faktory, stanoví, jak se utvoří anatomická stavba vlivem změn celých komplexů vnějších podmínek. Tak může např. experimentálně vysvětlit charakteristický tvar i stavbu vysokohorských rostlin. Vzájemnými poměry velikosti a množství buněk v rostlinném těle a v jednotlivých orgánech a vzájemnými kvantitativními poměry jednotlivých pletiv se zabývá kvantitativní anatomie. Drobnohlednou stavbou nemocných rostlin a porovnáváním s anatomií rostlin zdravých se zabývá anatomie pathologická. Využití poznatků anatomie v různých odvětvích praxe si všímá užitá anatomie rostlin. Zjišťuje na základě anatomické stavby pravost nebo jakost rostlinných surovin. Užitá anatomie je důležitou pomocnou disciplinou mnohých užitých věd, např. užité botaniky, zbožíznalství, farmakognosie (nauky o poznávání drog), soudního lékařství, ale i historie, archeologie a paleontologie, umožňujíc podle anatomické stavby rostlinných zbytků určiti, o jaké rostliny asi šlo. V užité anatomii hraje důležitou roli i mikrochemie. Její pomocí se můžeme přesvědčiti o lokalisaci různých, třeba průmyslově nebo lékařsky důležitých látek v určitých částech nebo orgánech rostlinného těla.

II. ANATOMIE ROSTLIN (HISTOLOGIE).

Jednobuněčné a nebuněčné organismy.

Podle složitosti stavby těla dělíme rostliny na jednobuněčné, nebuněčné a mnohobuněčné. U nejnižších rostlin jako jsou bakterie, sinice, zelení bičíkovci a řasy, je velice často celé tělo rostliny tvořeno jedinou buňkou. Jsou to organismy jednobuněčné.

Zvláštním typem organismů jsou ústrojenci nebuněční. Typickým představitelem takových organismů je mořská řasa Caulerpa (obr. 18.). Ač její tělo dosahuje délky až půl metru a diferencuje se v útvary upomínající na kořeny, oddenek a listy vyšších rostlin, není uvnitř rozděleno přehrádkami v buňky. Je celé vyplněno mnohojadernou protoplasmou. Mohli bychom Caulerpu pokládati za obrovskou buňku, avšak vzhledem k diferenciaci jejího těla mluvíme raději o organismu nebuněčném, představujícím zvlášť vysoký stupeň vývoje jednobuněčných organismů. Nebuněčné rostliny nesmíme zaměňovat s nebuněčnými formami života.

Buňky drobných jednobuněčných organismů zůstávají často po dělení pohromadě, tvoříce skupinky. Takové skupiny tvoří bakterie, rostoucí na tuhém živném substrátu. Mluvíme tu o bakteriálních koloniích. Tvar a růst bakteriálních kolonií na určité živné půdě je charakteristický pro jednotlivé druhy a používá se ho jako určovacího znaku. Některé druhy bakterií vytvářejí hojně slizu a jejich těla jsou potom volně uložena ve společném slizovém útvaru. Taková slizovitá kolonie bakterií se nazývá zooglea. Mnohé jednobuněčné sinice vytvářejí rovněž slizovité kolonie nepravidelných nebo kulovitých útvarů. Buňky jsou zcela volně uloženy ve společném slizu. Takové kolonie tvoří např. Microcystis flos aquae, jež v létě často

jako tzv. "vodní květ" (obr. 6.) pokrývá modrozelenými povlaky celé hladiny rybníků. Ve vodním květu nalezneme obyčejně i kolonie zelené řasy Scenedesmus (obr. 16.). Kolonie je tvořena čtyřmi buňkami v jedné řadě. Buňky jsou slepeny vnějšími zeslizovatělými vrstvičkami blány buněčné. V plantonu častá řasa Gonium je kolonií 4-16 buněk, tvořící plochý slizovitý terčík. Každá buňka je opatřena dvěma bičíky, takže kolonie se samostatně ve vodě pohybuje (obr. 16.).

Kolonii můžeme charakterisovat jako skupinu buněk, vzniklých ze společné buňky dělením a slizem nebo zbytky původní mateřské blány mechanicky držených pohromadě. Každá buňka si zachovává svou samostatnost a je také schopna zcela samostatně žíti. Jednotlivé buňky nejsou nijak těsně na sobě závislé.

Rostliny mnohobuněčné.

Vývojově vyšší formou jsou rostliny mnohobuněčné. Jednotlivé buňky jsou fysiologicky těsně na sobě závislé, tvoříce soubory, nazvané tkáně či pletiva. Již v koloniích některých řas se setkáváme s diferenciací jednotlivých buněk. U vyšších rostlin jde diferenciace tak daleko, že celé soubory buněk - pletiva - jsou přizpůsobeny určitým funkcím.

Mezibuněčná hmota. Blány buněk, tvořících pletivo, jsou spolu stmeleny mezibuněčnou hmotou pektinové povahy. Tvoří tenkou mezivrstvu, tzv. střední lamelu mezi blanami dvou sousedních buněk. Opticky je isotropní.

Macerace. Jestliže se rozpustí nebo rozruší střední lamela, rozpadne se pletivo na jednotlivé buňky. Tomuto pochodu říkáme macerace. Docílíme jí působením různých chemikálií, např. hydroperoxydu, hydroxydu amonného nebo směsí kyseliny chromové a dusičné. Macerace může být úplná nebo částečná. Při částečné nedochází k úplnému rozpuštění střední lamely, ale pouze k změknutí nebo narušení mezibuněčné hmoty. Buňky sice drží pohromadě, ale již mírným tlakem je možno je od sebe oddělit. Přirozená macerace nastává v přírodě při zahnívání rostlinných částí ve vodě. Moučnatění a měknutí plodů je

rovněž způsobeno maceračními pochody, jimiž se rozrušuje mezibuněčná hmota. Dochází k ní prudkými výkyvy teploty, zvláště na začátku zimy nebo po přejití prvního mrazu. Děje se tak působením uvolněných enzymů. Umělé macerace používáme při anatomických studiích, když potřebujeme získat z pletiv jednotlivé buňky.

Plasmodesmy. Jednotlivé buňky v pletivu jsou mezi sebou spojeny plasmatickými vlákénky, prostupujícími blanami buněčnými. Tato plasmatická spojení se nazývají plasmodesmy. Nejvíce jich prochází ztenčeninami v bláně buněčné (obr. 19.,80). Je tedy v mnohobuněčné rostlině, jejíž buňky jsou spolu spojeny plasmodesmy, jaksi celistvá, jednotná živá hmota, jež není úplně oddělena buněčnými blanami. Říkáme takovému rostlinnému tělu symplast.

Pletiva můžeme charakterisovat jako soubory buněk spolu srostlých a fysiologicky na sebe vzájemně působících. Název pletivo pochází z doby začátků rostlinné anatomie, kdy za hlavní součást buňky byly pokládány blány buněčné, jež na příčném řezu lodyhou vypadají jako síť nějaké tkaniny nebo drátěného pletiva. Ačkoliv byl tento název vytvořen z nesprávné představy, vžil se a udržel.

Podle původu dělíme pletiva na pravá, nepravá a smíšená. Nepravá pletiva vznikají druhotným srůstem původně samostatných buněk. Příkladem je řasa Hydrodictyon. Má tvar válcovité duté sítě s šestibokými oky. Rozmnožuje se tak, že v některé buňce vzniknou rejdivé výtrusy, které se v prostoru buňky volně pohybují, potom se přikládají k sobě a vytvoří síť, která po rozrušení mateřské blány buněčné se dostává do vody a tam dorůstá (obr. 81.).

Pravé pletiva jsou ta, kde buňky, vzniklé při dělení, zůstávají spolu srostlé a mají blány od počátku spojené mezibuněčnou hmotou. Smíšená pletiva vznikají druhotným srůstem pletiv pravých. Takovým jednoduchým pravým pletivem jsou vlákna (hyfy) hub v myceliu (podhoubí). Je to pletivo, tvořené řadami buněk, vzniklých přehrádčným dělením a spojených ve vlákna. V plodnicích hub, hyfy, rostoucí těsně vedle sebe a navzájem se proplétající, druhotně bočně srůstají a vzniká smíšené ple-

tivo, tzv. plektenchym (obr. 219.), který má někdy vzhled pravého parenchymatického pletiva (pseudoparenchym).

U výše organisovaných mnohobuněčných rostlin nalézáme pletiva tvořená stále se dělícími mladými buňkami, jež podmiňují růst rostlin, ať již do délky, nebo do tloušťky, a pletiva, tvořená nedělícími se buňkami definitivního tvaru, přizpůsobenými tvarově i fysiologicky určitým funkcím. Prvá pletiva nazýváme dělivá čili meristemy, druhá jsou pletiva trvalá čili definitivní.

D ě l i v á p l e t i v a (m e r i s t e m y) .

Růst a tloustnutí mnohobuněčných rostlin se děje dvojím způsobem. Jednak zvětšováním, růstem stávajících buněk, jednak vytvářením buněk nových, jež vznikají činností speciálních pletiv, zvaných meristemy. Růst prvým způsobem je omezen, neboť buňky mohou růst jen do určité maximální velikosti. Přítomnost meristemů však způsobuje, že většina mnohobuněčných rostlin roste po celý svůj život, takže má neomezený růst.

U vláknitých zelených řas, jako např. u jařmatky, šroubatky a nadmutky, zachovávají si všechny buňky vlákna schopnost trvale se děliti.

Iniciály. U některých výše organisovaných řas, např. u hnědé řasy Dictyota (obr. 82.), u jatrovek, mechů a některých kapraďorostů, je na vrcholu jediná buňka, která odděluje buňky, z nichž dalším dělením vznikají všechny tkáně. Každá buňka, která si trvale zachovává dělivost, se označuje jako iniciála. Buňky, které odděluje, se ještě sice nějaký čas dělí, ale konečně se diferencují v trvalé buňky. U orgánů, které mají omezený růst, nakonec i iniciály ztratí svou dělivost a přejdou v trvalý stav. Je-li na vrcholu rostliny nebo orgánu jediná iniciála, nazývá se terminálou. U rostlin s válcovitou lodyžkou má terminála tvar čtyřstěnu, špičkou odvráceného od vrcholu rostliny. Buňky oddělené z terminály se nazývají segmenty a dále se dělí (obr. 82.).

Některé mořské řasy s lupenitými stélkami mají iniciálami lemován téměř celý okraj. U lupenitých játrovek, plavuní, ší-

dlatek a některých vranečků je na vegetačním vrcholu několik iniciál v řadě umístěných.

Semenné (jevnosnubné) rostliny mají na svých vegetačních vrcholech velký počet iniciál, které tvoří souvislé meristematické pletivo.

Rozdělení meristemů podle původu. Ze segmentů oddělených iniciálami se ještě nediferencují trvalá pletiva, nýbrž segmenty se ještě dále dělí a teprve z takto vzniklých buněk vznikají trvalá pletiva. Nazýváme proto iniciály, případně jejich soubory, původními meristemy čili protomeristemy, zatím co dělivé buňky vzniklé z nich segmentací nazýváme prvotními čili primárními meristemy.

Původní meristem má schopnost vytvářet buňky pro všechny druhy pletiv. Je tvořen drobnými tenkoblannými buňkami s hustou cyroplasmou, velkými jádry a drobounkými vakuolami, jež tvoří jen jakousi síť kanálků. Plastidy jsou v protomeristemech vyvinuty jen jako drobné leukoplasty.

Primární meristemy jsou soubory dělivých buněk, specialisovaných již k tomu, aby z nich vznikly určité systémy trvalých pletiv. Proto primární meristemy mohou mít buňky odlišných tvarů. Tak dermatogen, z něhož vzniká pokožka, má buňky isodiametrické, zatím co v prokambiu, jež je základem svazků cévních, jsou buňky protáhlé. Mezi původním a primárním meristemem je pozvolný přechod.

Druhotné - sekundární meristemy. V určitých případech může meristem vzniknout druhotně z buněk již trvale rozlišených. Některé buňky trvalého pletiva již hotového orgánu se začnou znovu děliti a vytvoří nové meristematické pletivo - druhotný čili sekundární meristem. Sem patří felogen, z něhož vzniká druhotná kůra. K sekundárním meristemům bývá přiřazováno i kambium, ač často velká část jeho buněk pochází přímo z primárního meristemu pleromu.

Latentní meristemy. Někdy se sice meristemické buňky přestanou děliti, ale nepřecházejí v trvalý stav, zachovávajíce si dělivou schopnost. Po delší době se začnou znovu děliti a vytvářejí nová pletiva nebo celé orgány. To jsou latentní meristemy, jako perikambium v kořenech a pericykl v lodyze. V perikambiu a pericyklu se zakládají postranní kořeny (endogenně).

Rozdělení meristemů podle polohy. Podle polohy, již zaujímají v rostlinném těle, dělíme meristemy na difusní, terminální a interkalární.

Difusní meristem se vyskytuje u některých nízko organisovaných rostlin, např. u vláknitých řas, kde všechny buňky si zachovaly dělící schopnost a současně vystupují jako buňky trvalé. U cévnatých rostlin můžeme o difusním meristemu mluvit u embryí, jež jsou v prvých vývojových stadiích složena ze samých meristemických buněk.

Vrcholové (terminální) meristemy jsou na vrcholech orgánů. Dělením iniciál vzniká primární meristem, z něhož se pozvolna diferencují trvalá pletiva. U některých, hlavně submersních rostlin lze rozeznat tři primární meristemy čili histogeny. Ze zevního jednovrstevného dermatogenu vzniká pokožka. Pod ním je více vrstevný periblem, z něhož se diferencuje primární kůra. Uprostřed je plerom, z něhož vzniká dřeň a vodivá pletiva (obr. 83.). Vzniku vodivých pletiv předchází vytvoření pruhů protáhlých buněk, tzv. prokambia. U suchozemských rostlin často se dá rozlišit pouze vnější meristematický plášť, tzv. tunika, a vnitřní část, tzv. korpus.

Listy se zakládají exogenně těsně pod vrcholem jako hrbolky, vznikají dělením zevní vrstvy kůry, po němž následuje dělení dermatogenu. Základ listu je tvořen meristematickým pletivem. Přeměna v trvalé buňky postupuje od špičky listové k basi, takže vrcholový meristem v listu brzy mizí a udržuje se pouze meristem na basi, jenž obstarává dorůstání listu. U vzrostlých listů mizí konečně meristem i tam. Mají proto listy růst omezený. U kapraďorostů zůstává meristem na špičce listu a přechází v trvalé pletivo, až když list zastaví svůj růst.

Interkalární meristemy. Složitější poměry jsou u kořenů. Většina kořenů má kořenovou čepičku. Proto oddělují iniciály ještě meristematické buňky směrem vně, tzv. kalyptrogen (obr. 155.), z něhož vzniká pletivo čepičky (kalyptra). Poněvadž meristemy jsou zde mezi pletivem čepičky a ostatními pletivy kořene, jedná se o meristemy interkalární. Také listy mají interkalární meristem na basi, poněvadž nad ním a pod ním již jsou trvalá pletiva. U mnohých jednoděložných rostlin, jmenovitě u lipnicovitých (trav), jsou interkalární meristemy

v kolénkách. K interkalárním meristemům patří i kambium, jež podmiňuje druhotné tloustnutí rostlin, perikambium, z něhož se zakládají postranní kořeny, a felogen, jenž vytváří druhotnou kůru.

Trvalá pletiva.

Meristematické buňky, které se přestaly dělit, nabývají definitivních tvarů a struktur, závislých na funkcích, k nimž jsou specialisovány. Přecházejí v trvalý stav a tvoří trvalá čili definitivní pletiva. Podle tvaru a vzhledu buněk je dělíme na několik skupin.

Podle tvaru buněk rozeznáváme: 1. Parenchymy (z řeckého para = vedle a enchyma = pletivo) z tenkoblanných buněk více nebo méně isodiametrických. 2. Prosenchym (z řeckého pros = = proti, mezi) z protáhlých, ostře zašpičatělých buněk. 3. Vláknitá pletiva z velice dlouhých vláknitých buněk, zakončených příčnými a nikoliv šikmými přehrádkami, takže buňky nemají zašpičatělé konce. 4. Destičkovitá pletiva z buněk destičkovitých nebo dlaždičkovitých.

Podle způsobu ztloustnutí buněčných blan dělíme pletiva na: sklerenchymy (z řeckého skleros = tvrdý), jejichž buňky mají celé blány rovnoměrně (až na ztenčeniny) ztloustlé, a kolenchymy (z řeckého kolla = rosol, klih) s blanami buněčnými nestejnoměrně, většinou pouze v rozích ztloustlými.

Mezibuněčné prostory. Buňky, hlavně tenkoblanné, nepřiléhají vždy celou plochou blány buněčné k sobě, takže mezi nimi zůstávají prostory, vyplněné plyny nebo látkami vyloučenými buňkami. To jsou prostory mezibuněčné čili interceluláry. Velmi hojné jsou interceluláry v parenchymatických pletivech primární kůry a dřeně.

Mezibuněčné prostory mohou vzniknout trojím způsobem a potom rozlišujeme interceluláry schizogenní, rhexigenní a lysigenní.

1. Schizogenní mezibuněčné prostory vznikají tím, že stěny buněk, jež byly původně k sobě těsně přilehlé, se rozestoupí. Buňky dělivých pletiv vždy k sobě těsně přiléhají. Později

v rozích, kde k sobě přiléhají tři nebo čtyři stěny buněčné, vzniknou rozštěpením střední lamely, v obryse trojúhelníkové dutinky (obr. 85.), které pokračujícím štěpením se rozšiřují, případně spolu navzájem splývají v kanálky. Takovým způsobem vznikají velké vzdušné kanály vodních rostlin, pryskyřičné kanálky jehličnatých stromů a siličné kanálky mrkvovitých (okoličnatých) (obr. 94., 177.).

2. Rhexigenní interceluláry vznikají obyčejně ve středu dřeně lodyhy nebo stébel roztržením celého pruhu odumřelého pletiva. K roztržení dochází napětím, vzniklým růstem okrajového pletiva. Takové duté lodyhy nalézáme u rdesen, mrkvovitých (okoličnatých) a ve stéblách lipnicovitých (trav).

3. Lysigenní interceluláry vznikají rozpuštěním buněčných stěn a splynutím buněčných prostor. Vylučují se do nich silice, pryskyřice, slizy nebo gumy, takže fungují jako orgány žlaznaté nebo exkreční. Příkladem jsou siličné nádržky v kůře pomerančů a citronů (obr. 84., 122.).

Jsou-li interceluláry vyplněny vzduchem, fungují jako provětrávací systém. S vnější atmosférou jsou spojeny průduchy nebo lenticelami. Jestliče se do nich vylučují produkty výměny látkové, jsou exkrečními nádržemi nebo kanály. Zřídka fungují jako kanály vodní.

1. Parenchymy.

Parenchymatická pletiva jsou tvořena tenkoblannými buňkami, jež mají více nebo méně všechny tři rozměry (délku, šířku i výšku) stejné. V meristemech jsou parenchymy bez mezibuněčných prostor, všechny buňky k sobě těsně přiléhají, takže mají tvar krychlí nebo dvanáctistěnů. Jako trvalá pletiva mají parenchymy obyčejně větší nebo menší mezibuněčné prostory. Ve dřeni a kůře suchozemských rostlin bývá často parenchym z buněk zaokrouhleně hranatých s trojbokými nebo čtyřbokými intercelulárami (obr. 85.). Tím, že se interceluláry v rozích silně rozšířily, vzniká parenchym se zakulacenými buňkami, tzv. merenchym. Setkáváme se s ním v lenticelách (obr. 141.). Palisádový parenchym je tvořen buňkami cylindrickými, podélnými stěnami stojícími vedle sebe (obr. 178.). Bývá v listech. V listech se vyskytuje také tak zvaný houbovitý parenchym, s buňkami nepravidelných až laločnatých tvarů, čímž je značně zvětšen systém intercelulár (obr. 178.). Pletiva s obrovskými

mezibuněčnými prostorami se nalézají v dřeni a v kůře vodních a zvláště bažinných rostlin. Jsou to tzv. aerenchymy, jež mají funkci speciálních provětrávacích pletiv. Mezibuněčné prostory zde tvoří systém širokých kanálů, jejichž stěny jsou tvořeny jednovrstevným parenchymem (obr. 86.). V aerenchymu převládají mezibuněčná prostory nad celkovou hmotou buněk. Jsou-li buňky paprsčitě laločnaté a spolu srostlé pouze konci laloků, jde o aktinenchym, vyskytující se např. v dřeni sítin (obr. 87.).

Parenchymatická pletiva mají v mládí celulosní blány buněčné, u starších mohou blány zdřevnatět. Jsou to pletiva převládající v kůře a v dřeni. Mají-li vzdušné interceluláry, fungují jako pletiva provětrávací (aerenchym, aktinenchym), ukládají-li se v jejich buňkách reservní látky, mají funkci pletiv zásobních (v semenech, hlízách, kořenech), obsahují-li chloroplasty (chlorenchym), mohou fungovat jako pletivo asimilační (houbovitý a palisádový parenchym v listech), jestliže jsou v jejich buňkách velké vakuoly, mohou se stát zásobárnami vody a fungují potom jako vodní pletivo. Konečně může parenchym fungovat jako pletivo exkreční (odměšovací), když přímo do některých buněk nebo do intercelulár jsou vyměšovány buňkami určité látky.

2. Prosenchym (obr. 88.).

Prosenchymatická pletiva mohou být tvořena buňkami tenkoblannými nebo sklerenchymatickými. Charakteristickým znakem pro ně jsou protáhlé buňky s šikmými přehrádkami. Jsou hojné ve vodivých a mechanických pletivech. Tím, že jejich buňky mají šikmé přehrádky, takže zapadají klínovitě do sebe, jsou plochy, jimiž jsou podélné řady buněk spolu srostlé, mnohonásobně větší než při příčných přehrádkách, čímž celý soubor tvoří mechanické pletivo, velmi vzdorné vůči tahu.

3. Vláknité pletivo.

Vláknité pletivo se skládá z dlouhých, vláknitých buněk, lišících se od prosenchymatických příčnými přehrádkami. Mezi obojími pletivy mohou být plynulé přechody. V plodnicích hub je smíšené pletivo, jež můžeme řaditi k tkáním vláknitým. U cévnatých rostlin jsou vláknitá pletiva v druhotném lýku a dřevu, jsou však poměrně skrovně zastoupena.

4. Destičkové pletivo.

Je z buněk v jednom směru silně zkrácených. Setkáváme se s ním v pokožce, v pochvách a v korku (obr. 44.).

5. Kolenchym.

Kolenchym sestává z buněk, jejichž blány buněčné jsou ztloustlé v hranách, nebo jsou ztloustlé pouze tangenciální stěny rovnoběžné s plochou orgánu. Prvý kolenchym se nazývá rohový (obr. 89.), druhý deskovitý (obr. 90.). Buňky kolenchymu mohou mít tvar parenchymatický nebo prosenchymatický (obr. 89.). Buněčné blány jsou celulosní a jsou silně světlolomné. Jsou málo pružné, ale značně tažné a ohebné. Proto kolenchymatická pletiva patří mezi pletiva mechanická, zabraňující přetržení orgánu. Nepřekážejí rostlině v ohebnosti. Mezibuněčné prostory obyčejně v kolenchymech nejsou. V rostlinách se kolenchym vyskytuje v nadzemních orgánech, blízko pod pokožkou. Proto jeho buňky často obsahují chloroplasty, takže bývá současně chlorenchymem.

6. Sklerenchym (obr. 91.).

Sklerenchym má buňky s blanami všude stejně silně ztloustlými. Jednotlivým buňkám říkáme sklereidy nebo stereidy. Poměrně zřídka jsou sklereidy isodiametrické a potom se nazývají brachysklereidy. Tvoří např. tzv. "kaménky" v hruškách. Říká se jim také kamenné buňky. V blanách buněčných mají kanálkovité "ztenčeniny" (obr. 60.). Hvězdovitě rozvětvené sklereidy jsou astrosklereidy (v listech čajovníku - obr. 92.). Mírně protáhlé, příčnými přehrádkami zakončené buňky jsou makrosklereidy (obr. 205.). Rozšířeny jsou u semen, kde tvoří palisádovou vrstvu v osemení. Nejčastěji jsou sklereidy prosenchymatické, vláknité, tzv. sklerenchymatická vlákna. Jsou to úzké, vřetenovité buňky, pozvolna na obou koncích vybíhající v ostrou špičku. Jejich blány jsou řídce tečkované (obr. 93.). Na příčném průřezu jsou polygonální (obr. 93 b). Průměrně jsou 1-2 mm dlouhé, u lnu až 2-4 cm. Tvoří pruhy nebo provazce, provázející lýkovou část svazků cévních (tvrdé lýko), nebo pochvy obklopující soubor cévních svazků, případně jednotlivé svazky.

Blány sklerenchymatických buněk jsou z počátku čistě celulosní, později více nebo méně zdřevnatují. Mezi buňkami nejsou interceluláry. Obsah buněčný záhy odumírá. Sklerenchymy jsou

především pletivy mechanickými. Nezdřevnatělé dodávají rostlině pevnosti v tahu. Jejich nosnost se vyrovná oceli. Jejich provazce fungují v rostlině jako ocelové pružiny, zabraňující zlomení nebo přetržaní rostliny. Zdřevnatělé sklerenchymy jsou méně tažné a ohebné a dodávají rostlině celkové pevnosti proti rozdrcení. Sklerenchymatická vlákna mají velký význam pro průmysl textilní.

V endospermu a v dělohách semen, v cibulích a ve dřevě mají funkci zásobních pletiv. Ztloustnutí blan je způsobeno ukládáním zásobních látek, jež se při klíčení rostliny zase rozpouštějí. Buňky v tomto případě zůstávají živé, podobně jako libriformní buňky druhotného dřeva, v nichž se ukládá škrob a olej.

- o O o -

P o d l e o b s a h u b u n ě k můžeme rozeznávat chlorenchym, jehož buňky obsahují chloroplasty, zásobní pletiva s reservními látkami (např. amylenchym, obsahující v buňkách škrob) nebo vodní pletiva s velkým obsahem vody.

Pletiva mohou být jednoduchá, jestliže jsou z buněk stejných vlastností, nebo složená, jestliže se v jednom pletivu nalézají skupiny pletiva jiného. Tak v parenchymu dužniny hrušek bývají soubory sklereid, tzv. "kaménky".

Jestliže se v pletivu vyskytují ojedinělé odlišné buňky, nazýváme je idioblasty. Takovými idioblasty jsou buňky s cystolithy (obr. 65.) (listy Ficus), astrosklereidy (obr. 92.) nebo sloupkovité sklereidy v listech čajovníku a astrosklereidy s krystaly šťavelanu vápenatého (obr. 94.), vyčnívající do mezibuněčných prostor v aerenchymu leknínu (bývají také nazývány vnitřní trichomy).

S y s t é m y p l e t i v .

Jednoduchá pletiva se sdružují v těle cévnatých rostlin ve vyšší morfologické i fysiologické celky se speciálními funkcemi. Jsou to soubory čili systémy pletiv.

Podle fylogenetického původu i morfologicky můžeme trva-

lá pletiva rozlišiti podle Sachse ve tři systémy. Systém pletiv pokožkových čili krycích vzniká z primárního meristemu dermatogenu, systém pletiv vodivých z pleromu a systém pletiv základních hlavně z periblemu a částečně z pleromu. Jiní autoři rozlišují veškerá, ne jen trvalá, pletiva, hlavně podle fysiologických funkcí. Tak např. V.F.Razdorskij rozeznává kromě meristemů ještě osm systémů: 1. systém pletiv krycích čili pokožkových, 2. mechanická pletiva, 3. vstřebávací čili sací systém, 4. asimilační pletiva, 5. vodivá pletiva, 6. zásobní pletiva, 7. provětrávací systém, 8. exkreční orgány.

V dalším se přidržíme z didaktických důvodů fylogenetického rozlišení Sachsova ve tři základní soubory trvalých pletiv.

1. Systém pletiv pokožkových nám representuje pokožka vznikající z dermatogenu.

2. Systém pletiv vodivých jsou svazky cévní, diferencující se z pleromu. V druhotně tloustnoucích lodyhách je to dřevo a lýko, vznikající činností kambia.

3. Systém pletiv základních tvoří všechna ostatní pletiva, vyplňující vnitřek orgánu.

1. Anatomie stonku (osy).

Primární stavba.

Tělo výše organisovaných rostlin se rozlišuje ve tři orgány: stonek, list a kořen. Růst a utváření listů je těsně spjato s vývojem stonku. Na vegetačním vrcholu je u cévnatých rostlin jedna (u kapraďorostů) nebo obyčejně více iniciál (protomeristem). U semenných rostlin se z něho diferencují primární meristemy a dále pod vrcholem trvalá pletiva. Těsně pod vrcholem jako exogenní hrbolky se zakládají listy a postranní větve stonku.

Níže, kde již jsou diferencována trvalá pletiva, jeví se nám na příčném řezu stonkem dvojděložné rostliny následující

uspořádání pletiv (obr. 95.). Nejzevněji je pokožka, pod ní více vrstev parenchymatického pletiva, prostoupeného často soubory buněk kolenchymatických nebo sklerenchymatických. To je prvotní kůra. Potom následuje kruh svazků cévních, uzavírající uprostřed parenchymatickou dřeň. Mezi jednotlivými svazky cévními probíhají pruhy parenchymatického pletiva, spojující dřeň s kůrou (dřeňové paprsky). To je schema primární stavby stonku dvojděložné rostliny. Tento obraz se začne měniti, jakmile činností meristemů kambia a felogenu začne rostlina druhotně tloustnouti. Průřez osou jednoděložné rostliny se liší tím, že svazky cévní nejsou uspořádány do kruhu, ale jsou v základním pletivu roztroušeny (obr. 96.).

Systém pletiv pokožkových (krycích).

Pokožka čili epidermis.

diferencuje se u kapraďorostů z nejzevnější vrstvy buněk, jež vznikly dělením segmentů, oddělených terminálou. Pokožka semenných rostlin se diferencuje z primárního meristemu dermatogenu. Stonky mají obyčejně jednovrstevnou, vzácně vícevrstevnou pokožku, jež je tvořena deskovitými buňkami. Mezi pokožkovými buňkami nejsou mezibuněčné prostory ani skuliny (vyjímajíc průduchy). Buňky pokožky jsou vždy živé, plasma však tvoří pouze nástěnnou vrstvičku a většina buňky je vyplněna vakuolou, v níž může být anthokyan. Plastidy jsou v pokožce výslunných rostlin vyvinuty jako leukoplasty, u stínobytných a vodních rostlin jako chloroplasty.

Kutikula.

Zevní stěny pokožkových buněk jsou ztloustlé a pokryty souvislou kutinovou blanou, tzv. kutikulou. U vodních rostlin je kutikula velmi slabá nebo vůbec chybí. Rovněž oddenky kapraďorostů mají velmi tenkou kutikulu. Velmi silná je u suchobytných rostlin, např. kaktusů, kde ji můžeme snadno stáhnouti. Těsně pod kutikulou bývají někdy celulosní vrstvy blány buněčné, impregnované kutinem (kutikulární vrstva) a pod nimi je teprve vrstva čistě celulosní (obr. 97.). Zevně na pokožce bývá vyloučen vosk. Na stéble žita jsou to tyčinky, stojící kol-

mo k povrchu, na lodyze řepky olejné jsou to nepravidelná malá zrníčka. U trav, šáchorovitých a přesliček je obyčejně zevní vrstva pokožky inkrustována kysličníkem křemičitým. Někdy je vylučován pod kutikulu klej, jehož napětím kutikula popraská a klej vytéká na povrch. Tak vzniká lep na lodyhách smolničky (Viscarie vulgaris).

Průduchy.

Poněvadž buňky pokožkové přiléhají těsně jedna k druhé bez mezibuněčných prostor, jsou v pokožce speciální zařízení, průduchy, umožňující spojení mezibuněčných prostor uvnitř rostlin se zevním ovzduším. Průduch (stoma) (obr. 98.) je tvořen dvěma sesterskými, ledvinovitými buňkami - svěracími buňkami, mezi nimiž je skulina, ústící do intercelulár podpokožkových pletiv. Svěrací buňky mají vždy chloroplasty (chybí pouze nezeleným příživným rostlinám, např. hniláku, záraze). Na příčném průřezu průduchem (obr. 99.) vidíme, že na vnitřní (břišní) straně každé svěrací buňky jsou dvě lištnovité ztlustliny blány buněčné, vyčnívající do skuliny jako zobánky. Jedna lištna je na horní straně, druhá na dolní straně. Blána, ohraničující vlastní skulinu a blána na hřbetní straně svěrací buňky je tenká. Obě lištny fungují jako dvě pružiny, jež se napřimují a tím zavírají skulinu. Jestliže ve svěracích buňkách stoupne turgor, projevuje se jeho tlak nejvíce na tenké hřbetní bláně, jež se vydouvá, způsobuje zakřivení celé buňky a tak rozšíření skuliny. Tím způsobem rostlina otvírá a zavírá skulinu průduchu. Skulina průduchu je schizogenního původu. Délka průduchu je pro každý rostlinný druh přibližně konstantní. U vodních ponořených rostlin často průduchy vůbec chybí, nebo jsou trvale zavřeny, případně ucpány slizem.

Trichomy a emergence.

Velice často bývá pokožka opatřena trichomy (chlupy) nebo emergencemi. V dermatogenu se záhy diferencují buňky s hojnou plasmou, s velkým jádrem, jež jsou odlišné i velikostí od ostatních buněk. Jsou to trichoblasty, jež buď vzrůstají v jednobuněčné trichomy nebo dělením z nich vznikají trichomy vícebuněčné. Na stonoích mohou být trichomy velmi rozmanitých tvarů a funkcí.

Trichomy můžeme rozlišiti na jednobuněčné a vícebuněčné.

Jakýmsi přechodným typem k jednobuněčným trichomům jsou papily. Jsou to vychlípeniny pokožkových buněk (obr. 100.). Nejčastěji jsou na korunních plátcích, jimž dodávají sametového vzhledu. Jednobuněčné vláknité trichomy se vyskytují poměrně zřídka, např. jsou to kořenové vlásky nebo vlákna na osemení bavlníku (obr. 101.).

Mnohobuněčné chlupy mají na basálním konci, jenž je zasazen mezi ostatní pokožkové buňky poněkud cibulovitě, zduřenou buňku, tzv. nohu (bulbus) (obr. 107.). U zvlášť mohutných chlupů může být noha vícebuněčná. Jednobuněčné a vícebuněčné chlupy mohou být jednoduché nebo rozmanitě rozvětvené.

Podle funkce dělíme trichomy na: 1. krycí, 2. žláznaté, 3. žahavé a 4. absorpční.

1. Krycí trichomy nevylučují navenek žádné látky a jsou většinou tvořeny mrtvými buňkami. Mohou být jednobuněčné i vícebuněčné, jednoduché i rozvětvené, měkké i štětinkovitě tuhé. Patří sem dlouhé, jednobuněčné, vláknité chlupy z osemení bavlníku (obr. 101.), jichž se používá jako textilních vláken, štítkovitě hvězdicovité trichomy na spodu listů hlošiny (obr. 102.), jednobuněčné, štětinkovité chlupy plicníku (obr. 103.), jednobuněčné, háčkovité chlupy svízele (obr. 104.) parohovité chlupy tařice (obr. 105.), kandelábrovité chlupy divizny (obr. 106.) aj.

2. Žláznaté trichomy jsou na konci paličkovitě nebo terčovitě rozšířeny a vylučují pod kutikulu sekret, který se dostává po jejím prasknutí ven. Mohou být opět jednobuněčné nebo mnohobuněčné, a to s mnohobuněčnou stopkou i s paličkou mnohobuněčnou. Typem mnohobuněčných žláznatých chlupů s jednobuněčnou paličkou jsou žláznaté chlupy prvosenky nebo pelargonie (obr. 107.). Mnohobuněčnou paličku mají trichomy lomikámenu. Terčovité až miskovité chlupy má chmel (obr. 108.). U vodních rostlin jsou časté štítkovité chlupy vylučující sliz.

3. Žahavé trichomy má kopřiva (obr. 109). Blána jednobuněčného trichomu je před horním koncem ztenčená a inkrustovaná SiO_2, takže je křehká a konec chlupu se snadno ulomí. Chlup snadno vniká ostrým tvrdým zlomem do kůže. Do rány vniká z chlupu látka, způsobující podráždění kůže.

4. Absorpční (vstřebávací) trichomy. Na listech rostlin

z čeledi Bromeliaceae jsou štítkovité chlupy, nasávající vodu. Bromeliaceae rostou epifyticky na skalách a kůře stromů. Typickými absorpčními trichomy jsou kořenové vlásky. Dále sem patří chlupy masožravých rostlin, např. z listů tučnice (obr. 110.). Jsou tu dvoje paličkovité chlupy, jedny stopečkaté, vylučující lepkavý sekret, jímž se hmyz přilepí, druhé bez stopečky, vylučující sekret trávicí. Oboje fungují jako chlupy absorpční.

Emergence se liší od chlupů svým původem. Kdežto každý chlup vznikl vzrůstem nebo postupným dělením jediné buňky (trichoblastu), vzniká emergence z celé skupiny pokožkových nebo i podpokožkových buněk. Velice často do emergencí vstupují i svazky cévní. Emergence mohou být opět krycí nebo žláznaté. Krycí emergence jsou např. trny u růží nebo angreštů. Od trnů, jež jsou původu listového nebo palistového, se liší tím, že jsou na stonku nepravidelně rozsety. Žláznaté emergence jsou např. na šupinách zimních pupenů, kde vylučují sliz a pryskyřice obalující pupen. Tentakule na listech rosnatky nejsou chlupy, ale žláznaté emergence. Vstupují do nich svazky cévní (obr. 111.).

Význam trichomů a emergencí. Chlupy a emergence jsou nejčastěji ochranným a obranným zařízením. Trny, žahavé a žláznaté chlupy chrání rostlinu před býložravci. Plst hustých měkkých trichomů odráží sálavé paprsky, zabraňuje přílišnému vypařování vody a v chladných nocích brání vyzařování tepla z rostliny. Absorpční chlupy přijímají vodu a v ní rozpuštěné látky ústrojné i neústrojné (kořenové vlásky, chlupy masožravých rostlin).

Z uvedené anatomie pokožky je vidno, že epidermis není jednoduché pletivo, nýbrž systém pletiv. Řadíme ji k systému pletiv pokožkových čili krycích. Má především význam ochranný; odděluje vnitřní pletiva rostliny od vnějšího prostředí a chrání je před přílišnou ztrátou vody vypařováním. Brání vniknutí mikroorganismů do rostliny. Svými trichomy a emergencemi chrání rostlinu před býložravci a přílišným slunečním zářením. Průduchy umožňují výměnu plynů mezi vnitřními pletivy a ovzduším. Chlupy mohou vykonávat funkci orgánů exkrečních i absorpčních.

Systém pletiv základních.
(Kůra a dřeň).

S výjimkou svazků cévních počítáme všechna pletiva, vyplňující od pokožky až do středu vnitřek stonku, k pletivům základním. Pochází z primárních meristemů periblemu a částečně pleromu. Jsou převážně parenchymatická, prostoupená někdy provazci nebo pochvami kolenchymatickými nebo sklerenchymatickými.

Primární kůra

je zevně ohraničena pokožkou. V nadzemních stoncích obsahují vnější vrstvy kůry chloroplasty (chlorenchym). Může to být parenchym nebo kolenchym. U některých suchobytných rostlin, jež mají nepatrné šupinkovité listy nebo jimž listy záhy opadávají, je chlorenchym utvářen podobně jako asimilační pletivo listů. Zevní chlorenchym je palisádový, vnitřní houbovitý (jánovec). U vodních a obojživelných rostlin jsou obyčejně v kůře velké mezibuněčné prostory. Nejzevnější vrstvy kůry bývají prostoupeny pletivy mechanickými, jež mohou tvořit souvislý prstenec nebo pruhy a provazce. U většiny dvouděložných rostlin bývá pod epidermis kolenchym a to buď souvislý, nebo tvoří pruhy v hranách a žebrech stonku. V oddencích kapradorostů tvoří zevní vrstvy kůry sklerenchym z protáhlých buněk, majících blány impregnované hnědou hmotou. Tento plášť buněk se nazývá metaderm. Rovněž v stéblech trav jsou obyčejně zevní vrstvy kůry sklerenchymatické, prostoupené parenchymem (obr. 112.).

P l e t i v a e x k r e č n í . V kůře jsou často i různé tkáně exkreční, v nichž se hromadí produkty výměny látkové, neupotřebitelné již pro chemické procesy probíhající v živé hmotě. Mohou to býti i jednotlivé buňky, idioblasty, jež v sobě nahromadují určité sekrety. Často po naplnění se tyto buňky isolují od ostatních suberinovou vrstvou blány buněčné. V kůře velmi často nalézáme idioblasty se šťavelanem vápenatým nebo třísloviny. Přímo pod pokožkou bývají žláznaté nádržky schizogenního nebo schizolysigenního původu. Bývají vyplněny silicemi nebo slizem (vodní rostliny). Dále v kůře mnohdy probíhají exkreční kanály, obyčejně schizogenního pů-

vodu. Exkrety jsou do nádrží nebo kanálů schizogenního původu vylučovány tenkostěnnými parenchymatickými buňkami, tvořícími v těchto dutinách výstelku, tzv. žláznatý epithel. Silicemi jsou exkreční kanály vyplněny u rostlin mrkvovitých (okoličnatých), pryskyřicí u jehličnatých, slizem u vodních rostlin (např. šípatky).

M l é č n i c e . Primární kůrou některých rostlin probíhají mléčnice. Dělíme je na článkované a nečlánkované. Článkované mléčnice vznikly splynutím řady buněk po rozpuštění přehrádek bez splynutí jader, takže jsou mnohojaderné. Takové mléčnice jsou u rostlin čekankovitých, makovitých, zvonkovitých a některých stromovitých pryžcovitých (Hevea), banánovitých a citronovitých. Článkované mléčnice jsou charakteristické hojnými anastomosami, tj. příčnými odbočkami, spojujícími sousední mléčnice (obr. 113.).

Nečlánkované mléčnice jsou idioblasty, dlouhé, trubicovité, větvící se buňky, navzájem se však nespojující (obr.114.). Jejich zakončení jsou vždy slepá. U stromovitých pryžcovitých rostlin dosahují délky až přes 10 m. Zakládají se z několika velkých iniciál již v embryu, v místě, kde přisedají dělohy. Původně jednojaderné buňky se stávají během svého prodlužovacího růstu a rozvětvování mnohojadernými tím, že jádra se během růstu stále mitoticky dělí, aniž vznikají buněčné přehrádky. Nečlánkované mléčnice jsou u morušovitých, tolitovitých, brčálovitých a velmi četných pryžcovitých.

Mléčnice mají tenké, pružné celulosní blány buněčné. Protoplasma tvoří tenkou nástěnnou vrstvu, obsahující často škrobová zrna, ostatek vyplňuje velká centrální vakuola, obsahující mléčně zakalenou šťávu buněčnou - latex. Latex je emulse různých nerozpustných látek ve šťávě buněčné, např. kaučuku, pryskyřice, olejů, vosku, gutaperči aj. Krom toho jsou ve šťávě buněčné rozpuštěny různé soli, cukry a případně alkaloidy. Mají tedy mléčnice některých rostlin velký význam technický. Z tropických stromů z čeledi pryšcovitých a brčálovitých se získává kaučuk. V Sovětském svazu se pro kaučuk pěstuje druh smetánky - Taraxacum kok-saghyz a druh hadího moru Scorzonera tau-saghyz. Gutaperča se získává z latexu některých Sapotaceí a v SSSR z latexu brslenu Evonymus verrucosa. Opium je ztuhlé mléko z makovic Papaver somniferum.

Fysiologicky mají mléčnice význam jako orgány zásobní (obsahují škrob, cukry, bílkoviny), i jako orgány exkreční, obsahujíce nepotřebné exkrety. Při poranění ztuhlý vyteklý latex pokrývá ránu a chrání rostlinu proti vniknutí infekce.

P o c h v y . Na vnitřní straně může kůra (bez) jakéhokoliv rozhraní přecházet ve střední válec (stelé), jako je tomu u jednoděložných, nebo může být od něho oddělena pochvou. Pochva je tvořena nevnitřnější vrstvou buněk patřících ještě kůře a lišících se svým vzhledem nebo obsahem od ostatních buněk. Ve stoncích bývá nejčastěji škrobová pochva (obr. 115.). Je to jednovrstevný plášť trvale parenchymatických buněk, obsahujících hojně zrnek přesypavého škrobu. V oddencích a šlahounech bývá pochva vyvinuta jako endodermis (obr. 116.). Je to plášť z jedné vrstvy buněk, bez interceluláre. Na radiálních stěnách buněčných mají tzv. Casparyho proužky, jež na průřezu vypadají jako tečkovitá ztlustlina uprostřed stěny. Pochvy nemusí být vždy souvislé, často jsou přetrhávané, nacházejíce se pouze proti lýkové části svazků cévních. Endodermis někdy nemusí tvořit pochvu kolem celého souboru svazků cévních, ale každý cévní svazek může mít samostatně svou vlastní endodermis. Škrobová pochva někdy je současně vyvinuta jako endodermis.

Stelé.

Soubor veškerých pletiv, uzavřených pláštěm kůry, se nazývá středním válcem (centrální cylindr) neboli stelé. Vznikl z pleromu a je tvořen pletivy vodivými (svazky cévní) a pletivem základním.

Pericykl je základní pletivo, obklopující soubor svazků cévních pod kůrou. Od kůry bývá oddělen škrobovou pochvou nebo endodermis. Je parenchymatický, u starších lodyh je často prostoupen sklerenchymatickými širokými pruhy, nebo bývá pod škrobovou pochvou souvislý sklerenchymatický plášť (obr. 95.). Parenchym pericyklu může fungovat jako latentní meristem. Zakládají se v něm kořeny nebo adventní pupeny (endogenně).

Dřeň je základní pletivo v centru lodyhy a mezi jednotlivými svazky cévními. U rostlin jednoděložných jsou svazky cévní v dřeni rovnoměrně roztroušeny, u rostlin dvojděložných, nahosemenných a přesliček jsou seskupeny v kruh a dřeň probíhá mezi nimi jako primární paprsky dřeňové. Dřeňové paprsky spo-

jují tedy základní pletiva v centru stonku s kůrou, respektive s pericyklem. Dřeňové paprsky, jež jsou u mladých bylinných lodyh parenchymatické, mohou později přejíti mezi dřevními částmi svazků cévních v sklerenchym, čímž se vytvoří souvislý pás mechanického pletiva.

Dřeň je obyčejně parenchymatická, ale v parenchymu mohou být vtroušeny různé idioblasty, exkreční kanály nebo i sklerenchym. K základnímu pletivu patří i sklerenchymatické pochvy, obklopující někdy jednotlivé svazky cévní. U lipnicovitých (trav) často u nejzevnější vrstvy svazků splývá tento sklerenchym v souvislý plášť, v němž jsou svazky cévní uzavřeny. U vodních a bahenních rostlin je dřeň tvořena aerenchymem nebo aktinenchymem. Dřeň buď zůstává po několik let živá a ukládají se do ní zásobní látky, nebo její buňky záhy odumírají a jsou potom vyplněny vzduchem (černý bez). Často bývá dřeň růstem vnějších pletiv roztrhána a vznikají tak duté stonky (rhexigenní mezibuněčné dutiny u mrkvovitých (okoličnatých) rdesnovitých, ve stéblech lipnicovitých (trav).

Systém pletiv vodivých.
(Svazky cévní).

Výskyt svazků cévních.

Vodivá pletiva jsou representována svazky cévními. Svazky cévní jsou charakteristické pro kapraďorosty a rostliny semenné. U ostatních níže organisovaných rostlin typické svazky cévní chybí, ač leckdy se zde již ukazují soubory protáhlých buněk, mající význam vodivých pletiv.

Složení cévního svazku.

Typický svazek cévní se skládá z části lýkové čili kribrální (floem čili leptom) a z části dřevní čili vasální (xylem čili hadrom). Pro dřevní část jsou charakteristické dlouhé trubice s typicky ztloustlými a zdřevnatělými stěnami, bez živého obsahu, tzv. cévy. V lýkové části jsou také trubicovité útvary, ale tenkostěnné s živou plasmou a síťovitě proděravělými přehrádkami, zvané sítkovice. Krom toho v obojích částech jsou ještě buňky parenchymatické, případně prosenchy-

matické. Jestliže je svazek cévní tvořen pouze floemem nebo xylemem, je to svazek jednoduchý (neúplný). Tak v oddencích nebo hlízách bývají svazky cévní, mající jen lýkovou část. Také dření nebo kůrou probíhají někdy jednoduché svazky cévní.

Původ svazků cévních.

Svazky cévní pocházejí z pleromu, v němž se záhy rozliší provazce složené z protáhlých buněk, tzv. prokambium. Z prokambiálních provazců vzniknou svazky cévní. První sítkovice označujeme jako floemové primány (protofloem), první cévy jako xylemové primány (protoxylem). Později vznikající části lýkové a dřevní jsou metafloem a metaxylem. Při druhotném tloustnutí stonku vzniká činností meristemu kambia deuteroxylem a deuterofloem.

Typy cévních svazků. Podle rozmístění dřevní a lýkové části rozeznáváme čtyři typy svazků cévních (obr. 117.), z nichž ve stoncích přicházejí tři, čtvrtý (radiální svazek cévní) je typický pro kořeny.

1. Kolaterální svazky cévní (obr. 118.) mají směrem ke kůře lýkovou část, směrem k dřeni dřevní část. Protoxylem je na okraji dřevní části, směřující ke středu stonku, protofloem je na vnějším okraji lýkové části. Tento typ svazků cévních je velmi rozšířený u nahosemenných, jednoděložných a u velké většiny dvouděložných rostlin. U kapraďorostů se s ním setkáváme u přesliček a kapradin jazykovitých a podezřeňovitých.

2. Bikolaterální svazky cévní (obr. 119.) mají dvě části lýkové, jednu na straně kůry, druhou směrem k centru lodyhy a mezi nimi je část dřevní. Protofloem je na obou protilehlých okrajových stranách lýkových částí, protoxylem je na okraji dřevní části, sousedící s vnitřním floemem. Bikolaterální svazky cévní mají rostliny lilkovité, tykvovité, tolitovité, brčálovité a některé zvonkovité, myrtovité, mařinovité a rdesnovité.

3. Koncentrické svazky cévní jsou uspořádány tak, že jedna část obklopuje kolem dokola druhou. Je-li uprostřed část dřevní, je to svazek hadrocentrický (obr. 120.), je-li uprostřed část lýková, jde o svazek leptocentrický (obr. 121.).

Hadrocentrické svazky cévní jsou charakteristické pro kapradorosty s výjimkou přesliček, šídlatek a kapradin jazykovitých a podezřeňovitých. Leptocentrické svazky cévní nalézáme v zásobních orgánech, u jednoděložných v oddencích a hlízách, u dvouděložných ve dřeni pepřovitých, reveně, šťovíku, kakostů a několik jiných. U leptocentrických svazků cévních je protofloem na okraji lýka, protoxylem na vnitřním okraji dřeva. U hadrocentrických svazků cévních je protofloem kolem dokola na okraji svazku nebo ve skupinách, protoxylem je na okraji dřevní části.

4. Radiální svazek cévní (obr. 161.B) je typický pro kořeny, ale pro přehlednost se o něm zmíníme již nyní. Je v kořenu pouze jeden, obklopený endodermis. Části lýkové a dřevní jsou uspořádány paprsčitě v kruhu a střídají se. Protoxylem a protofloem jsou na zevním okraji.

Uzavřené a otevřené svazky cévní. Svazky cévní rozeznáváme uzavřené a otevřené. V otevřených svazcích cévních se zachová mezi lýkovou a dřevní částí vrstva dělivých buněk, z nichž se založí meristem, kambium, jehož činností osy a kořeny druhotně tloustnou. Otevřené svazky cévní jsou u rostlin dvouděložných a nahosemenných (obr. 118., 119.). Uzavřené svazky cévní nemají kambium mezi dřevní a lýkovou částí. Jsou u rostlin jednoděložných (obr. 122.).

Lýková část svazků cévních

(floem) je složena ze sítkovic, parenchymatických a sklerenchymatických buněk.

Sítkovice (obr. 123.) jsou živé, dlouhé trubicovité buňky, probíhající rovnoběžně s podélnou osou svazku cévního. Jejich přehrádky jsou proděravělé četnými otvůrky, takže vypadají jako sítko. Cytoplasma tvoří nástěnný povlak. Obsahuje často leukoplasty (se škrobovými zrny) a bílkovinné krystaly. Ostatek buňky zaujímá velká centrální vaukola, jejíž šťáva buněčná obsahuje bílkovinné látky a cukry. Dokonale vyvinuté sítkovice jsou bezjaderné. Jádro mají pouze v mládí. Během proděravění přehrádek jádro degenerje a rozplyne se. Na podzim, kdy se končí vegetační období rostliny, ucpávají se sítka amorfní bezbarvou hmotou, tzv. kalosou, jež vytvoří na sítku zátku. Na jaře se někdy opět rozpustí, u starších sítkovic

však kalosová ucpávka zůstává, sítkovice odumrou a vytvoří se sítkovice nové. Kalosa je nerozpustná ve Schweizerově činidle, rozpustí se v 1% KOH. Chlorzinkjodem se barví červenohnědě. Odumřelé sítkovice jsou tlakem okolního pletiva smačkány. Blány sítkovic jsou tenké, nezdřevnatělé. Sítkovicemi proudí roztoky ústrojných látek.

P a r e n c h y m a t i c k é b u ň k y p r ů v o d n í . Podél sítkovic probíhají parenchymatické buňky průvodní (obr. 123.) U jednoděložných rostlin náleží ke každé sítkovici jedna průvodní buňka (obr. 122.), sítkovice dvouděložných jich mají několik. Jsou to sesterské buňky sítkovic, vzniklé podélným rozdělením jejich mateřské buňky. Později se dělí ještě příčně na několik kratších buněk. Plasma průvodních buněk je hustá, zrnitá a četné plasmodesmy ji spojují s plasmou sítkovic. Z toho je patrno, že průvodní buňky mají význam pro funkci sítkovic. Průvodní buňky chybějí kaptaďorostům a nahosemenným. Místo nich se tu přikládají k sítkovicím krátké, plasmou bohaté parenchymatické buňky, jež nejsou sesterskými buňkami sítkovic. Jsou spojeny se sítkovicemi políčky v podélných stěnách.

L ý k o v ý p a r e n c h y m (obr. 124.). U jednoděložných rostlin se skládá metafloem pouze ze sítkovic a z parenchymatických průvodních buněk. U dvouděložných rostlin jsou v metafloemu ještě krátké parenchymatické buňky, vtroušené mezi ostatní elementy nebo tvořící i souvislé pruhy, a buňky dlouhé, skoro stejné délky jako sítkovice, tzv. kambiformní buňky. Ke kambiformním buňkám se počítají také tzv. vedlejší buňky, jež se liší od ostatních kambiformních buněk jen svým původem. Vznikly totiž stejně jako průvodní buňky vykrojením z mateřské buňky sítkovic, nemají však charakter průvodních buněk. Krom toho bývají v metafloemu vtroušeny idioblasty. Jsou to parenchymatické buňky, obsahující třísloviny nebo šťavelan vápenatý. Všechny tyto elementy tvoří lýkový parenchym. Těsně s lýkovou částí často probíhají sklerenchymatické provazce, tzv. tvrdé lýko, jež zpevňuje svazek cévní. Nepatří však ke svazkům cévním, nýbrž k pletivu základnímu. Stejně mléčnice, oplétající často hustou sítí lýkovou část, musíme počítat k základním pletivům.

Dřevní část svazků cévních (xylem).

Xylem obsahuje cévy a dřevní parenchym.

C é v y jsou protáhlé, mrtvé, prázdné buňky se zdřevnatělými, charakteristicky ztloustlými stěnami. Dělíme je na tracheje a tracheidy. Tracheje jsou dlouhé trubice, vzniklé tak, že se v řadě za sebou stojících, silně protáhlých buněk (článků) rozpustily úplně nebo částečně přehrádky, stěny ztloustly rozmanitým způsobem a zdřevnatěly, jádro degenerovalo a konečně buněčný obsah vůbec vymizel. Jestliže přepážky (obyčejně šikmé) byly rozpuštěny pouze částečně, vznikají v nich schodovité, mřížovité nebo sítovité perforace. Tracheje převládají u rostlin krytosemenných, kde někdy tracheidy vůbec chybějí (např. u jasanu, platanu, olivy). Tracheidy se liší od trachejí tím, že mají zachovány celistvé, obyčejně šikmé, přehrádky. U kapraďorostů a nahosemenných jsou v xylemu obyčejně pouze tracheidy. Výjimku tvoří kapraď hasivka orličí a z nahosemenných Gnetaceae, kde přicházejí i tracheje.

Cévy mohou dosáhnout značné délky, u dubu až 4 m, u jasanu probíhají některé od kořene až do koruny. Nejširší cévy mají liany (Calamus rotang - přes 1/2 mm) a stromy (dub 1/4mm). Byliny mají cévy užší, např. heřmánek pouze 5/1000 mm.

Skulptura cévních stěn. Nestejnoměrným ztloustnutím blány buněčné vzniká na stěnách cév charakteristická skulptura. Rozeznáváme cévy kruhovitě ztloustlé (obr. 56., 124.), šroubovitě ztloustlé (obr. 57., 124.), síťovitě ztloustlé (obr. 58., 124.), cévy schodovité, mající příčně protáhlá neztloustlá místa v bláně, umístěná nad sebou jako schody (obr. 59.) a cévy dvůrkaté s kruhovitými nebo elipsovitými dvůrky (obr.55., 124.). U dvojděložných rostlin se často kombinuje šroubovitý způsob ztloustnutí stěn s dvůrky. Šroubovité a kruhovité cévy jsou tažné a proto je nalézáme v částech rostlin, které ještě silně rostou, neboť růstu nekladou velký odpor. Jsou to první cévy, které se v rostlině objevují. Po nich se teprve objevují ostatní. Xylemové primány jsou obyčejně později tlakem okolního pletiva silně smáčknuty, někdy i roztrhány nebo rozpuštěny, takže na jejich místě vznikne lysigenní kanál (obr. 122.).

D ř e v n í p a r e n c h y m je mezi trachejemi a tracheidami (obr. 124.). U kapraďorostů sousedí obyčejně cévy

zase s cévami a tvoří celé rozsáhlé skupiny, jež jsou teprve obklopeny parenchymem. U semenných rostlin jsou nejčastěji parenchymatické buňky vtroušeny mezi cévy. Jsou to buňky protáhlé ve směru svazků cévních a jejich blány mají tečky. Na podzim se v nich hromadí škrob nebo cukry, takže slouží i jako pletivo zásobní. V dřevním parenchymu se někdy vyskytují idioblasty s krystaly šťavelanu vápenatého. Obyčejně tvoří dlouhé podélné řady. Řidčeji obsahují idioblasty jiné exkrety, např. třísloviny.

Sklerenchym. Podobně jako u lýkové části může na vnitřní straně dřevní části probíhati pruh sklerenchymatických buněk, jež má jednak úkol mechanický, jednak ochranný, neboť chrání tenkostěnné elementy svazku cévního před poškozením tlakem. Sklerenchymatické pruhy při dřevní části se nevyskytují u svazků cévních, jež hruhotně tloustnou. Vyskytují se proto nejčastěji u rostlin jednoděložných. Rovněž tento sklerenchym náleží již k základnímu pletivu.

Význam vodivých pletiv.

Svazky cévní slouží k rychlému rozvádění vody a živin po rostlině. Dřevní část vede vodu a v ní rozpuštěné nerostné látky, floem rozvádí roztoky ústrojných látek. Vodivá pletiva jsou charakteristická pro výše organisované rostliny, jež mají větší rozměry, takže pouhou difusí blanami mezi jednotlivými buňkami by se děl transport potřebných látek velmi pomalu a nedostatečně. Již u některých mechů jsou jakási vodivá pletiva, ovšem nejsou to ještě pravé svazky cévní. Pravé cévní svazky mají u výtrusných rostlin teprve kapraďorosty.

Svazky cévní u vodních rostlin (semenných).

Výskyt svazků cévních souvisí s šířením se rostlin z vody na souši, kde při větších rozměrech by transport vody od buňky k buňce nestačil krýti spotřebu celé rostliny. Proto u vodních rostlin, jež rostou po celý život ponořeny pod vodou (stolístek, růžkatec, douška vodní) jsou v lodyze svazky cévní redukovány na jediný centrální neúplný svazek cévní, mající pouze floem. Uprostřed stonku je intercelulární dutina, vzniklá rozpadem cévy, kolem ní je floem a vše je obklopeno endodermis (obr. 125.)

Stelární teorie.

Soubor svazků cévních včetně dřeně a pericyklu se nazývá střední válec čili stelé. Celkem nejsou velké rozdíly v anatomické stavbě stelé kořenů, i když jde o kořeny rostlin vývojově od sebe značně odlišných. Zato stavba stelé stonků je značně závislá na vývojovém stupni té které rostliny. Na těchto závislostech byla vybudována tzv. stelární teorie (obr. 126.).

Nejjednodušší stelé mají nejstarší kapraďorosty Psilophyta z devonu. Celá stelé má jediný centrální hadrocentrický svazek cévní. Tento nejprimitivnější základní typ stelé byl nazván protostelé. Nalézáme ji u kapraďorostů nyní žijících pouze v mladých rostlinkách, vyrůstajících z prothalia. Je to stelé bez dřeně a dřeňových paprsků. Od ní je celá řada přechodů až ke konečnému nejvyššímu vývojovému stupni, jenž představuje stelé rostlin nahosemenných a krytosemenných.

Protostelé však nemají všechny Psilophyta, pouze nejstarší, jež ještě neměly rozlišeno tělo v kořen a stonek a měly malé rozměry, nepřesahující 1/2 m, jako rod Rhynia a Hornea. V dalším vývoji došlo při zvětšení rozměrů těla a rozlišení na stonek a listy i k změně stelé. Centrální xylem vysílá paprsčitě výběžky do floemu a dostává hvězdovitý vzhled. To je aktinostelé, vlastně radiální svazek cévní, jaký nalézáme v kořenech. Měly ji v stoncích Psilophyta: Asteroxylon a Psilophyton.

Z aktinostelé se vyvinula plektostelé, s níž se setkáváme u plavuní (obr. 127.). Liší se od aktinostelé tím, že xylem se na příčném řezu jeví roztrhán v několik pruhů, samostatně uložených ve floemu. Na podélném řezu vidíme, že pruhy floemu a xylemu se ve skutečnosti síťovitě proplétají.

U protostelé a aktinostelé byl celý střed stelé z mrtvých elementů cév. V dalším vývoji došlo k vitalisaci stelé tím, že v centru svazku cévního zůstaly živé parenchymatické buňky, jež se nemění v cévy a jež podporují činnost vodivých pletiv. Tak vzniká rourovitý svazek cévní, mající vně floem, potom xylem a v centru dřeň. To je tzv. sifonostelé ektofloická. Setkáváme se s ní u čeledí Schizaeaceae a Gleicheniaceae.

U některých kapraďorostů se vytvořila ještě další vrstva floemu, takže trubice svazku se skládá z floemu, xylemu, floemu a střed je cyplněn opět dření. To je sifonostelé amfifloic-

ká čili solenostelé. Je např. u rodu Marsilia. Velmi často netvoří úplný kruh a má potom tvar půlměsíční.

S vývojem velkých listů, z nichž vstupují do stonku samostatné svazky cévní, došlo k rozštěpení souvislého cylindru solenostelé v jednotlivé větve, jež tvoří válcovitou síť hadrocentrických svazků cévních, tzv. diktyostelé (obr. 128.).

Na příčném řezu se diktyostelé jeví jako kruh samostatných hadrocentrických svazků cévních, jak to vidíme na příčném řezu oddenkem kapradě samce (Nephrodium filix mas). Na povrchu je epidermis, pod ní tzv. metaderm, což jsou protáhlé buňky se ztloustlými blanami, impregnovanými hnědým barvivem. Nahrazují korek. Potom je základní parenchymatické pletivo, v jehož buňkách se nahromaďuje škrob. Do mezibuněčných prostor vyčnívají filicinové žlázky (obr. 129.). V základním pletivu je uložen kruh hadrocentrických svazků cévních. Každý má svou vlastní endodermis (obr. 120.), takže celek má na příčném řezu vzhled pláště samostatných stelí ("meristelé").

Diktyostelé vzniká tím, že nad svazky, jež se ze solenostelé odvětvují do listů, vzniká mezera - otvor vyplněný dření. Tyto mezery tvoří jakási oka v trubicovitém svazku, takže vznikne dojem sítě (obr. 128.).

Tím, že dřeňové paprsky rozdělily kruh xylemu a floemu u sifonostelé ektofloické v jednotlivé úseky, vznikl kruh kolaterálních svazků cévních, tzv. eustelé. V oddenku podezřeně (Osmunda) lze pozorovat přechod siťonostelé v eustelé. Do xylemu vnikají výběžky dřeně, takže se rozpadá na okrsky sestavené v kruh, zatím co floem tvoří ještě souvislý plášť. V nadzemním stonku vnikají již dřeňové paprsky i do floemu, takže tu je již typická eustelé. S eustelé se setkáváme již u vyhynulých Sigillarií. U recentních kapradorostů ji nacházíme u přesliček (obr. 130.) a ve stonku rodu Osmunda.

Vývoj eustelé souvisí se vznikem většího počtu velkých listů, jejichž svazky cévní procházejí stonkem. Je proto typická pro nahosemenné a dvouděložné rostliny. U jednoděložných rostlin vstupuje z listů do stonku tak velké množství svazků cévních, že se nevejdou do jednoho kruhu. Z eustelé vzniká ataktostelé, v níž jsou svazky cévní ve dřeni roztroušeny.

Celkem můžeme tyto typy stelé seřadit do tří vývojových řad:

1. Protostelé - aktinostelé - plektostelé.

2. Protostelé - sifonostelé - solenostelé - diktyostelé.

3. Protostelé - sifonostelé - eustelé - ataktostelé.

Vývojově nejstarší je tedy hadrocentrický a radiální svazek cévní, mnohem mladší jsou kolaterální svazky cévní a nejmladší jsou svazky cévní bikolaterální a leptocentrické, jež vznikly speciálním přizpůsobením se svazků kolaterálních.

Průběh a uspořádání svazků cévních ve stonku.

Stonkem probíhají dvojí cévní svazky. Jedny, které probíhají celým stonkem až k vrcholu, kde končí v prokambiu, nazýváme svazky stonku vlastní, druhé, které odbočují do listů, jsou vnitřní stopy listové. U velké většiny kapraďorostů svazky, které zastihneme na řezu stonkem, jsou svazky stonku vlastní. U rostlin semenných téměř všechny svazky v stonku jsou vnitřní stopy listové. Průběh svazků cévních orgánem se nejlépe studuje na macerovaných rostlinných částech. Rostlinu vložíme do vody na tak dlouho, až se rozpadnou všechna pletiva krom systému cévních svazků.

Uspořádání a průběh svazků cévních v stonku semenných rostlin možno shrnouti do čtyř typů. Typu 1. dvouděložného, 2. jednoděložného, 3. typu Commelinaceí a 4. typu vodních submersních rostlin.

T y p d v o u d ě l o ž n ý . Na příčném řezu se jeví svazky cévní uspořádány do kruhu (obr. 95.). Mezi nimi jsou paprsky dřeňové a uprostřed dřeň. Toto uspořádání mají rostliny dvouděložné a nahosemenné (u kapraďorostů je mají přesličky a podezřeňovité). Nazýváme je uspořádáním cyklodesmickým. Výjimečně je více soustředěných kruhů, např. dva u pepřovitých (obr. 131.), tři u makovitých. Svazky cévní u dvouděložných jsou kolaterální nebo bikolaterální.

Z listů vstupují svazky do lodyhy v tzv. nodu (uzlině). Je to místo, kde přisedají listy k lodyze. Svazky proběhnou šikmo dolů korou a vstoupí do kruhu mezi ostatní svazky cévní, s nimiž probíhají dále internodiem rovnoběžně a v některém nižším nodu se náhlým odbočením do strany nebo vidličnatým rozvětvením připojí k sousedním svazkům, mezi nimiž probíhaly. Tak vzniká síť svazků (obr. 132.).

Typ jednoděložný čili palmový. Na příčném řezu stonkem vidíme cévní svazky roztroušeny po celé dřeni (obr. 96.). Všechny jsou stopami listovými. Jejich floem vždy směřuje vně a xylem do centra lodyhy. Je to atakto-desmické uspořádání svazků cévních a vzniká tím, že z široké pochvy listů vstupuje do stonku velké množství svazků a to do různé vzdálenosti od epidermis. Nejdále ke středu stonku vstupují střední listové svazky cévní, nejmělčeji okrajové. Všechny sestupují dolů, ne však přesně svisle, nýbrž šikmo k periferii stonku, probíhají nerušeně několika články stonku, ztenčují se a splývají s jinými listovými stopami nebo končí slepě (obr. 133.). U lipnicovitých (trav), jež mají velkou rhexigenní dutinu ve středu stébla, stojí svazky cévní zdánlivě pouze v několika nebo ve dvou kruzích.

Typ Commelinaceí je význačný tím, že svazky cévní se jeví na příčném řezu lodyhou uspořádány do tří kruhů. Ve středu je kruh silných svazků, kolem něhož jsou dva kruhy svazků slabých. Nejzevnější kruh jsou svazky stonku vlastní. Tento obrazec vzniká tím, že svazky cévní z listů nevstupují do kruhu mezi svazky stonku vlastní, nýbrž hlouběji k centru, kde zahýbají a probíhají jedním článkem svisle dolů a v následujícím nodu zahnou ještě hlouběji ke středu a opět sestupují svisle dolů. Při tom zde splynou se svazky všech listů, postavených nad nimi. Takový je průběh svazků cévních např. u Tradescantia (obr. 134.).

Typ vodních ponořených rostlin. Středem lodyhy probíhá jediný svazek cévní, jenž má xylem redukovaný na jedinou cévu nebo dřevní část vůbec vymizela a místo ní je mezibuněčná dutiny, obklopená floemem. Kolem tohoto axiálního svazku cévního je vždy endodermis. V uzlinách se k němu připojují svazky cévní z listů. Tento typ svazků je u rodu Ptamogeton (rdest), Helodea (vodní mor), Najas (řečanka), Ceratophyllum (růžkatec), Myriophyllum (stolístek), Callitriche (hvězdoš) (obr. 125.).

Druhotné tloustnutí stonku.

Činností primárních meristemů vznikají prvotní trvalá pletiva: pokožka, primární kůra, dřeň, svazky cévní a proto-

a metafloemem a s proto- a metaxylemem a mezi svazky primární paprsky dřeňové. Tento stav pozorujeme v částech stonku, které ještě značně rostou do délky. V těch částech, kde růst do délky již přestal, stonek ještě tloustne.

Tloustnutí stonku se děje dvojím způsobem: jednak vzrůstem buněk dosavadních pletiv, jednak druhotným vytvářením nových pletivových vrstev. Rostliny jednoděložné a kapraďorosty tloustnou až na několik výjimek všechny jen prvým způsobem. Pro rostliny dvouděložné a nahosemenné je charakteristický druhý typ.

Druhotná pletiva vznikají činností zvláštních interkalárních meristemů, jež nazýváme meristemy druhotnými čili sekundárními právě proto, že jsou původci druhotné stavby stonku. Nejsou totiž tyto meristemy vždy druhotné i svým původem. Druhotné meristemy v užším slova smyslu jsou jen ty, které vznikají z buněk již trvalých pletiv, např. z pokožky nebo pericyklu kůry. Takovým meristemem je felogen, jenž dává vznik korku a druhotné kůře. Naproti tomu kambium, jež rovněž řadíme k druhotným meristemům, je ve stoncích podle původu částečně nebo úplně meristemem primárním, poněvadž většinou vzniká z původního prokambiálního pletiva, jenž se uchovává mezi floemem a xylemem svazků cévních jako meristem latentní.

Poněvadž druhotné meristemy se objevují v orgánech, které již zastavily svůh prodlužovací růst, dělí se jejich buňky většinou jen periklinálními přehrádkami, takže vznikají pletiva s buňkami uspořádanými za sebou v radiálních řadách. Občas se některá buňka rozdělí i radiálně, takže se vyplní mezera vznikající tím, že řady se paprsčitě rozbíhají. Proto jsou radiální řady místy rozštěpeny ve dvě souběžné. Tento způsob uspořádání buněk do radiálních řad je tak charakteristický, že podle něho okamžitě poznáme druhotné pletivo.

Druhotné meristemy mohou produkovat nová pletiva buď dvoustranně - dipleuricky (kambium) nebo jednostranně - monopleuricky (někdy felogen).

Druhotné tloustnutí je velmi důležité pro víceleté rostliny, jež mají neukončený růst. Jejich koruny se stále rozrůstají, při čemž stonek nebo kmen produkuje další mechanická a vodivá pletiva, takže unese všechny nové větve a může je dostatečně zásobovati vodou a živinami. Dále je třeba nahrazo-

vati novými staré, z funkce vyřazené elementy, hlavně cévy a sítkovice. U našich stromů fungují sítkovice a cévy nejdéle 3-5 let, přitom čím jsou mladší, tím rychleji vodí roztoky.

Kambium čili ztlušťovací kruh tvoří na příčném řezu stonkem souvislý uzavřený kruh. Kambium prochází svazkem cévním mezi floemem a xylemem, je to tzv. fascikulární kambium. Ono, jež přetíná paprsky dřeňové, nazýváme interfascikulárním. Svazky cévní, obsahující fascikulární kambium, nazýváme otevřenými. Jsou typické pro rostliny nahosemenné a dvouděložné. Jsou-li ve stonku dva nebo tři soustředné kruhy svazků cévních (Piperaceae, Papaveraceae), je kambium pouze v nejzevnějším kruhu. Podobně, jestliže je v lodyze kruh bikolaterálních svazků cévních, probíhá kambium obyčejně mezi zevním floemem a xylemem.

Buňky fascikulárního kambia jsou prosenchymatické, silně protáhlé ve směru osy stonku, tenkoblanné (obr. 124.). Mají podobu pravoúhlých hranolů se šikmo seříznutými konci (obr.135.) Buňky interfascikulárního kambia jsou kratší, neboť se nevytvořily z protáhlých buněk prokambia, ale z již diferencovaného parenchymu. V radiálním směru jsou kambiální buňky poněkud zploštělé, takže mají na příčném průřezu obrys obdélníkovitý. Tangenciální stěny mají velmi tenké, radiální tlustší s dvůrkatými ztenčeninami.

Fascikulární kambium produkuje směrem vně lýko - deuterofloem, směrem dovnitř stonku dřevo - deuteroxylem. Občas některé buňky fascikulárního kambia začnou produkovat na obě strany buňky parenchymatické mezi ostatními elementy dřeva nebo lýka. Tím vznikají sekundární paprsky dřeňové (obr. 136.). Liší se od primárních tím, že neprobíhají od dřeně až ke kůře a jsou kratší. Jejich délka je různá. Nejkratší jsou nejmladší.

Kambium, přetínající primární paprsky dřeňové (interfascikulární kambium) produkuje stále na obě strany pouze parenchym, takže primární paprsky dřeňové probíhají nerušeně dále i druhotnými pletivy, pouze jsou o něco zúženy. Jestliže jsou svazky cévní značně vzdáleny od sebe, takže jsou mezi nimi široké paprsky dřeňové, produkuje interfascikulární kambium krom parenchymu také skupiny elementů lýkových a dřevních, takže mezi původními svazky se vytvoří další. Tím se počet svazků zvýší

a dřeňové paprsky se zúží. Tak je tomu u četných popínavých rostlin, např. u podražce.

Podle zjištění Sania vzniká jak druhotné lýko, tak druhotné dřevo činností těchže iniciál. Nejsou tedy zvláštní iniciály pro dřevo a zvlástní pro lýko. Iniciála nejdříve oddělí tangenciální přehrádkou jednu buňku na stranu xylemu, jež se může ještě jednou nebo vícekrát rozdělit, než se diferencuje v cévy nebo jiné součásti deuteroxylemu. Buňka, jež se oddělí od iniciály na stranu floemu, se může rovněž ještě jednou dělit a to tak, že se z ní vykrojí parenchymatická buňka průvodní a sama se diferencuje v sítkovici (obr. 137.).

Kambium funguje u víceletých rostlin po celý jejich život. U jednoletých nedřevnatějících bylin se často kambium vůbec nevytvoří nebo funguje jen krátkou dobu, při čemž produkuje pouze mechanické pletivo a žádné cévy a sítkovice.

Letokruhy. Kambium funguje periodicky. V našich krajích je u dřevin v činnosti od časného jara do podzimu. Na jaře převládá tvorba dřeva. Jarní dřevo se skládá z buněk poměrně tenkoblanných a velkých. S postupem doby slábne produkce dřeva, vznikající elementy xylemu jsou stále drobnější a tlustoblannější, až koncem srpna ustane tvorba dřeva docela. S ubývající produkcí dřeva přibývá tvorba druhotného lýka, jež trvá až do podzimu do opadání listů. Poněvadž na jaře začne kambium opět produkovat velké a tenkoblanné dřevní elementy, vzniká tu ostrá hranice mezi letním dřevem minulého roku a jarním dřevem roku příštího (obr. 145 A). Tato rozhraní se jeví na příčném řezu kmenu jako systém soustředných kruhů, tzv. letokruhy. Pouze výjimečně tvoří strom v jednom roce dva přírůstky. Stává se to působením různých přírodních pohrom, např. když pozdní jarní mrazy, kroupy nebo housenky zničí listy, nebo když po suchém létě přijde teplý vlhký podzim. Tyto nadpočetné letokruhy se obyčejně poznají podle toho, že jsou proti ostatním nápadně úzké. Počasí vůbec se velmi značně obráží v utváření letokruhů. V suchých létech vznikají letokruhy s úzkým letním dřevem, v rocích s krutou, dlouhotrvající zimou vzniká zase úzké jarní dřevo. Podle vzhledu letokruhů sekvojí, rostoucích v Americe a majících stáří přes tisíc let, bylo odhadováno, jaké počasí bylo v dřívějších dobách, kdy již tyto stromy rostly.

Podobně jako ve dřevě jsou i v druhotném lýku rozeznatelné roční přírůstky, jsou však mnohem hůře patrné.

Druhotné tloustnutí stonků neprobíhá vždy tak pravidelně jako bylo právě popsáno. Zvláště liany tloustnou nepravidelně. Jestliže kambium neprodukuje na všech místech stejně intensivně xylem, vzniknou postupem doby na stonku hluboké zářezy. Takové zářezy se objevují u lian z čeledi Bignoniaceae a u rozmariny.

Atypické tloustnutí stonku. Někdy stonky tloustnou vůbec zcela odchylně. Tu mluvíme o atypickém tloustnutí. Tak u merlíkovitých (Chenopodiaceae) kambium záhy zastaví svou činnost a v kůře se založí nové kambium. Podobně u nahosemenných rostlin z čeledi Gnetaceae nebo u některých lian z čeledi vikvovitých (motýlokvětých), např. Wistaria, normální kambium poměrně brzy zastaví svou činnost a mimo kruh svazků cévních se založí kambium nové, jehož činností vzniká další kruh svazků cévních. Toto kambium může po čase opět zastavit svou činnost a vně se založí další, což se může několikrát opakovat. Tak vzniká několik soustředných kruhů svazků cévních v základním parenchymatickém nebo sklerenchymatickém pletivu.

Jednoděložné rostliny a kapradorosty až na několik výjimek druhotně netloustnou. Tyto výjimky tvoří některé liliovité, např. Aloe, Agave, Yuca, Dracaena aj. Na rozhraní mezi kůrou a stelé se vytváří druhotný meristem obdobný kambiu. Na rozdíl od kambia produkuje tento meristem druhotná pletiva pouze monopleuricky, a to směrem dovnitř. Diferencuje se z něho jednak základní pletivo, jež záhy přechází ve sklerenchym, jednak nové svazky cévní. Tyto však vznikají (tak), že z kambia se diferencuje nejdříve xylem, potom floem, takže kambium neprochází svazkem, ale zůstává stále vně souboru svazků cévních. Vzniklé svazky jsou tedy uzavřené (obr. 138.)

Felogen je další druhotný meristem. Felogen vzniká běžně i u jednoděložných rostlin, a to i u těch, jež druhotně netloustnou, takže na starších osách a oddenciích nalézáme pravidelně korek. Produkuje druhotnou kůru.

Činností kambia přibývající dřevo a lýko záhy svým tlakem roztrhává primární kůru a epidermis. Z počátku se tyto trhliny vždy zahojí, takže u některých druhotně tloustnoucích

stonků se tato pletiva udrží ještě několik let (růže, javor). U jmelí vytrvává pokožka a primární kůra po celý život tím, že stále plošně dorůstá (dilatace). Jinak však dříve nebo později vzniká felogen, jenž produkuje druhotná pletiva, nahražující roztrhanou pokožku a kůru.

Felogen vzniká nejčastěji přímo z podpokožkové vrstvy buněk (střemcha, višeň), někdy přímo z pokožky (jabloň, vrba, hrušeň, jeřáb), řídčeji se zakládá hluboko v primární kůře někdy až v endodermis (rybíz), případně v pericyklu (šípek, malina).

Vrstva buněk, z nichž se tvoří felogen, se rozdělí tangenciálními přehrádkami ve tři vrstvy. střední vrstva funguje jako vrstva iniciál (felogen). Produkuje buňky uspořádané do radiálních řad (charakter druhotných pletiv). Může fungovat dipleuricky nebo monopleuricky. V prvém případě produkuje směrem vně korek a dovnitř tzv. "zelenou kůru" čili felodermu. Soubor všech tří vrstev, korku, felogenu a felodermu je druhotná kůra - periderm. V případě, že felogen pracuje monopleuricky, produkuje pouze korek - suberoderm.

D r u h o t n á s t a v b a s t o n k u .

(Druhotná pletiva.)

Korek - suberoderm.

Při druhotném tloustnutí stonku po rozrušení pokožky, zastává její funkci druhotné pletivo korek. Korek je součástí komplexu tkání nazvaného periderm (druhotná kůra) a produkovaného felogenem.

Korek sestává z destičkovitých buněk, seřazených v pravidelné radiální řady bez jakýchkoliv interecelulár. Blány buněk korku mají několik vrstev, lamel. Střední lamela (mezibuněčná hmota) je obyčejně zdřevnatělá, k ní přiléhají s obou stran vrstvy suberinové a na ně ještě nejmladší vrstvy celulosní. Ty mohou chybět.

Suberinová vrstva blány buněčné je nepropustná pro vodu i plyny. Proto protoplasty buněk korkového pletiva záhy odumírají. Buňky korku jsou potom mrtvé, prázdné, vyplněné pouze

vzduchem. Mohou být všechny tenkoblanné (střemcha) (obr.139.), nebo se mohou střídat vrstvy buněk tenkoblanných a tlustoblanných, např. u břízy (obr. 140.). U borovice se střídají tenkoblanné slabě zkorkovatělé vrstvy s tlustoblannými vrstvami, jež nemají blány zkorkovatělé, ale zdřavnatělé. Tyto vrstvy se nazývají feloid. Soubor střídajících se vrstev korku a feloidu se nazývá felem.

Blány buněčné mohou být ztloustlé rovnoměrně nebo mohou být ztloustlé pouze radiální stěny a to na vnější straně (některé vrby) nebo na vnitřní straně (kalina).

Mrtvé korkové buňky obsahují vzduch nebo různé látky třísloviné, pryskyřičné apod. Bílá barva kůry bříz je způsobena betulinem, jenž vyplňuje buňky jako jemně zrnitá, bílá hmota.

Epidermis, případně primární kůra, pod níž se vytvořila vrstva korku, záhy odumírá, neboť korek přerušil k ní přístup živin a vody. Odumřelá epidermis nebo vrstvy primární kůry se potom odloupnou, takže korek zůstává jako druhotné pokožkové pletivo. V našich krajích se korek tvoří na mladých letorostech koncem léta. Projeví se to zhědnutím dosud zelených větévek. Felogen se však zakládá již v červnu a v červenci.

Vznik felogenu a tvorba korku jsou charakteristické pro semenné rostliny. Výtrusné cévnaté nevytvářejí felogen. U kapradin však někdy dodatečně zkorkovatí epidermis a kůra tím, že se v blanách jejich buněk vytváří korková lamela. Obyčejně však kapradiny mají impregnovány blány epidermis a kůry hnědou látkou, značně odolnou vůči vnějším vlivům.

Korkové pletivo nepropouští vodu a plyny, špatně vede teplo, je pružné a dosti pevné, takže lépe chrání vnitřek stonku proti nepříznivým vnějším vlivům než epidermis. Poněvadž korek je dobrým tepelným isolátorem, chrání vnitřní pletiva rostliny, jak proti mrazu, tak proti vysokým teplotám nebo velkým střídáním teplot.

L e n t i c e l y (č o č i n k y). Poněvadž suberoderm je neprostupný pro plyny, musí zde býti speciální zařízení, umožňující výměnu plynů mezi vnějším ovzduším a vnitřními pletivy. Jsou to lenticely (čočinky) (obr. 141.), čočkovité otvory v korku, vyplněné merenchymatickým pletivem, jež zabraňuje vniknutí cizích organismů do nitra kmene, nezabraňuje však výměně plynů, jež mohou intercelulárami snadnou prouditi.

Toto výplňové pletivo je produkováno felogenem. Na podzim se lenticely uzavírají tím, že felogen vytvoří pod lenticelou tenkou korkovou vrstvičku bez intercelulár. Na jaře felogen produkuje zase nový vyplňový merenchym, jenž protrhne korkovou destičku.

Výplňové pletivo působí, že lenticely vystupují nad okolní korek jako malé bradavičky elipsovitého nebo vřetenovitého obrysu. Bývají orientovány na kmenu nebo větvi podélně, někdy i příčně (bříza). Jestliže se korek zakládá hned pod pokožkou, vznikají lenticely obyčejně pod průduchy. Vzniká-li korek v hlubších vrstvách, není žádné závislosti mezi polohou lenticel a polohou průduchů. Lenticely chybí jen u několika málo druhů rostlin, u nichž procházejí mezibuněčné prostory dřeňových paprsků peridermem až na povrch stonku (např. réva, plamének, zimolez, pustoryl).

T e c h n i c k ý k o r e k pochází z dubu korkového, Quercus suber. Tento dub roste jako lesní strom v západních zemích u Středozemního moře.

Asi z patnáctiletých kmenů a větví se slupuje prvý korek. Má nepatrnou cenu, neboť je značně nesourodý, obsahuje mnoho kamenných buněk. Dobrý korek se získává teprve při pozdějším loupání, jež se opakuje každých osm až deset let. Po prvém oloupání se totiž založí nový felogen, který již vytváří stejnoměrnou vrstvu pružného, dobrého korku. Nejlepší korek a v největším množství (50-200 kg) skýtají stromy přes 100 let staré. Ze zcela mladých stromů se získá sotva 3-10 kg korku. Sloupnuté desky jsou 5-10 cm tlusté. Střídají se v nich radiální řady tenkoblanných a tlustoblanných buněk. Technický korek obsahuje 70-80% suberinu. Kromě Quercus suber poskytuje ještě korek Quercus pseudosuber ve střední Italii a Provenci v jižní Francii, Quercus Morisii na Sardinii a Quercus occidentalis v jižní Francii.

Borka - rhytidoma.

Jen u malého počtu stromů tvoří samotný korek krycí pletivo po celý život. Tak je tomu např. u buku, kde tentýž felogen vytrvává po celý život stromu a stále nahrazuje při tloustnutí kmenu popraskaný a v tenkých šupinkách odpadávající starý korek. Proto povrch kmene buku zůstává stále hladký.

U velké většiny stromů první felogen po nějakém čase zastaví svou činnost a hlouběji se vytvoří nový, který produ-

kuje opět vrstvy korkového pletiva. To se čas od času opakuje. Vlivem nepropustnosti korku, vše, co leží od této korkové vrstvy vně, odumírá. Celá vrstva těchto odumřelých pletiv se nazývá borka (obr. 142.). Je tedy borka soubor primárních i sekundárních odumřelých pletiv, která leží navenek korku, vytvořeného následnými felogeny. Se vznikem borky mizí obyčejně lenticely. Pouze u některých stromů, např. třešně, břízy, setrvávají i na borce jako příčné proužky.

Tloustnutím kmene se borka rozpíná a vznikají v ní trhliny. Povrch borky je charakteristický pro různé druhy stromů a souvisí s odpadáváním starých vrstev. Jestliže následné felogeny tvoří souvislé, cylindrické pláště, vzniká borka plášťová. Setkáváme se s ní u břízy, třešně, révy. Odlupuje se jako velké příčné pruhy. Šupinovitá borka vzniká tím, že následné felogeny tvoří ohraničené menší okrsky, připojující se svými okraji k původnímu felogenu. Borka se potom odlupuje v podobě různě velkých šupin (smrk, borovice, platan). U některých stromů (dub, hruška) starší části borky vůbec neodpadávají, takže borka těchto stromů je velice silná, podélně nebo příčně hluboce rozbrázděná.

Většinou je borka zbarvena hnědě od derivátů tříslovin. V borce jsou třísloviny velice rozšířeny, a proto kůry četných stromů, např. dubu, smrku nebo vrb jsou důležitou surovinou jako tzv. třísla pro kožařský průmysl. Technicky se pod pojmem kůra zahrnují všechna pletiva oddělená od dřeva kambiem, ne tedy jen prvotní a druhotná kůra, ale ještě i lýko.

Dřevo - deuteroxylem.

Deuteroxylem je veškerá hmota, vytvářená kambiem směrem dovnitř kmene. Anatomie dřeva je složitější než primárních pletiv dřevní části svazků cévních. Rozmanitost v anatomické stavbě je tak velká, že podle ní lze určiti původ příslušného dřeva.

Na příčném řezu dřevem kmene pozorujeme ve středu nepatrnou dřeň (1.2 mm v průměru, u černého bezu až 10 mm). Dřeň bývá obyčejně kruhovitá, u olše trojboká, u topolu pětiboká, u dubu pěticípá. Ke dřeni přiléhá úzký pruh primárního dřeva, tzv. korunka. Potom je značně silná vrstva starého druhotného dřeva, jehož cévy již nefungují. Je to tzv. jádro. V jeho buň-

kách jsou uloženy třísloviny a tmavě zbarvené produkty jejich oxydace. Je proto jádro obyčejně tmavě zbarvené, u tropického stromu Diospyros ebenum je stejnoměrně sytě černé (eben). Cévy bývají ucpány pryskyřicemi, klejem nebo thylami. Nejzevnější světlá vrstva dřeva se nazývá běl čili splint. Dřeva ze stromů, u nichž není zřetelného rozdílu mezi jádrem a bělí, se nazývají splintová (buk). Dřeva, kde je tento rozdíl zřetelný, jsou dřeva jádrová, např. olše a borovice. Jádrová dřeva mnohých tropických stromů obsahují různá technicky důležitá barviva. Z kampešky (Haematoxylon campechianum) se získává haematoxylin, fernambuk (Caesalpinia echinata) skýtá červený brasilein, Maclura tinctoria žlutý morin.

Po stránce fysiologické má dřevo trojí úkol: Především vede vodu a roztoky živných solí (cévy), dále je pletivem mechanickým, tvoříc pevnou kostru rostlinného těla a konečně je i pletivem zásobním. V dřevním parenchymu stromů se ukládá zásobní škrob.

Stavební jednotky dřeva jsou tracheje, tracheidy, dřevní parenchym, dřeňové paprsky a sklerenchymatická vlákna. Cévy svou šířkou podmiňují hrubou nebo jemnou pórovitost dřeva.

1. T r a c h e j e a t r a c h e i d y . Kdežto v protoxylemu jsou cévy pouze kruhovitě nebo šroubovitě ztloustlé a teprve v metaxylemu se objevují také cévy schodovité a dvůrkaté, převládají v deuteroxylemu cévy dvůrkatě ztloustlé. Dvůrky bývají kruhovité, eliptické nebo skulinovité.

Tracheje jsou značně širší a delší než tracheidy. Dosahují délky od jednoho do několika desítek metrů. U některých listnatých stromů, např. u jasanu, dubu, jilmu, kaštanu jsou velké tracheje pouze v jarním dřevě. To je kruhovitě pórovité dřevo. Olše, buk, bříza, lípa mají roztroušeně pórovité dřevo. Velké tracheje jsou tu stejnoměrně roztroušeny po celé ploše příčného řezu. Jestliže jsou tracheje na příčném řezu kmenem uspořádány do paprsčitých, zprohýbaných řad, vznikají tzv. dřeva plamenitá (cesmina, řešetlák). Tracheje chybí jehličnatým stromům.

Tracheidy jsou značně užší než tracheje a jen o málo delší než kambiální buňky. U listnatých stromů jsou vždy kratší

než 1 m, u jehličnatých jsou dlouhé několik mm. Krytosemenné rostliny mají ve dřevě tracheje i tracheidy (heteroxylie), nahosemenné jen tracheidy (homoxylie). Velké tracheidy mají dvůrky na radiálních stěnách, malé i na tangenciálních.

Thyly. Cévy fungují průměrně 3-7 let, nejdéle 10 let. Nefungující cévy zarůstají thylami (obr. 143.). Jsou to vakovité vychlípeniny sousedních parenchymatických buněk, vrůstající po rozpuštění stěny dvůrků do cév. Cévy jsou potom ucpány jakoby tenkoblanným parenchymem. Na podzim se v nich často hromadí škrob. Význačné thyly najdeme v nefungujícím jádrovém dřevě akátu. U jilmu, javoru, buku, bývají často vyřazené cévy ucpány uhličitanem vápenatým. U mnohých tropických stromů, např. v dřevě teakovém (Tectona grandis z čeledi Verbenaceae z Indie) jsou staré cévy vyplněny amorfní kyselinou křemičitou.

2. Dřevní parenchym je tvořen v druhotném dřevě tenkoblannými tečkovanými buňkami s hojností husté cytoplasmy. V zimě se v nich hromadí škrob a olejové krůpěje. Zůstávají velmi dlouho živé, odumírají teprve v jádrovém dřevě. Tu bývají vyplněny třísloviny nebo pryskyřicemi. Dřevní parenchym vyplňuje prostory mezi cévami. Jeho buňky jsou dvojí. Jedny jsou poměrně krátké, pouze dvakrát až pětkrát delší než jsou široké, tedy obdélníkovitého průřezu, seřazené do svislých řad. Druhé jsou silně protáhlé, s velmi šikmými příčnými přehrádkami, takže jsou na konci protáhle zašpičatělé. To jsou tzv. parenchymatické buňky náhradní. Mohou být tak silně protáhlé, že mají tvar vláknitý. To jsou parenchymatická vlákna náhradní (obr. 144.). Tvoří se v nich obyčejně druhotně tenké příčné přehrádky. Dřevem četných jehličnatých stromů probíhají podélně pryskyřičné kanálky.

3. Dřeňové paprsky rozeznáváme primární, jež spojují vždy dřeň s primární kůrou, a sekundární, jež nezasahují až do dřeně. Na příčném řezu tvoří paprsčitě se rozbíhající řady buněk. Na podélném tangenciálním řezu jsou příčně prořízuty a proto se jeví jako krátké čárky nebo útvary čočkovitého obrysu (obr. 145.). Na radiálním řezu tvoří dlouhé řady přetínající podélnou strukturu dřeva (tzv. zrcadélka) (obr. 146.). Dodávají svou stejnou (četné jehličnany) nebo

nestejnou šířkou (dub, buk, javor) dřevu charakteristický ráz. Jsou-li jednovrstevné, čárkovité, je štěpná plocha dřeva rovná, jsou-li vícevrstevné, čočkovitého průřezu, je štěpná plocha dřeva nerovná.

U jehličnatých stromů jsou okrajové buňky dřeňového paprsku mrtvé, prázdné; fungují jako tracheidy, rozvádějíce vodu ve vodorovném směru a proto bývají nazývány "ležaté tracheidy". U borovice, modřínu a smrku probíhá radiálně středem dřeňového paprsku pryskyřičný kanálek, vystlaný tenkoblanným epitelem (parenchymatická výstelka), vylučujícím do kanálku pryskyřici (obr. 145.).

Listnaté stromy mají dřeňové paprsky pouze ze živých parenchymatických buněk. Střední buňky jsou ležaté, okrajové obyčejně stojaté. V rozích mezi buňkami dřeňových paprsků probíhají radiálně mezibuněčné skuliny, umožňující pronikání plynů i k pletivům položeným dále od kůry. Obvodové buňky paprsku (stojaté) mají ztenčeniny ve stěnách, sousedících s cévami. Vnitřní (ležaté) buňky jsou protáhlé v radiálním směru a mají ztenčeniny na příčných přehrádkách. Z toho lze soudit, že vodí živné látky v radiálním směru (obr. 147.).

Buňky dřeňových paprsků žijí mnohem déle než ostatní buňky kmenu. I v jádrovém dřevu jsou živé dřeňové paprsky. Věk, jehož dosahují, se dá poměrně snadno zjistit podle letokruhů. Spočítáme od kůry začínajíce všechny letokruhy, jež protíná ta část dřeňového paprsku, která je ještě z živých buněk. Obyčejně napočítáme asi 80 letokruhů. I u velmi starých stromů nebyly nalezeny starší živé buňky než 80 až 100 let.

4. S k l e r e n c h y m a t i c k é b u ň k y jsou prosenchymatické, protáhle zašpičatělé, tlustostěnné. Jsou to tzv. libriformní vlákna. Jejich stěny mají obyčejně jen málo šikmých, čárkovitě štěrbinovitých "ztenčenin". Jsou vpleteny mezi ostatní buňky dřeva a dodávají mu pevnosti. Záhy odumírají a potom obsahují plyny nebo vodu. Vyskytují se pouze ve dřevě listnatých stromů (obr. 148.).

Technický význam dřeva.

Dřevo jako materiál stavební a truhlářský. Přímo se používá dřeva jako materiálu stavebního, truhlářského a jako paliva.

Dřevo různých stromů se značně liší nejen svým vzhledem, ale i svými vlastnostmi. Proto k různým účelům volíme vždy nejvhodnější dřeva. Především bereme zřetel nato, je-li dřevo měkké nebo tvrdé. Nejtvrdší jsou cizí dřeva, např. teakové (Tectona), ebenové (stromů z čeledi Ebenaceae), železné ze stromů rodů Casuarina, Mesua ferrea, Fagara pterota aj. Z evropských dřevin má nejtvrdší dřevo zimostráz (Buxus sempervirens). Používá se ho k hotovení dřevorytů a k různým řezbářským pracem. Jeho tvrdost se vyrovná asi kosti. Z našich dřevin má nejtvrdší dřevo hloh. Tvrdé dřevo skýtá višeň, platan, habr, tis, javor; dosti tvrdé akát, jilm, jasan, švestka, mahalebka; méně tvrdé jabloň, hrušeň, buk, dub. Měkké dřevo má bříza, olše, smrk, borovice, jedle, modřín, kaštan. Velmi měkké je dřevo lípy, topolů, vrb. Pokud jde o trvanlivost vůči vlhku, závisí tato na obsahu třísloviny a pryskyřic. Proto pro vodní stavby se používá nejvíce dřevo dubové, olšové, modřínové a borové. Tvrdá dřeva se používají hlavně v nábytkářství a řezbářství. Jako stavebního dřeva se nejvíce používá dřeva smrkového a sosnového.

Výroba buničiny a papíru.

Dřevo je i důležitou surovinou pro průmysl chemický. Suché dřevo obsahuje 60-65% buničiny, jež se z dřeva získává. Dřevo jehličnatých stromů obsahuje více celulosy než dřevo stromů listnatých. V papírnách a celuloskách se kůry zbavené dřevo drtí. Nejjednodušší je výroba kartonů a lepenky. Vyrábějí se přímo z dřevní drti. Novinový papír obsahuje 70-85% dřevní drti, kaolin a přídavek celulosy. Také balicí papír je převážně z dřevité drti. Floroglucinolovou reakcí v těchto druzích papíru zjistíme přítomnost ligninu. Papír z dřevité drti má nepatrnou trvanlivost a brzy, zvláště na světle, žloutne. Ostatní lepší druhy papíru jsou z celulosy (reakce chlorzinkjodem). Z dřevné drti se musí nejprve odstranit necelulosní součásti. Drť se vaří pod tlakem v roztoku louhu sodného nebo kyselého siřičitanu vápenatého. Tím se odstraní lignin, pryskyřice a třísloviny. Ze získané vláknité kaše se lisuje papír savý a filtrační nebo po přidání různých pojiv tzv. papír klížený (psací). Jméno dostal papír podle egyptských "papyrů", vyráběných v Egyptě již před 4000 lety. Papyry vyráběli Egypťané z bílé dřeně šachoru Cyperus papyrus. Proužky dřeně kladli vedle sebe a křížem přes sebe, vše slisovali a sušili. Papír podobný našemu vyráběli Číňané již ve druhém století po Kristu z plsti lýkových vláken morušovitého keře Broussonetia papyrifera. Ts´ai-Lun zdokonalil výrobu a jako suroviny používal i rýžové slámy, sklerenchymu ze stébel bambusu, vláken konopných a hadrů. Od Číňanů se naučili záhy výrobě papíru i Japonci. V osmém století po Kristu vyrábějí papír již také Arabové, kteří se jeho výrobě naučili od čínských zajatců. Vyráběli ho však výhradně z hadrů. Arabové při obsazení Španělska v jedenáctém století zanesli tam i znalost výroby papíru. Odtud se rozšířila do Francie a Italie a dále do střední Evropy.

Buničina je také výchozí látkou pro výrobu kolodia, celuloidu, celofánu, bezdýmného střelného prachu, umělého hedvábí a buničité stříže.

Rovněž odpadové sulfitové louhy obsahují asi 50% původní

dřevoviny a nevypouštějí se dnes do řek (kde otravovaly vodu), ale zužitkovávají se. Po odstranění volné H_2SO_4, po neutralisaci a zahuštění se používají přímo jako lepidla. Zuhelnatěním odpadních louhů se vyrábí tzv. "aktivní uhlí", jež se používá jako absorpční materiál. Zkvašováním v louzích přítomného cukru se vyrábí líh. Z louhu se získává lignosulfonan sodný, jenž je výchozí surovinou pro výrobu různých pracích prostředků, plniděl do mýdel apod.

Druhotné lýko.

Druhotné lýko stejně jako lýko primární se skládá ze sítkovic, parenchymatických buněk průvodních, lýkového parenchymu, jenž často obsahuje buňky s obsahem šťavelanu vápenatého nebo tříslovin, a z tvrdého lýka, tvořeného sklerenchymatickými, více nebo méně zdřevnatělými vlákny. Sklerenchymatická vlákna čili librosklereidy jsou velmi dlouhé, zašpičatělé, mrtvé buňky s velmi ztloustlými stěnami. Pro jejich délku a pevnost se jich používá jako vláken textilních. V druhotném lýku mohou být sklerenchymatická vlákna nepravidelně roztroušena, nebo se střídají soustředné vrstvy měkkého a tvrdého lýka (lípa, ořešák, jehličnaté stromy). Někdy v druhotném lýku sklerenchymatická vlákna chybějí a místo nich jsou krátké sklereidy (kamenné buňky). K těmto elementům přistupují v druhotném lýku ještě tzv. buňky kambiformní. Jsou to živé, dlouhé, tenkoblanné, prosenchymatické buňky, na koncích silně tečkované. Později bývají dodatečně příčnými stěnami rozděleny v kratší články. Jsou analogické náhradním buňkám a vláknům dřevního parenchymu (obr. 149.).

Druhotné lýko některých rostlin je prostoupeno sítí mléčnic.

Dřeňové paprsky v lýku. Primární dřeňové paprsky pronikají z kůry lýkem a dřevem až ke dřeni, druhotné končí v lýku a dřevě slepě. Jejich anatomická stavba je u krytosemenných rostlin jednodušší než ve dřevě. Není valného rozdílu mezi vnějšími a vnitřními vrstvami paprsku (obr. 147.).

U nahosemenných rostlin jsou střední buňky radiálně protáhlé, okrajové, tzv. Strasburgerovy buňky, jsou bohaté bílkovinami a těsně se přikládají k sítkovicím v náhradu za parenchymatické buňky průvodní (obr. 146.). Přijímají pravděpodobně od sítkovic ústrojné živiny, jež z nich přecházejí do středních, radiálně protáhlých buněk, které je rozvádějí v radiálním směru do dřeva, kde se jejich přebytky ukládají.

Vrstva druhotného lýka je proti vrstvě dřeva velmi slabá. Je to způsobeno tím, že kambium produkuje mnohem méně lýka než dřeva. U některých stromů fungují sítkovice rok až dva, u lípy až 4 roky, pak odumírají a jsou okolním pletivem rozmačkány. Parenchymatické buňky jsou na živu poněkud déle. U nahosemenných odumírají Strasburgerovy buňky současně se sítkovicemi.

Dosti často pozorujeme na příčném řezu kmenem, že lýko je pravidelně vrstevnaté v soustředných kruzích. Nejsou to však letokruhy. Tak např. u lípy vidíme střídání kruhů sklerenchymu, lýkového parenchymu, sítkovic, opět lýkového parenchymu a sklerenchymu atd. (obr. 150.). U jiných stromů, kde sklerenchym je v lýku roztroušen, je vrstevnatost druhotného lýka sotva patrná. Jsou proto i roční přírůstky těžko rozeznatelné. Periodická činnost kambia se totiž při tvorbě lýka neprojevuje tak, jako při tvorbě dřeva. Kambium produkuje lýko dlouho do zimy, někdy i přes celou zimu, pokud jen to dovolí počasí.

T e x t i l n í v l á k n a .

Sklerenchymatická vlákna mnohých rostlin, zvlášť pokud nejsou příliš zdřevnatělá a krátká, jsou velmi cennou surovinou. V praxi bývají zahrnována pod společný název "lýkových vláken". Tento název není však zcela správný, neboť tato vlákna nemusí vždy náležet k lýku, ale mohou být i součástí pericyklu.

Z našich stromů má technický význam lýko lipové. Jeho vláken používají občas zahradníci. (Jinak tzv. zahradnické lýko pochází z palmy Raphia.) Japonská Broussonetia papyrifera poskytuje lýko, z něhož se vyrábí velmi jemný a pevný, tzv. japonský papír.

Některé rostliny se pro vlákna, jichž se používá jako přediv, pěstují. U nás se pěstují jako textilní rostliny len a konopí. Jednotlivá buněčná vlákna lnu jsou 20-50 mm dlouhá, 12-27 mm široká, téměř válcovitá, podélně pruhovaná s význačnými, šikmo posunutými stěnami (kolénka) (obr. 151.). Na příčném průřezu jsou pěti nebo šestiúhelníková. Vnitřní lumen mají proti vláknům konopným nepatrné, čárkovité. Nejsou zdřevnatělá. Ze sušených lodyh se vlákna uvolňují buď tzv. rose-

ním nebo máčením. Při rosení se nať rozprostře v tenké vrstvě na louce nebo strništi a vystaví se po dobu 4-8 týdnů účinkům rosy a slunce. Při máčení se snopky ponechávají ve studené vodě 2-3 týdny nebo v zahřáté 2-3 dny. Při tomto pochodu se rozruší mezibuněčná hmota ostatních pletiv a vlákna se uvolní. Máčený len se suší a potom láme, čímž se rozdrobí dřevnaté části, jež odpadají jako tzv. pazdeří. Potěráním se odstraní poslední zbytky dřevoviny a surový len se česáním (vochlováním) zbaví krátkých vláken, tzv. koudele. Získaná technická vlákna jsou svazky sklereid. Bývají 20-140 cm dlouhá.

Konopí (Cannabis sativa) se zpracovává podobně jako len. Buněčná vlákna jsou 5 až 55 mm dlouhá, 15 až 50 mm široká, dosti podobná vláknům lněným. Dutinka (lumen) na rozdíl od lnu je široká. Stěny jsou slabě zdřevnatělé (floroglucinolová reakce), podélně rýhované (obr. 152.). Technické vlákno je jeden až dva metry dlouhé, není tak lesklé a hladké jako vlákno lnu. Špatně se bílí. Konopná vlákna se používají k výrobě provazů a pytlů.

Z cizích rostlin se zpracovávají lýková vlákna kopřivovité rostliny Boehmeria z Východní Asie a z Australie. Surovina přichází do obchodu pod názvem ramie. Z vláken druhů Boehmeria tenacissima a frutescens se hotoví lodní lana a rybářské sítě, z vláken druhu Boehmeria nivea nejjemnější bílé tkaniny. Juta jsou vlákna jutovníku (Corchorus), pěstovaného zvláště v Indii, Číně, Alžíru a na ostrově Mauritiu. Zpracovává se na provazy, pytle, koberce a papír.

Jednoděložné rostliny poskytují jako textilní vlákna nejen sklerenchymatické provazce, ale často i celé svazky cévní. Manila jsou vlákna z cévních svazků banánu Musa textilis. Sisal jsou vlákna z dužnatých listů Agave sisalana. Koir jsou vlákna z mesokarpu kokosových ořechů (Cocos nucifera). Pletou se z nich provazy, lana, koberce a rohože.

Důležitou textilní surovinou jsou dlouhé jednobuněčné chlupy ze semen bavlníku (Gossypium barbadense, G. arborum, G. herbaceum). Bavlnu rozeznáváme pod drobnohledem od ostatních rostlinných textilních vláken podle tenkých stěn, charakteristického smáčknutí a zkroucení vláken (obr. 153.). Chlupy bavlníku jsou z poměrně velmi čisté celulosy (reakce chlorzinkjodem).

Kapok jsou jednobuněčné chlupy ze semen různých tropických stromů, např. Eriodendron anfractuosum, Bombax aj. Chlupy jsou krátké, půl až tři centimetry dlouhé, takže se nehodí za předivo a používají se k vycpávkám.

2. Anatomie kořene.

Kořen se liší od stonku tím, že jeho vrchol je kryt kořenovou čepičkou, má jediný radiální svazek cévní a je pokryt pokožkou bez průduchů a bez kutikuly. Kořeny mohou být podle své funkce tvarově proměněny. Proměnlivost je tu však značně menší než u listu. Za typický považujeme kořen absorpční, jímž rostlina čerpá z půdy vodu a v ní rozpuštěné minerální živiny. Bezkořenné jsou vodní rostliny růžkatec, bublinatka, nepukalka, Wolffia a saprofytické vstavačovité: sklenobýl a korálice.

Primární stavba kořene.

Čepička (calyptra).

Chrání jemný kořenový vrchol při prodírání půdou. Chybí kořenům kotvice vzplývavé.

U většiny kapraďorostů vzniká čepička činností terminály stejně jako ostatní pletiva kořene. Na jejich kořenovém vrcholu je pouze jediná iniciála tetraedrického tvaru, která postupně odděluje vždy tři segmenty pro kořenový vrchol a jeden pro čepičku (obr. 154.). U některých plavuňovitých je již na kořenové špičce více iniciál.

U semenných rostlin vzniká čepička buď činností speciálního meristemu - kalyptrogenu (většina jednoděložných), nebo kořen i čepička mají jeden společný protomeristem (obr. 155., 156.).

Čepička sestává z mírně oploštělých parenchymatických buněk. Buňky zevních vrstev postupně odumírají, zeslizovatí a jsou nahrazovány novými, produkovanými meristemem, takže čepička stále dorůstá. Střední část čepičky je tzv. sloupek - columella. V jeho buňkách je přesypavý statolithový škrob. Přesypavý škrob chybí ve vzdušných kořenech některých epifytů. Ke sloupku se přikládají vrstvy buněk klínovitého tvaru zvané Δ buňky.

Jakmile kořen zarazí svůj růst, lhostejno zda trvale či dočasně, nastává metakutisace čepičky. Buněčné blány zevních vrstev čepičky dřevnatějí a přikládá se k nim terciární vrstvička korková. Metakutisované vrstvy čepičky se připojují

k obdobně metakutisované interkutis vlastního kořene. Metakutisaci pozorujeme u dvou- a víceletých kořenů při opadávání listů. Nastává vždy, jakmile v rostlině ustal transpirační proud vody. Zabraňuje se jí vyluhování živných látek z kořene po dobu jeho odpočinku. Na jaře se dalším růstem kořenu metakutis roztrhá a je odvržena.

Systémy primárních pletiv v kořeni.

Systém pletiv pokožkových je u mladých, dosud druhotně neztloustnoucích kořenů, representován kořenovou pokožkou - rhizodermis.

Systém pletiv vodivých tvoří jediný radiální svazek cévní.

Pletiva základní tvoří primární kůru s příslušnými pochvami, perikambium a pletiva mezi partiemi floemu a xylemu ve svazku cévním. U tlustých kořenů je i střed svazku vyplněn základním parenchymem (obr. 161.B).

Rhizodermis.

Kořenová pokožka se anatomicky liší od pokožky stonků a listů. Byla proto nazvána rhizodermis čili epiblem. Postrádá průduchy a kutikulu. Nejčastěji je jednovrstevná. Její blány jsou celulosní, vnější vrstvy jsou kutinisovány. Ze všech nebo pouze z určitých buněk rhizodermis, tzv. trichoblastů, vyrůstají vychlípením trichomy, kořenové vlásky. Trichoblasty jsou bohaté plasmou a vyznačují se velkým jádrem.

Kořenové vlásky (obr. 157.) jsou absorpčními orgány kořenů. Jsou jednobuněčné, jednojaderné. Mohou být jednoduché nebo rozvětvené (vrby, lomikameny, řepka). Jejich blány snadno zeslizovatí a přilepují se k půdním částicím. Konce vlásků v půdě kyjovitě nebo nepravidelně laločnatě nadouvají (obr. 158.). Kořenové vlásky nejsou po celé délce kořene, ale vyrůstají v určité vzdálenosti od vrcholu v místech, kde přestává dělení a nastává prodlužování buněk (prodlužovací zóna). Vlásky mají jen krátký život. Jakmile vlásky vyčerpají živiny z půdy, odumírají a s nimi odumírá i rhizodermis.

Tak, jak kořen postupně prorůstá půdou, tvoří se poblíž vrcholu stále nové vlášení, zatím co vzdálenější postupně odumírá. U vodních rostlin a u některých kapraďorostů vytrvávají kořenové vlásky po celý život.

Některé rostliny, např. některé druhy šafránů, vůbec nemají kořenových vlásků. Jindy se netvoří kořenové vlásky za určitých vnějších podmínek. Kořeny kuchyňské cibule netvoří kořenových vlásků ve vodě, tvoří je však v půdě a ve vlhkém vzduchu. Četné vodní rostliny, jako Helodea (Anacharis), Vallisneria, puškvorec, mají kořenové vlášení pouze na kořenech zavrtaných do bahna. Kořeny, čnějící volně do vody, jsou bez vlášení. Z hlízek a cibulek četných liliovitých rostlin vyrůstají na podzim kořínky bez vlášení, na jaře s vlášením.

V í c e v r s t e v n á r h i z o d e r m i s je poměrně vzácná. Mají ji některé druhy chřestů. Také tzv. velamen na vzdušných kořenech epifytů je vícevrstevná pokožka (viz dále).

Primární kůra

náleží k systému pletiv základních. Je třívrstevná. Nejmocnější je vrstva střední. Obě okrajové vrstvy jsou vyvinuty jako pochvy, exodermis a endodermis.

E x o d e r m i s . Přímo pod rhizodermis je hypodermis, jež se v kořenech obyčejně diferencuje jako exodermis neboli interkutis. Je tvořena z buněk těsně k sobě přiléhajících bez jakýchkoliv interceluláre. Původně jsou její buněčné blány celulosní, později dřevnatějí a přikládají se k nim směrem do nitra buňky vrstvičky suberinové (metakutisace). Po odumření rhizodermis, převezme exodermis funkci ochranné zevní vrstvy. V případě, že se v interkutis tvoří korkové lamely ještě před odumřením pokožky, jsou mezi jejími buňkami vtrcušeny ojedinělé krátké buňky s celulosní blanou, tzv. buňky propustné, jež umožňují pronikání roztoků. Později se i na jejich vnitřních, tangenciálních stěnách usazuje vrstva suberinu a stanou se nepropustnými.

Exodermis může být jednovrstevná nebo vícevrstevná. Typická jednovrstevná exodermis s propustnými buňkami je pod velamem vzdušných kořenů. U mnohých vodních rostlin (např. u vodanky), ale i u některých suchozemských dvouděložných

(např. u konopí, rdesna, hrachu) a u většiny kapradin se exodermis nediferencuje. Nejlépe je diferencována u jednoděložných rostlin, u nichž se netvoří druhotná kůra. U některých, např. u palmy datlové a dosny se v mládí buňky exodermis několikrát dělí tangenciálními přehrádkami, takže vznikne mnohovrstevná exodermis, jež po metakutisaci svým vzhledem i funkcí odpovídá vrstvě korku. U některých nahosemenných rostlin je exodermis z buněk Φ (radiální jejich stěny jsou uprostřed pruhovitě, na příčném řezu čočkovitě ztloustlé). K vlastní exodermis se někdy připojují bez intercelulár vrstvy kolenchymatické nebo sklerenchymatické, jež ještě patří k hypodermis.

V l a s t n í s t ř e d n í k ů r a je obyčejně parenchymatická. Buňky pod hypodermis jsou hranaté a čím dále do nitra kořene se zakulacují, takže mezi nimi vznikají stále větší mezibuněčné prostory. U mnohých vodních rostlin a některých rostlin, rostoucích na zaplavovaných místech, jsou v kořenové kůře mezibuněčné vzdušné kanálky, takže můžeme mluvit o aerenchymu. Experimentálně bylo zjištěno na pšenici a kukuřici, že vývin systému mezibuněčných prostor v kořenové kůře je v přímé závislosti na provzdušení substrátu, v němž kořen roste. Ve vodních kulturách se vyvíjely velké vzdušné mezibuněčné kanály, jež v kulturách na písku chyběly nebo byly nepatrné.

Kůra bývá prostoupena i pletivy mechanickými, zvláště u vzdušných kořenů. Většinou tato pletiva jsou ve vnitřních vrstvách kůry, sousedících s endodermis. Jsou to pletiva kolenchymatická (mochna) nebo sklerenchymatická (kapradiny) nebo z buněk ztloustlých ve tvaru V, C (jednoděložné) nebo Φ (nahosemenné).

V kořenové kůře mohou být i exkreční mezibuněčné kanály (mrkvovité), nebo článkované i nečlánkované mléčnice. V buňkách kůry se ukládá škrob a jiné zásobní látky, funguje tedy jako pletivo zásobní. Korové buňky pod exodermis vzdušných kořenů obsahují chloroplasty.

E n d o d e r m i s je nejvnitřnější vrstva kůry. Tvoří pochvu kolem svazku cévního. Je jednovrstevná. Její buňky těsně k sobě přiléhají bez intercelulár. Během svého vývoje prodělává několik stadií.

Z počátku je endodermis tvořena z tenkoblanných, parenchymatických buněk hranolového tvaru. Stěny buněk jsou celulosní. Radiální stěny ztloustnou v úzkém proužku, jenž je vyztužuje. Tyto proužkovité ztlustliny, jevící se na příčném řezu jako čočkovité body, se nazývají Caspary-ho proužky (obr. 159.). Obsahují dosud neznámou látku tukovité povahy, podobnou suberinu. Caspary-ho proužky sousedících blan se přimykají navzájem k sobě a zvyšují soudržnost endodermálních buněk (obr. 160.). Na tomto stadiu vývoje zůstává endodermis u přesliček a u některých kapradin.

V druhé fázi se přikládá k bláně uvnitř buněk korková vrstvička. Některé buňky, ležící proti xylemu svazku cévního, zůstávají na prvém stadiu (buňky propustné). Na rozdíl od ostatních endodermálních buněk jsou propustné buňky krátké. Na tomto stadiu zůstává endodermis četných rostlin dvouděložných. U většiny rostlin jednoděložných a některých dvouděložných, jichž kořeny druhotně netloustnou, dochází ještě k třetí vývojové fázy, kdy v nitru buněk se přikládají k suberinové lamele další vrstvy celulosní, jež zdřevnatějí, takže buněčné blány značně ztloustnou. Přitom se ztloustnutí neděje rovnoměrně. Nejslabší je na vnějších tangenciálních stěnách, nejsilnější na vnitřních tangenciálních stěnách (C nebo V buňky) (obr. 161.). Blány některých buněk netloustnou a tyto buňky zůstávají jako buňky propustné.

Endodermis je ochrannou pochvou cévního svazku. Zabraňuje vystupování látek ze svazku do kůry. Chybí v kořenech šídlatek a plavuní.

Perikambium.

V centrálním cylindru je pod endodermis jedna až několik vrstev parenchymu (u vlašského ořešáku 3-10). Je to perikambium, odpovídající pericyklu v stoncích (obr. 162.). Chybí u přesliček. U mnohých trav (pýr, žito) a u šachorovitých je perikambium přerušované, nalézajíc se pouze proti floemu.

Perikambium může být prostoupeno kanálky pryskyřičnými (jehličnaté stromy), siličnými (mrkvovité), mléčnicemi (hvězdnicokvěté) a pletivy sklerenchymatickými (pryskyřníkovité: stračka, žluťucha). U četných lipnicovitých (trav) je celé perikambium sklerenchymatické a zdřevnatělé.

Perikambium je u semenných rostlin latentním meristemem. Zakládají se v něm postranní kořínky a to proti dřevním částem svazku cévního. Pouze v kořenech s diarchními svazky se postranní kořínky zakládají na rozhraní mezi floemem a xylemem.

Skupina buněk perikambia se v radiálním směru prodlouží a buňky se začnou dělit tangenciálními přehrádkami. Tak se vytvoří meristematický základ kořínku (obr. 163.). Rostoucí základ kořínku musí proniknout endodermis a korou (obr. 164.). Dělením korových buněk kolem základu kořínku vzniká provisorní nepravá čepička, kterou kořínky suchozemských rostlin po proniknutí korou odhazují. U některých vodních vytrvává po celý život (vodanka). U kapraďorostů se zakládají postranní kořínky z nejvnitřnější vrstvy kůry (endodermis). Postranní kořeny mají obdobnou anatomickou stavbu jako kořen hlavní.

Svazek cévní.

Středem typického kořene prochází jediný radiální svazek cévní. Části lýkové a dřevní jsou uloženy vedle sebe a střídají se. Jsou od sebe odděleny pletivem základním, většinou parenchymatickým. U kořenů, jež mají velké požadavky na pevnost v tahu, jako je tomu u dlouhých vzdušných kořenů, je mezi floemem a xylemem sklerenchym. Rovněž střed svazku je v tlustých kořenech vyplněn základním parenchymem (obr. 161.), jenž se v stáří někdy mění v sklerenchym. Nejčastěji nalézáme dřeň v cévních svazcích jednoděložných rostlin. V tenkých kořenech xylem zaujímá i střed svazku (1 nebo více cév).

Protoxylem je na nejzevnější straně dřevní části, protofloem na nejzevnější straně lýkovité části. První vzniklé cévy jsou kruhovité, další šroubovité a teprve později, když přestává prodlužovací růst, vznikají cévy schodovité a síťovité. Čím dál směrem do středu kořene jsou cévy širší.

Radiální svazek cévní, mající pouze jednu část dřevní a jednu část lýkovou, je svazek monarchní. Vyskytuje se pouze u několika málo kapraďorostů (Isoetes, Selaginella, Ophioglossum). Většina kapraďorostů a nahosemenných rostlin má diarchní svazky cévní. Střídají se v nich dvě části lýkové s dvěma částmi dřevními. Většina krytosemenných rostlin má tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta- až polyarchní svazky cévní.

To znamená, že se střídají 3, 4, 5, 6, 7 až mnoho floemů s týmž počtem xylemů.

Přechod kořene ve stonek.

Přechod ze struktury kořene ve strukturu stonku se děje v hypokotylu. U dvouděložných rostlin tu přechází jediný radiální svazek cévní kořene v kruh kolaterálních nebo bikolaterálních svazků cévních. Může se tak státi těmito způsoby:

1. Pruhy xylemu se zkroutí o 180°, takže protoxylem se dostane z vnější strany na vnitřní. Pruhy floemu se rozštěpí radiálně ve dvě poloviny, jež se od sebe rozestoupí a každá splyne se sousední polovinou na vnější straně xylemu (obr. 165a).

2. Floem probíhá přímo beze změny do stonku, xylem se rozštěpí ve dva pruhy, jež se od sebe rozestoupí a při tom se zkrucují o 180°, takže se protoxylem dostane opět na vnitřní stranu. Sousední poloviny xylemu opět splynou v jeden pruh na vnitřní straně floemu (obr. 165b). V obou těchto případech zůstává počet floemů a xylemů stejný, jako byl v kořeni.

3. Rozštěpí se jak pruhy floemu, tak pruhy xylemu. Obě poloviny se od sebe vzdálí, při čemž pruhy xylemu se opět zkroutí o 180°. Jednotlivé rozštěpené pruhy floemu a xylemu spolu utvoří kolaterální svazky. V tomto případě se počet partií lýkových a dřevních v stonku proti kořenu zdvojnásobil. Tento případ je nejčastější (obr. 165c).

D r u h o t n á s t a v b a k o ř e n e .

Kořeny kapraďorostů a téměř všech rostlin jednoděložných druhů netloustnou.

V kořenech nahosemenných a velké většiny dvouděložných rostlin vzniká z buněk parenchymatického pletiva mezi xylemem a floemem pravý druhotný meristem kambium. Zakládá se i v kořenech jednoletých bylinných rostlin. Nebylo zjištěno u vodních rostlin žebratky, hvězdoše a lakušníku. Také Gunnera a tučnice nemají v kořenech kambium.

K a m b i u m probíhá tak, že lemuje vnitřní část

floemu a vnější část xylemu. Má proto na příčném řezu diarchním kořenem tvar elipsy, triarchním trojúhelníku a polyarchním hvězdice (obr. 166.). Tam, kde probíhá mezi floemem a xylemem, produkuje směrem vně druhotné lýko, směrem dovnitř dřevo. Tam, kde pouze lemuje vnější část xylemu, produkuje jen dřevní parenchym. Vzniká tu primární dřeňový paprsek. Časem, jak přibývá dřeva, vyrovnává se laločnatý průběh kambia, takže starší kořeny mají stejný vzhled jako osy. Kambium v nich tvoří kruh, vně něho leží lýko, uvnitř dřevo. Také anatomická stavba druhotného dřeva kořene je stejná jako kmene. Buňky jsou však tenkoblannější a letokruhy méně význačné. Vždy však na příčném řezu takovým kořenem najdeme v jeho středu radiálně uspořádané části primárního dřeva (obr. 167.).

D r u h o t n á k ů r a . U velké většiny jednoděložných rostlin, jež druhotně netloustnou, nevzniká ani periderm. Při následném rozrušení vnějších částí prvotní kůry, nahrazuje krycí pletiva endodermis, k níž se často připojují i sousední vrstvy kůry nebo i perikambia. Blány buněčné jejich buněk ztloustnou, zkorkovatí a zdřevnatí.

Nahosemenné a dvouděložné rostliny většinou vytvářejí periderm. Prvý felogen se zakládá v zevní vrstvě perikambia, další vznikají z parenchymu druhotného lýka. Z dvouletých rostlin některé periderm vytvářejí, např. mrkev, jiné, např. cukrovka periderm nevytvoří. U těch ztloustnou stěny buněk prvotní kůry sousedící s endodermis, případně ztoustnou i stěny buněk perikambia. Většina kořenů dřevin vytváří korek, případně borku. Lenticely většinou na kořenech chybí. U vikvovitých bývají útvary podobné lenticelám. Bylo zjištěno, že jejich množství je v souvislosti se zamokřením půdy a nedostatkem vzduchu v půdě.

Druhotné tloustnutí kořenů jednoděložných rostlin.

U těch několika málo jednoděložných rostlin, jež druhotně tloustnou, děje se druhotné tloustnutí kořenů obdobně jako u stonků. Kambium se zakládá v perikambiu nebo v endodermis tangenciálním dělením jejich buněk. Někdy toto kambium po nějakém čase zastaví svou činnost a založí se nové kambium ve vnitřní kůře. Typické fascikulární kambium, jež sku-

tečně po nějakou dobu funguje, se zakládá ve hlízách některých jednoděložných rostlin, např. Gloriosa superba.

Vliv prostředí a funkce na anatomickou stavbu kořene.

1. Absorpční kořeny

mají poměrně málo mechanických pletiv. Jejich dřeň je obyčejně parenchymatická.

2. Zásobní kořeny

jsou dužnaté a mají rovněž málo mechanických pletiv. Patří sem všechny hliznaté a řepovité kořeny. Největší část takových kořenů je tvořena parenchymem, v němž se ukládají zásobní látky: škrob, inulin, cukr aj. V kořenových hlízách mnohých vstavačů je hlavní část kořene parenchymatická a poblíž periferie jsou obloukovitě uspořádány diarchní svazky cévní. Každý svazek má svou vlastní endodermis.

Kořenové zeleniny. Dužnaté kořeny mnohých rostlin slouží člověku za potravu nebo krmivo pro domácí zvířata, např. mrkev, celer, petržel, pastinák, ředkev, vodnice, tuřín, černý kořen (Scorzonera hispanica), řepa.

Zásobní tkáně takových kořenů mohou být buď prvotné nebo druhotné, vzniklé činností kambia. V druhotně tloustnoucích zásobních kořenech rovněž převládají tenkoblanná, nezdřevnatělá, parenchymatická pletiva. Mechanické elementy, jako jsou libriformní vlákna v deuteroxylemu a vlákna tvrdého lýka, jsou jen skrovně zastoupeny, a jejich blány jsou jen nepatrně ztloustlé a velmi málo zdřevnatělé.

Tloustnutí dužnatých kořenů nemusí se vždy dít pouze činností kambia. Tak např. u mrkve část buněk dřevního i lýkového parenchymu se začne dělit, nabývá charakteru dělivého pletiva a produkuje další vrstvy parenchymu.

Tato struktura dužnatého kořene však trvá pouze do doby, než rostlina začne hnát do květu.

Dřevnatění kořenové zeleniny. Jakmile rostliny začnou nasazovat květy, spotřebovávají nahromaděné zásobní látky

k tvorbě květů a později semen a současně se mění i anatomická stavba zásobních kořenů. U dvouletých rostlin k tomu dochází až v druhém roce života rostliny.

Tak vidíme např. u mrkve, že cévy dřevnatí a přibývá i dobře vyvinutých mechanických vláken. U ředkvičky, jež kvete ještě týž rok, kdy byla zaseta, dojde k dřevnatění a tvorbě mechanických pletiv, jakmile začne vyhánět do květu.

Technicky důležité kořeny. Z kořenů cukrovky se získává sacharosa. Dužnaté kořeny čekanky se praží a vyrábí se z nich cikorka. Z kořenů hadího mordu Scorzonera tau-saghyz a smetánek Taraxacum kok-saghyz a Taraxacum gymnanthum se v Sovětském svazu získává velmi dobrý kaučuk. Jejich kořeny jsou diarchní a jejich kambium produkuje poměrně málo deuteroxylemu a velmi mnoho deuterofloemu. V druhotném lýku je hustá síť článkovaných mléčnic, obsahujících mnoho kaučuku. Na obvodu je vrstva korku.

Atypické tloustnutí kořenů. V kořenech některých rostlin původní kambium po nějaké době zastavuje činnost a diferencují se postupně další nová kambia, jež produkují druhotná pletiva. Příkladem takového atypického tloustnutí je kořen řepy cukrovky (obr. 168.).

V primárním stadiu má kořen cukrovky diarchní svazek cévní s kambiem, jež má na průřezu tvar elipsy. Toto kambium produkuje po nějaký krátký čas druhotná pletiva. Mezi tím původně jednovrstevné perikambium se četnými tangenciálnímu přehrádkami rozdělí v mnohovrstevný parenchym. Když původní kambium ustalo ve své činnosti, diferencuje se v mnohovrstevném perikambiu nové kambium. Buňky tohoto druhého kambia se tangenciálně rozdělí a vnitřní vrstva dceřinných buněk produkuje na obě strany trvalá pletiva, vnější vrstva se stává třetím kambiem. Toto kambium pracuje analogicky jako druhé. Tangenciálním dělením jeho buněk se tvoří směrem dovnitř tenká pletiva, směrem vně čtvrté kambium.

Tak se vytvoří celá serie kambií. Každé z nich produkuje přírůstek trvalých pletiv, tvořený kruhem kolaterálních svazků cévních, mezi nimiž je parenchymatické pletivo. Ty části kambia, jež produkují vně floem, neprodukují směrem dovnitř hned xylem, ale nejprve několik vrstev parenchymu a

teprve nakonec xylem. Proto jsou mezi jednotlivými kruhy cévních svazků poměrně široké kruhy parenchymu. Výsledkem tohoto způsobu tloustnutí jsou koncentrické kruhy kolaterálních svazků cévních, uložených v základním parenchymu kořenové bulvy. Obyčejně jsou tyto kruhy čtyři nebo pět, někdy i dvanáct.

Jednotlivé svazky v kruzích jsou spolu spojeny příčkami a rovněž tak svazky sousedních kruhů. Směrem dolů jednotlivé pláště svazků spolu splývají. Tvoří tedy svazky cévní v kořeni cukrovky složitou trojrozměrnou síť.

3. Asimilační kořeny

mají v buňkách kůry chloroplasty. Patří sem i vzdušné kořeny různých epifytů. Typické asimilační kořeny jsou ploché, se zakrnělou čepičkou. Mají je některé tropické orchideje, jež postrádají listů. Palisádový parenchym se v nich však nevyvíjí.

4. Vzdušné kořeny.

Mnohé tropické vyšší rostliny rostou na kmenech a větvích stromů, aniž na nich parasitují. Nazýváme je epifyty. Substrátu se přidržují krátkými kořínky. Krom toho vysílají dosti dlouhé a tlusté kořeny přímo do vzduchu. To jsou vzdušné kořeny. Setkáváme se s nimi u vstavačovitých rostlin.

Rhizodermis vzdušných kořenů je změněna ve velamen. Zřídka, např. u vanilky, je velamen jednovrstevnaté. Obyčejně je ze dvou až osmnácti vrstev buněk. Je tvořeno z odumřelých buněk, jejichž blány obyčejně dřevnatí, takže svým vzhledem i strukturou blan upomínají na tracheidy (obr. 169.). Slouží k nahromaďování vody z ovzduší. Pod velamen je exodermis s propustnými buňkami. Vrstvy buněk kůry pod epidermis obsahují chloroplasty.

5. Kořeny upevňovací (chůdové)

mají mechanická pletiva jednak v centru, jednak plášť mechanických pletiv na periferii (obr. 170.).

6. Tažné kořeny,

jimiž se rostliny zatahují do vhodné hloubky v půdě, mají sklerenchym v centru svazku cévního. Buňky kůry rostou příčně a podélně se zkracují (obr. 171.)

7. Kořeny vodních rostlin

mívají svazek cévní silně redukován, hlavně v části dřevní. Téměř celý kořen je tvořen parenchymem s velkými intercelulárami. V centru kořenů Helodea a Vallisneria je jediná céva, obklopená vrstvou floemu. V kořenech řezanu je uprostřed parenchymatická dřeň, kolem ní v kruhu několik jednotlivých cév a vně několik skupin floemu.

8. Haustoria

cizopasných rostlin jsou silně redukované, velmi pozměněné kořeny. Chybí jim čepička, rhizodermis i exodermis, svazek cévní je velmi zjednodušený nebo vůbec chybí. Z našich rostlin má haustoria kokotice.

Haustorium kokotice jest složeno z parenchymatických, trubicovitých buněk, uspořádaných v řady. Středem prochází několik šroubovitě ztloustlých trachejí. Rostoucí haustorium vyměšuje enzymy, jež rozpouštějí buněčné blány pletiv hostitele. Tak proniká haustorium kůrou hostitele až ke svazkům cévním. Zde se svými trachejemi upne k cévám hostitele. Ostatní parenchym haustoria se rozestoupí v řady buněk, tvořících vlákna, jež vytvoří jakousi štětičku. Buňky štětičky se zduřelými konci upínají k cévám a sítkovicím (obr. 172.). Haustoria podobné stavby zapouští podbílek do kořenů lesních listnatých stromů a keřů.

3. Anatomie listu.

Listy se zakládají exogenně jako postranní hrbolky na vegetačním vrcholku stonku. Typický asimilační list je zevně kryt pokožkou (epidermis), uvnitř pak je základní pletivo - mesofyl, prostoupené svazky cévními, jež vytvářejí žilnatinu čili "nervaturu" listovou.

Systém pletiv pokožkových.

Jedno- nebo vícevrstevná pokožka.

Velká většina rostlin má listy s pokožkou jednovrstevnou. Vícevrstevná pokožka vyskytuje se vzácně, nejčastěji na syrch-

ní straně listů některých rostlin čeledí Commelinaceae, Piperaceae, Moraceae (např. Ficus elastica - obr. 65.). Spodní vrstvy takové vícevrstevnaté pokožky obyčejně fungují jako vodní pletivo. Jejich buňky mají velké vakuoly, jež jsou zásobárnami vody.

Kutikula. Na povrchu pokožky je vždy kutikula. U vodních rostlin je velice tenká, u rostlin suchobytných je velmi tlustá, takže se dá často stáhnout jako samostatná blanka (Aloe, obr. 97.). U dorsiventrálních listů, jež nemají obě strany stejné anatomické stavby, je na spodní straně obyčejně pokožka tenčí.

Vosk. Na povrchu pokožky se někdy vylučuje vosk v podobě zrníček nebo tyčinek a dodává listům ojíněný vzhled. Tak je tomu na listech pšenice, kapusty, kedlubnů, zelí, cibule, máku, tulipánu aj. Jindy tvoří vosk souvislé povlaky, např. na jehlicích jedle a listech netřesku. U některých palem, např. Copernicia a Ceroxylon, je vosková vrstva až přes půl centimetru tlustá a po setření je vylučována nová. Tyto rostlinné vosky, jež mohou pocházet nejen z listů, ale i z kmenů a plodů voskodárných rostlin, přicházejí do obchodu a technicky se zužitkovávají podobně jako vosk včelí (pasty na podlahy, výroba svíček, do obuvnických a pečetních vosků, v mydlářství apod.).

Tvar pokožkových buněk. Pokožkové buňky jsou obyčejně deskovité. Jejich bočné stěny u lupenitých listů s širokou čepelí jsou laločnatě, klikatě nebo zubatě zprohýbané. Laloky nebo zuby jedné buňky zapadají mezi laloky buňky sousední. Kožovitě tuhé listy mají pokožkové buňky polygonální. Nad hlavními "nervy" bývají pokožkové buňky protáhlé. Rovněž pokožka listů čárkovitých nebo úzce kopinatých se skládá z protáhlých buněk.

Blány pokožkových buněk. Zevní blány pokožkových buněk jsou ztloustlé. Silně ztloustlé jsou u suchobytných rostlin, např. u Aloe, kde jejich vrchní vrstvy jsou impregnovány kutinem (kutikulární vrstvy - obr. 97.). U lipnicovitých (trav), přesliček a rostlin šáchorovitých jsou zevné pokožkové blány inkrustovány kyselinou křemičitou, u tisu šťavelanem vápenatým. U vodních rostlin bývají vnější vrstvy zevních blan po-

kožky zrosolovatělé. Listy některých suchozemských rostlin mají zrosolovatělé vnitřní blány pokožkových buněk (olše, proskurník). Často jsou vnější stěny pokožkových buněk bradavkovitě vypuklé (Begonia smaragdina).

Šťáva buněčná. Buňky epidermis, najmě na spodní straně, mají často zbarvenu buněčnou šťávu anthokyanem.

Chloroplasty jsou pouze v pokožkových buňkách stínobytných rostlin, hlavně kapradin a ponořených vodních rostlin. Jinak u většiny rostlin jsou v pokožkových buňkách pouze leukoplasty, jež jsou často uspořádány do věnečku kolem jádra. Chloroplasty jsou vždy ve svěracích buňkách průduchů. Jejich počet je pro jednotlivé druhy dosti konstantní. Tak např. lecha jarní mívá ve svěracích buňkách 6-8 chloroplastů, blatouch 14-18.

Průduchy nebývají ve svrchní pokožce v stejném počtu jako ve spodní. U většiny stromů s lupenitými listy a u stínobytných rostlin jsou průduchy pouze na spodní straně listu. Tak u bezu černého je na jednom milimetru čtverečním svrchní pokožky 0 průduchů (spodní pokožky 48 průduchů); babyky 0/250--270, třešně 0/210-250, dubu 0/290-350, hrušně 0/110-170, osladiče 0/48, vraního oka 0/64, plicníku 0/240, violky lesní 0/64.

Byliny rostoucí na výsluní mají obyčejně průduchy na obou stranách listů: kartouzek 144/144, jitrocel kopinatý 165/160, vojtěška 80/150, žito 45/35, pšenice 20/35, ječmen 20/30.

Vodní rostliny, jimž vzplývají listy na hladině, mají průduchy pouze na svrchní straně: okřehek mnohokořenný 82/0; vzplývavý list šípatky 115/0 (vzdušný, střelovitý list 112/25); rdest vzplývavý 180/0; vzplývavý list rdesna obojživelného 120/0 (vzdušný list 24/128); leknín 460/0; stulík 330/0.

Na listech vodních, ponořených rostlin, jako je Helodea (Anacharis), Ceratophyllum, Myriophyllum, Vallisneria, průduchy vůbec chybějí.

U rostlin vlhkobytných a stínobytných jsou průduchy v rovině pokožky nebo bývají nad ní vyzdviženy na hrbolku. U rostlin suchobytných jsou naopak průduchy ponořeny do důlku pod rovinou pokožky, takže jsou chráněny před vysýcháním. Např.

oleandr má na spodní straně listu pohárkovité prohloubeniny, v jejichž pokožce jsou průduchy. Krom toho z pokožky vyčnívají do těchto dutin četné trichomy (obr. 173.). Trávy (lipnicovité), jež mají svírající se listy, mají průduchy pouze na svrchní straně v rýhách, jež se za sucha sevrou (obr. 174.).

Na širokých, lupenatých listech jsou obyčejně průduchy rovnoměrně roztroušeny bez určitého postavení. Na úzkých dlouhých listech bývají průduchy uspořádány rovnoběžně s délkou listu. U lomikamenů a mokříše jsou seskupeny v kruhovitých skupinách (obr. 175.). Obyčejně nebývají průduchy nad hlavními "hervy", kde bývá pokožka tvořena sklerenchymatickými buňkami.

Hydathody. Na konci listů nebo na jejich okraji jsou mnohdy průduchy vyvinuty jako hydathody - vodní skuliny (lichořeřešnice kapucínská, kontryhel). Jsou to zvětšené průduchy, jež zůstávají trvale otevřeny. U některých rostlin jejich svěrací buňky vůbec odumírají. Ve vlhkém vzduchu jsou jimi vytlačovány přímo kapičky vody (obr. 176.).

Trichomy. Na pokožce listu mohou být, podobně jako na stonku, chlupy rozmanitého tvaru a funkce. Obyčejně na spodní straně listu jich bývá více než na svrchní.

Cellulae bulatae. Ve vrchní pokožce čepelí listů trav jsou nápadné tzv. rozevírací neboli ohýbací buňky - cellulae bulatae. Jsou to velké, vakovitě nadmuté buňky, uložené buď nad svazky cévními, nebo po obou jejich stranách v horní pokožce listu (obr. 174.). Za sucha tyto buňky vysychají, jejich objem se zmenšuje a list se zavírá.

S y s t é m p l e t i v z á k l a d n í c h .

Základní pletivo se u listů mazývá mesofyl. Vyplňuje prostoru mezi svrchní a spodní pokožkou a svazky cévními, k nimž se obyčejně pojí pruhy mechanického pletiva.

Hypodermis. Těsně pod pokožkou bývá někdy mesofyl vyvinut jako hypodermis - podkožka, jež podporuje epidermis v její funkci. U čeledi Orchidaceae, Urticaseae, u Ilex a Begonia

funguje hypodermis jako vodní pletivo. Jindy je hypodermis sklerenchymatická a funguje jako zasilovací vrstva (obr.177., Pinus, Mahonia). Hypodermis může obsahovati chloroplasty. Ostatní mesofyl pod pokožkou, případně pod podkožkou, je vyvinut jako asimilační pletivo - chlorenchym. Může být vyvinut jako jednoduchý merenchym nebo aerenchym. U typických listů dvouděložných rostlin je rozlišen v pletivo palisádové a v tzv. houbovitý parenchym.

1. Palisádový parenchym je nejnápadnější v listech dvouděložných rostlin. Je těsně pod pokožkou nebo podkožkou. Jeho buňky jsou válcovité, značně delší než širší (obyčejně 3x - 4x). K pokožce jsou postaveny kolmo. Jsou seřazeny rovnoběžně vedle sebe (obr. 178.). Mezi palisádami jsou podélné mezibuněčné prostory (obr. 179.). Palisádový parenchym může být jednovrstevný (náprstník, blín, lípa, slez), dvouvrstevný (penízek rolní) nebo třívrstevný (vachta,podběl). Palisádové buňky obsahují z celého mesofylu nejvíc chloroplastů. Zvlášť hojně jsou chloroplasty nahloučeny při stěnách hraničících s intercelulárami. Palisádový parenchym je jen málo rozlišen od ostatního mesofylu u stínobytných rostlin, hlavně u kapradin. Také jednoděložné rostliny mají nevýrazné palisády, vyvinuté buď jako deskovité buňky nebo jen málo delší než širší. Zvláštní typ palisád je v jehlici borovice. Jsou to tzv. ramenovité palisády (obr. 177.). Blány buněčné tvoří vchlípeniny směrem do buňky, čímž je buňka rozdělena na větší počet ramen. Zvětšuje se tak asimilační povrch buňky.

2. Houbovitý parenchym je z buněk různého, obyčejně laločnatého tvaru. Mezi nimi jsou hojné, poměrně velká, mezibuněčné prostory. Buňky sousedící s palisádami mívají nálevkovitý tvar (obr. 178.) a nazývají se potom sběrné buňky. Sbírají asimiláty z palisád a odvádějí je řetězy buněk houbovitého pletiva do svazků cévních. Houbovitý parenchym obsahuje také chloroplasty, ale v menší míře než palisády. Podílí se tedy také na asimilaci, hlavní jeho funkce však souvisí s transpirací. Jeho buňky vypařují vodu do mezibuněčných prostor.

Idioblasty. V mesofylu bývají velice často různé idioblasty. V listech blínu, rulíku a slezu jsou idioblasty s krystaly šťavelanu vápenatého. V listech čajovníku a kame-

lie jsou význačné astroskleredidy (obr. 92.). Jindy jsou v mesofylu buňky třísloviné. Často se vyskytují v mesofylu exkreční nádržky, vyplněné silicemi (třezalka, třemdava - obr. 180.). Jehlicemi jehličnatých stromů probíhají pryskyřičné kanálky, obklopené sklerenchymatickými pochvami (obr. 177.). U rodu Ginkgo jsou kanály slizové. Některé kapradiny mají v mesofylu stopečkové, tzv. filicinové žlázky, vyčnívající do mezibuněčných prostor (obr. 129.). Rovněž mléčnice mohou prostupovat mesofyl.

S y s t é m p l e t i v v o d i v ý c h .

Do listů vstupují takové svazky cévní, jaké jsou v stonku. Koncentrické svazky se však v čepeli postupně mění v kolaterální. Svazky cévní vstupují do listů ze stonku bez jakékoliv změny v poloze floemu a xylemu. Proto kolaterální svazky mají dřevní část proti svrchní straně listu, lýkovou proti spodní straně. Svazky vstupují do listů i se svými pochvami - s mechanickou, škrobovou a u kapraďorostů s endodermis.

Řapík. Tam, kde listy přisedají k stonku širokou pochvou (např. trávy), vstupuje do listů současně mnoho svazků. U řapíkatých listů musí vodivá pletiva zaujmout v řapíku malý prostor a teprve v čepeli se opět rozvětvují. Rozložení vodivých pletiv v řapíku je dosti charakteristické pro jednotlivé rostlinné druhy, rody nebo čeledě (obr. 181., 182., 183., 184.). Mechanická pletiva jsou v řapíku obyčejně sklerenchymatická. Jsou obyčejně na obvodu a mají nejčastěji na průřezu tvar kruhu nebo podkovy. Tak dodávají řapíku největší pevnost proti zlomení nebo ohnutí.

V čepeli se vodivá pletiva rozvětvují a vytvářejí žilnatinu čili nervaturu listovou. Pouze malé čárkovité nebo šupinkovité listy plavuní, vranečků, přesliček a jehličnatých stromů mají jediný svazek cévní.

Rozeznáváme listy s žilantinou otevřenou a uzavřenou. Prvou mají listy stromu Ginkgo. Svazky cévní se tu rozvětvují, ale jednotlivé větve nejsou mezi sebou spojeny příčkami. Uzavřená žilnatina se vyznačuje anastomosami - příčkami, spo-

jujícími jednotlivé větve. U jednoděložných a u několika dvouděložných rostlin probíhají svazky cévní rovnoběžně s podélným okrajem listu. U velké většiny dvouděložných rostlin se dlanitě nebo zpeřeně větví.

S postupným rozvětvováním svazků cévních ubývá jim na tloušťce a zjednodušuje se jejich stavba. Postupně ubývá cév a sítkovic, mizejí průvodní pochvy, obklopující svazek a jsou nahrazeny parenchymatickou pochvou bez interceluláre. K ní se přikládají sběrné vodivé buňky houbovitého pletiva, svádějící do svazku asimiláty. Posléze vymizejí sítkovice úplně a svazek tvoří pouze tracheidy se šroubovitě nebo síťovitě ztloustlými stěnami, obklopené parenchymatickou pochvou (obr. 185.).

Pletivo transfusní. U nahosemenných rostlin nahrazuje rozvětvenou síť svazků cévních tzv. pletivo transfusní, obklopující svazek cévní. Na průřezu jehlicí borovice vidíme dva centrální svazky cévní těsně vedle sebe probíhající, obklopené společnou endodermis. Transfusní pletivo vyplňuje prostor mezi nimi a endodermis (obr. 177.). Je z krátkých mrtvých buněk a dvůrkatými ztenčeninami ve stěnách. Podobají se tracheidám. Mezi nimi jsou vtroušeny buňky živé.

Epithem. Na špičce nebo okrajích listů některých rostlin končí svazky cévní do tenkoblanného parenchymu s četnými intercelulárami, do tzv. epithemu, jenž se nalézá pod hydathodami. Do jeho mezibuněčných prostor vystupuje voda z tracheid a je skulinou hydathody vytlačována ven (obr. 176.).

M e c h a n i c k á s t a v b a l i s t u .

Souběžně se svazky cévními probíhají čepelí v silnějších nervech mechanická pletiva, takže žilnatina listová má krom funkce vodivé ještě význam mechanický, tvoříc kostru, jež udržuje list rozprostřený v prostoru. Mechanická pletiva provázejí všechny silnější nervy. Obyčejně na spodní straně listu žebrovitě vyčnívají nad povrch. Bývají nejčastěji sklerenchymatická, nekdy i kolenchymatická. Buňky sklerenchymu mají prosenchymatický tvar. Jsou protaženy ve směru průběhu nervu.

Nad žebrovitě vyčnívajícími nervy bývá i sklerenchymatická epidermis. Tak, jak se svazky cévní postupně větví, ztenčují se a postupně mizejí mechanická pletiva, nejprve kolenchym a posléze i sklerenchym.

Také okraj listový bývá vystužen mechanickými pletivy. Pokožka tu bývá sklerenchymatikcá a pod ní často bývá sklerenchymatická nebo kolenchymtická hypodermis. Často probíhá podél okraje listů svazek cévní, provázený mechanickým pletivem.

Rozdělení listů podle anatomické stavby.

Podle anatomické stavby dělíme listy na dvoulící (dorsiventrální, bifaciální) a jednolící (mononafiální, monolaterální, ekvifaciální).

1. Dorsiventrální listy mají jinou anatomickou stavbu svrchní strany než spodní. Jsou to typické asimilační listy, přizpůsobené rozptýlenému světlu. Pod vrchní pokožkou jsou palisády, pod nimi houbovitý parenchym, jenž sousedí se spodní pokožkou (obr. 186.). Vlivem vnějšího prostředí, hlavně silného slunečního záření, se stavba listů mění tak, že i na spodní straně se vytvářejí palisády. Jsou však obyčejně méně vyvinuty než na svrchní straně (např. výslunné listy buku, lípy). Takové listy jsou přechodným typem k listům isolaterálním.

2. Isolaterální (monofaciální) listy amjí na svrchní i spodní straně vyvinuty palisády ve stejném rozsahu. Jsou to kožovité listy mnohých výslunných tropických rostlin, např. blahovičníku (Eeucalyptus).

Monofaciální (jednolící) jsou i mečovité listy puškvorce, kosatce, mečíku a některých liliovitých. Palisády tu nebývají dobře rozlišeny od ostatních buněk masofylu (obr. 187.). K monofaciálním listům patří i válcovité listy s radiální souměrností u sítin, cibule aj.

Závislost anatomické stavby listu na prostředí.

Anatomická stavba listu se silně mění s prostředím, hlavně vlivem změněných podmínek světla a vlhkosti (obr. 188.).

Výslunné listy téhož rostlinného druhu jsou tlustší a menší než listy stinné, jež jsou tenčí a mají větší čepele. Výslunný list má několikavrstevný palisádový parenchym a někdy ještě jednu vrstvu palisád na spodní straně. V houbovitém parenchymu má malé interceluláry.

Stinný list nebo z vlhčí lokality, má pouze na svrchní straně jednovrstevný palisádový parenchym. V houbovitám parenchymu má velké interceluláry.

Vodní rostliny s ponořenými listy mají zvlášť zjednodušenu anatomickou stavbu listů. Helodea (Anacharis) má čepel pouze ze dvou vrstev pokožky, jejíž buňky mají hojnost chloroplastů. Jindy, např. u rdestů, mají ponořené listy sice mesofyl, ale pouze jednovrstevný (obr. 188.C).

Zákon Záleneského. Struktura listů je závislá i na výšce, v které list roste na stonku. Tyto vztahy po prvé zjistil v letech 1902-1904 ruský botanik Zalenskij a jsou proto v literatuře uváděny jako tzv. zákon Zalenského. Podle něho směrem od nižších pater listových k vyšším vzrůstá na jednotce listové plochy úhrnná délka svazků cévních. Nejzřetelněji se tato zákonitost projevuje u rostlin z chladných a suchých poloh. Krom toho u výše položených listů se zmenšují rozměry jak pokožkových, tak mesofylových buněk. Také interceluláry v mesofylu jsou menší. On níže k výše položeným listům se zmenšuje laločnatost pokožkových buněk, tloustnou jejich vnější stěny, zvětšuje se počet trichomů a průduchů, přibývá mechanických pletiv, palisádový parenchym se silněji vyvíjí proti houbovitému parenchymu. Tyto rozdíly jsou způsobeny tím, že výše položeným listům dodávají kořeny méně vody, při tom ji tyto listy více ztrácejí transpirací, neboť jsou více vystaveny větru a slunečnímu záření. A skutečně bylo zjištěno na lianách, rostoucích ve vlhkých lesích ve stálém stínu, že jsou tu pouze nepatrné anatomické rozdíly mezi listy různě vysoko rostoucími. U břečťanu byly dokonce zjištěny opačné poměry než před-

pokládá zákon Zálenského. Vysvětluje se to přítomností vzdušných kořínků, jež mohou případně horním listům dodávati i více vláhy než hlavní kořen listům nižších pater.

Také hustota nervatury souvisí s prostředím. Čím je silnější tranpirace, tím je nervatura hustší. Proto bažinné rostliny, rostoucí ve vlhkém vzduchu, kde je odpařování značně sníženo, mají až šestkrát kratší délku svazků cévních na jednotce listové plochy proti rostlinám stepním.

Druhotné tloustnutí listů.

Listy, jako orgány s ukončeným růstem, většinou druhotně netloustnou. Druhotně mohou tloustnouti svazky v některých vytrvalých listech, např. v jehlicích konifer, kde mezi lýkovou a dřevní částí je uloženo kambium. Dosti často se setkáváme s krátce trvajícím druhotným tloustnutím řapíků, v nichž se zakládá mezi dřevní a lýkovou částí cévních svazků kambium.

Opadávání listů.

U většiny našich rostlin listy na podzim opadávají. Většinou před tím zežloutnou nebo zčervenají. (Vysvětlení této změny viz v kapitole: Plastidy.)

Opadávání listů způsobuje tzv. oddělovací vrstva na spodu řapíku (obr. 189.). Je to příčná vrstvička parenchymatického pletiva. Obyčejně se zakládá krátce před odpadnutím listu, u některých složených listů již v době rašení. V místě, kde se vytvořila, jsou mechanická pletiva řapíku silně redukována a svazek cévní je tu málo zdřevnatělý. Mezibuněčná hmota oddělovacího pletiva zeslizovatí, tím se buňky uvolní, takže list již drží jen svazek cévní, který se při prvém dešti nebo větru přetrhne a list spadne. Vzniklá rána na stonku se hojí buď pouhým zkutinisováním blan povrchových buněk, nebo se pod ní založí felogen, jež vytvoří ochrannou vrstvu korku. Podobně jako opadávají listy, opadávají z jehličnatých

stromů brachyblasty a z některých stromů i celé větévky (tzv. odskoky).

Listeny a šupiny.

Listeny a šupiny mají mnohem jednodušší stavbu než listy. Mesofyl je obyčejně značně redukován, takže není rozlišen v palisády a houbovité pletivo. Svazků cévních je málo. Průduchy v pokožce buď vůbec chybějí nebo je jich velice málo.

4. Anatomie květu.

Jednotlivé části květů jsou přeměněné listy. Na typickém květu rozeznáváme plodolisty, tyčinky a květní obaly.

Stopka květní má anatomickou stavbu obdobnou jako lodyha. Jestliže do ní vstupují vnitřní stopy listové všech okvětních a květních částí, jsou v ní svazky cévní uspořádány v několika kruzích. Tam, kde do ní vstupuje samostatně velké množství svazků cévních, např. z úborů složnokvětých (hvězdicokvětých) rostlin, jsou zde svazky cévní roztroušeny podobně jako u rostlin jednoděložných (např. stvol smetánky pod úborem).

Květní obaly

obyčejně chybějí u nahosemenných. U krytosemenných rostlin chybějí zřídka (vrby). Jsou-li vyvinuty všechny obalné lístky stejně, mluvíme o okvětí (perigon). Velmi často ale bývají rozlišeny ve vnější zelený ochranný kalich (calyx) a vnitřní, obyčejně jinak zbarvenou korunu (corolla).

Kalich, pokud je zelený, má podobnou anatomickou stavbu jako zelený list. Buňky mesofylu obsahují chloroplasty. Mesofyl je bez palisád. Silně jsou vyvinuta mechanická pletiva, jež dodávají kališním lístkům pevnosti (ochranný význam kalicha).

Koruna. Lístky korunní mají značně zjednodušenou anatomickou stavbu. Svrchní pokožka je často tvořena buňkami s bradavkovitými vychlípeninami, jež jí dodávají sametového lesku. Spodní pokožka obyčejně papilosní není. V buňkách pokožky bývají přítomny vonné silice (např. u růže). Kutikula je velice tenká, sotva patrná, takže výměna plynů se může díti přímo pokožkou. Proto průduchy buď vůbec chybějí, nebo je jich velmi málo.

Mesofyl je značně redukován, bez mechanických pletiv. Jeho buňky jsou bez chloroplastů, zato obsahují chromoplasty. Šťáva jejich vakuol bývá zbarvena červeně, modře nebo fialově anthokyany (např. chrpy kyanidinem $C_{15}H_{10}O_6$, u stračky delfinidinem $C_{15}H_{10}O_7$), nebo žlutě barvivy flavonového typu, tzv. anthochlory (např. u divizny, naprstníku hlínožlutého, hledíku). Bílé zbarvení květů je způsobeno totálním odrazem světelných paprsků o vzduch, přítomný v mezibuněčných prostorách mesofylu (podobně jako bílá barva pěny na pivě). Často bývají v mesofylu siličné nádržky (květy oranží).

Svazky cévní jsou jen slabě vyvinuty.

Tyčinky.

Tyčinky nahosemenných rostlin jsou ještě šupinovité. U krytosemenných rostlin jsou zpravidla rozlišeny v nitku a v prašník.

Nitka mívá často na povrchu trichomy. Vnitřkem prochází jednoduchý svazek cévní.

Prašník (nedozrálý) je na průřezu čtyřpouzdrý. Má obyčejně dva prašné váčky, každý se dvěma prašnými pouzdry (obr. 190.). Na povrchu je kryt epidermis. Pod epidermis je hypodermis přeměněná v tzv. fibrosní vrstvu (obr. 191.). Vnitřní blány buněk fibrosní vrstvy mají ztlustliny v podobě lišten, kolmých na povrch prašníku. Lištny vyčnívají hluboko do buňky směrem k vnější bláně. Při zrání prašníku dochází k ztrátě vody, při čemž kohesivními silami je vnější neztloustlá blána vtahována směrem dovnitř buňky. Tím se fibrosní vrstva tak napíná, až praskne stěna prašného váčku, takže se uvolní zralý pyl.

Nejvnitřnější vrstva stěny prašného pouzdra je tapetum.

Je to vrstva buněk, bohatých tukovými krůpějemi. Obklopuje v nevyvinutých prašnících archespor, mateřské pletivo pylové. Tetradogenesí buněk archesporu vznikají zrna pylová. Tapetum často vrůstá mezi pylová zrna, jeho blány buněčné se rozpouštějí a vzniká syncytium, jež se nazývá periplasmodium. Je během zrání pylu stráveno. Přepážka mezi prašnými pouzdry každého váčku se roztrhá, takže úplně zralý prašník má dvě dutinky, v nichž volně leží pylová zrna (obr. 192.).

Pylové zrno je kryto dvouvrstevnou blanou. Nejzevnější vrstva se nazývá exine. Obsahuje polenin, látku velmi vzdornou proti rozkladu. Exine pravděpodobně vzniká činností tapeta. Vnitřní vrstva - intine je celulosní a pektinosní. Exine hmyzosnubných rostlin obyčejně vybíhá v ostny, háčky, lištny nebo bradavky (obr. 193.). U jehličnatých vybíhá ve dva vzdušné vaky (obr. 194.).

Mladé pylové zrno krytosemenných rostlin je jedinou buňkou. Při dozrávání se jeho jádro rozdělí ve dvě. Zralé pylové zrno se skládá z velké buňky vegetativní (vyživovací) a menší buňky generativní (rozmnožovací antheridiální). Ta se před klíčením pylového zrna odpoutá od intine a nabude vřetenovitého tvaru. Je obklopena plasmou vegetativní buňky (obr. 195.).

U nahosemenných rostlin jsou v dospělém pylovém zrnu dvě malé buňky, odpovídající samičímu prothaliu a jedna velká buňka, jež se rozdělí v menší generativní a větší vegetativní buňku.

Plodolisty.

Plodolisty nahosemenných rostlin jsou ještě ploché a nesou nahá vajíčka. U krytosemenných rostlin srůstají plodolisty v dutý pestík. Rozlišujeme na něm spodní část semeník a svrchní část bliznu, jež často vyrůstá na zúžené části semeníku, na tzv. čnělce.

Pestík (obr. 196.) je na zevní i vnitřní straně kryt epidermis, opatřenou průduchy, jež umožňují přístup vzduchu k vajíčkům. V jeho mesofylu se rozvětvují svazky cévní. Buňky mesofylu mají chloroplasty.

Na blizně jsou papily nebo trichomy, v nichž se zachycuje pyl. Papily mívají často žláznatý charakter, vylučují šťávu, jež umožňuje klíčení pylu.

Čnělkou prochází kanálek nebo je v ní parenchymatické pletivo, jímž prorůstá pylová láčka. V kanálku jsou žláznaté papily, jež působí chemotropicky na rostoucí láčku. Podobné papily jsou i v semeníku při placentách a vedou láčku až k mikropyle.

Vajíčka (obr. 197.) se vyvíjejí na okraji nebo na vnitřní stěně plodolistů. Jsou to mnohobuněčná tělíska. Zevně lze na vajíčku rozeznati obaly - integumenta. Nahosemenné rostliny a z krytosemenných většina srostlokorunných a mrkvovitých okolíčnatých má jeden integument. Většina ostatních krytosemenných má dva obaly, zevní a vnitřní integument. V integumentech je okrouhlý otvor klový - mikropyle, jímž prorůstá pylová láčka do vajíčka. Obaly jsou pokryty vnější a vnitřní pokožkou. Vnější pokožka vnějšího obalu mívá průduchy. Obaly kryjí vnitřní, mnohobuněčné pletivo vaječné, tzv. nucellus. Integumenty i nucellus jsou původně pokryty kutikulou, která mezi oběma integumenty a nucellem splývá v jednu blanku.

V nucellu pod mikropylí jedna z buněk začne se silně světšovat. Je to mateřská buňka zárodečného vaku. Z této buňky tetradogenesí vzniknou čtyři haploidní buňky, z nichž se obyčejně dále vyvíjí pouze buňka spodní, tzv. zárodečný vak (saeculus embryonalis). Ostatní tři záhy zanikají.

U nahosemenných rostlin vzniká volným novotvořením v zárodečném vaku mnohobuněčné pletivo, v němž se diferencuje na konci, obrácenému proti mikropyle, různý počet zárodečníků (archegonií), každý s jednou vaječnou buňkou, oosférou.

U rostlin krytosemenných se původní buněčné jádro zárodečného vaku rozdělí ve dvě dceřinná, jež putují na protilehlý pól zárodečného vaku. Tam se každé dceřinné jádro opět dvakráte dělí za sebou, takže na každém pólu vzniknou čtyři jádra. Z každé čtveřice se oddělí po jednom jádru, jež putuje do středu zárodečného vaku, kde dříve nebo později splynou v jediné centrální diploidní jádro. Zbývající haploidní jádra na pólech se obklopí hustší plasmou a vzniknou na každém pólu tři buňky. Na pólu, obráceném k mikropyli, je to buňka vaječná - oosféra se dvěma buňkami pomocnými (synergidy), na protilehlém pólu tři buňky protilehlé (protistojné) (antipody), jež se někdy ještě dále dělí (obr. 198.).

Výživy se dostává vajíčku svazkem cévním, jenž vstupuje

do vajíčka stopečkou, tzv. poutkem (funiculus). Svazek cévní končí na spodu nucellu slabou rozšířeninou, jež se zove chalaza. Část plodolistu, na níž poutkem přisedají vajíčka, se nazývá semenice čili placenta.

5. Anatomie plodů.

Plod vzniká přeměnou semeníku nebo i dalších částí květu. Jsou v něm uzavřena semena. Stejně jako jsou plody morfologicky velmi různotvárné, je i jejich anatomická stavba značně rozmanitá.

Anatomická stavba plodu se značně liší od struktury pestíku, z něhož plod vznikl. Plody jsou přizpůsobeny různému způsobu rozšiřování semen a podle toho se mění i jejich anatomická stavba. Docela jinou stavbu mají plody dužnaté a jinou plody suché.

Stěna semeníku se mění v oplodí čili perikarp. Na oplodí můžeme většinou rozeznati vnější pokožku, tvořící tzv. exokarp (epikarp) a vnitřní pokožku - endokarp. Vnitřní pletivo, mezi nimi uložené, je mesokarp. Exokarp a endokarp bývá často jednovrstevný. Mesokarp je u dužnatých plodin dužnatý a potom se nazývá sarkokarp. Tak je tomu např. u třešní, kde exokarp tvoří slupku, vlastní dužina plodu je mesokarp a endokarp je tvrdý, sklerenchymatický, a tvoří pecku.

Dužnaté plody jsou zařízeny na rozšiřování semen živočichy. Proto buňky sarkokarpu obsahují cukry, případně olej (oliva), nebo i škrob (banán). Ve vakuolách jsou gelatinosní pektiny, jež při uzrávání plodů ztekucují stejně jako mezibuněčná hmota, takže buňky se uvolňují a dužnina měkne.

Suché plody mají často mechanická pletiva uspořádaná tak, že umožňují hygroskopické pohyby. Některé plody mají perikarp velmi tenký, blanitý, jako např. nažky. U obilných zrn (obilek) srůstá tenké oplodí s osemením (obr. 199., 200.). V plodech některých rostlin jsou siličné nádržky nebo kanálky (dvounažky okoličnatých, citrony, pomeranče - obr. 201., 202.).

Z perikarpu plodů vyrůstají často i různé trichomy, žláznaté i krycí, jež často slouží jako létací aparát k roz-

šiřování plodů větrem. Jindy vyrůstají z povrchu plodů křidélka (jasan, javor).

6. Anatomie semen.

Semena vznikají z vajíček. Pylové zrno na blizně klíčí láčkou, do jejíž špičky vstupuje jádro vegetativní buňky. Do láčky vstupuje také generativní buňka, která se tu (někdy již v pylovém zrnu) rozdělí ve dvě spermatické (samčí) buňky (obr. 195.). Pylová láčka prorůstá čnělkou a vniká mikropylí do zárodečného vaku vajíčka. Zřídka prorůstá pletivem integumentů a takové případy označujeme jako aporogamie. Po vniknutí láčky do zárodečného vaku mizí jádro vegetativní buňky a jedna spermatická buňka vniká do vaječné buňky, kde obě jádra vaječné i samčí buňky splynou, takže zde vznikne diploidní jádro. Jádro druhé spermatické buňky splývá s centrálním diploidním jádrem zárodečného vaku, takže vzniká triploidní jádro. Dalším dělením oplozené vaječné buňky se vyvíjí mnohobuněčný zárodek, embryo, jež je diploidní. Oplozené centrální jádro zárodečného vaku se mnohonásobně dělí a teprve dodatečně se mezi takto vzniklými jádry vytvoří v cytoplasmě přehrádky a vznikne mnohobuněčné pletivo endosperm s triploidními jádry.

U nahosemenných rostlin druhá samčí buňka zachází. Endosperm se tu vyvíjí již před oplozením vajíčka volným novotvořením buněk v zárodečném vaku, Je to vlastně pletivo samičího prothalia (obsahuje několik archaegonií) a proto je haploidní. Podle prací sovětských botaniků mohou být pylovými láčkami jiných pylových zrn, vniknuvších do nucellu, oplozeny i vegetativní buňky nucellu, takže se může vytvořit více klíčků. I když nedojde k vytvoření dalších embryí, má nesporně nucellus, oplozený jiným pylovým zrnem, vliv jako prostředí na vyvíjející se zárodek.

Na zralém semeni můžeme rozeznati osemení (testa), embryo čili zárodek (klíček) a často i endosperm a případně perisperm (obr. 203.).

Osemení má význam ochranný a je proto u většiny semen

tvořeno mechanickými pletivy, jež často tvoří několik vrstev. Jsou to buňky sklerenchymatické nebo jednostranně ztloustlé nebo Φ buňky. Sklerenchym tvoří buď nejzevnější vrstvu, často vyvinutou palisádově, nebo tvoří některou z vrstev spodních. Vzácný je v osemení kolenchym, např. hořčice (obr. 204., 205., 206., 207.). Blány buněčné jsou často zdřevnatělé a zkorkovatělé. U některých semen je zevní vrstva zeslizovatělá, takže ve vodě silně bobtná (např. u semen lnu - obr. 208.). Jindy zevní vrstvu tvoří buňky opatřené slizovým vláknem, jež ve vlhku bobtná a vylézá z buňky (Cuphea, obr. 209.).

Na vnější i vnitřní straně je osemení většinou pokryto kutikulou. Často bývají na jeho povrchu trichomy (bavlník), nebo je křídlovitě rozšířeno. U mnohých semen je v osemení zvláštní vrstva buněk, obsahujících flobafény, barviva třísloviné povahy. Je to tzv. pigmentová vrstva. Krom toho bývají v osemení vrstvy s krystaly šťavelanu vápenatého, nebo s křemennými tělísky, nebo s amorfním uhličitanem vápenatým. Jednoduché parenchymatické osemení nalézáme pouze u velmi drobných, tzv. pilinovitých semen. Osemení vzniklo z integumentů vajíčka.

Endosperm je zásobním pletivem. Jeho buňky obsahují škrob, soli, oleje, bílkovinná zrna a krystaly. U palem je sklerenchymatický. Jeho tlusté blány buněčné jsou glycidové povahy a jsou zásobní hmotou. Svrchní vrstvy endospermu u trav (lipnicovitých) jsou vyvinuty jako tzv. aleuronová vrstva, jejíž buňky obsahují mnoho aleuronových zrn, neobsahují však škrob (obr. 199., 200.). Jindy může být aleuronová vrstva tvořena perispermem.

Z endospermu se vyživuje rostoucí embryo. To může do uzrání semene úplně nebo jen částečně endosperm strávit. Podle toho rozeznáváme zralá semena bez endospermu (např. fazol) nebo s endospermem (obilná zrna).

Perisperm. Při dozrávání semen bývá nucellus úplně strávven vyvíjejícím se zárodkem, nebo ho zůstává část zachována a mění se v zásobní pletivo, perisperm.

U některých rostlin, např. hvozdíkovitých a merlíkovitých endosperm vůbec chybí a je zde pouze perisperm. U pepřovníkovitých a leknínovitých je perisperm i endosperm.

Embryo je zárodek nové rostliny. Obyčejně na něm již mů-

žeme rozlišiti kořínek (radicula), dělohy (cotyledones) a vegetační vrchol (plumula). Embrya nerozlišená na základy budoucích orgánů mají parasitické a saprofytické rostliny.

V semenech,postrádajících endosperm a perisperm, jsou veliká embrya, vyplňující celý vnitřek semene. Zásobní látky jsou tu nahromaděny přímo v klíčku, hlavně v dělohách (vikvovité).

V semenech s hojně vyvinutým zásobním pletivem jsou embrya poměrně malá. Do mikropyle nebo k chalaze vypouští embryo haustoria, jež pomáhají při výživě.

Mechanické principy ve stavbě rostlin dle V.F.Razdorského.

Anatomická stavba rostlin závisí na růstu, prostředí a fysiologické funkci rostlinného orgánu. Všechny tyto tři závislosti se uplatňují i při mechanické stavbě rostlin.

Na rostlinu nebo rostlinný orgán působí celá řada sil, jimž musí vzdorovat. Jsou to síly jednak statické, jednak dynamické.

Staticky působí přitažlivost zemská. Projevuje se vlastní tíží rostliny a jejích orgánů. Zvětšuje se současně se vzrůstem rostliny. Dočasně se může značně zvětšit zmáčením listů rosou nebo deštěm, námrazou, sněhovou pokrývkou a zrajícími plody. Snižuje se při opadávání listů nebo plodů.

Dynamicky působí vítr, padající kroupy nebo dešťové kapky, u vodních rostlin vodní proud a vlnobití.

Aby rostlina mohla vzdorovat všem těmto silám na ni působícím, musí její tělo být tak stavěno, aby mělo určitou pevnost, ohebnost a pružnost.

Principy mechanické stavby rostlin se zabýval již N.Grew roku 1672. Velmi podrobně rozvedl princip mechanického systému u rostlin r. 1874 Schwendener. Ukázalo se, že závěry jeho a jeho školy, vycházející z aplikace válců a pruhů mechanických pletiv k trámům a pilířům mostních konstrukcí, nemohly vždy plně vyhovovat.

V Sovětském svazu se po mnoho let zabývá mechanickou

stavbou rostlin V.F.Razdorskij. Experimentálně zjistil, že trámy a sloupy mostů jsou poměrně málo pružné, kdežto mechanická pletiva rostlin se vyznačují daleko větší pružností. Přirovnává proto mechanická pletiva rostlin k pružinám. Značný plošný povrch a prudké přechody rozměrů a tvarů jednotlivých rostlinných orgánů, např. čepele v řapík a toho v stonek vyžadují výztužných pletiv takovýchto vlastností. Krom toho rostlinné tělo není složeno pouze z těchto trámců a pružin. Je tu ještě základní hmota ostatních pletiv. Proto se rostliny mnohem více přibližují svou strukturou železobetonovým stavbám. Základní hmotě - betonu - odpovídají výplňová pletiva, železné armatuře odpovídají mechanická pletiva. Spojením armatury a základní hmoty vzniká jednolitá hmota. Při tom u rostlin je i výplňová hmota (tenkoblanná pletiva) na rozdíl od betonu velice pružná.

I tu však musíme uznat, že konstrukce rostlinného těla je na mnohem vyšším organisačním stupni než technické stavby. Armatura rostliny se tvoří současně s výplňovou hmotou během růstu a diferenciace tkání. Krom toho rostlina může svou konstrukci stále upravovat podle svých potřeb. Také při sledování fylogenese vidíme vývoj od primitivnějších konstrukcí ke složitějším.

Ve stavebnictví se při statickém zatížení umísťuje mechanický materiál na periferii celé konstrukce; má-li stavba vzdorovat dynamickému působení, např. větru, koncentruje se mechanický materiál do středu k podélné ose. S oběma principy se setkáváme i v anatomické stavbě rostlin. U mladých orgánů se projevuje tendence periferní. Mladý orgán potřebuje při rychlém růstu do výšky co největší šetření stavebním materiálem a při tom musí odolávat působení zemské tíže. Při nejmenší spotřebě mechanického materiálu je tento požadavek splněn oddálením mechanických pletiv co nejdále od podélné osy k periferii (obr. 229.). Princip stavby pružinové zatím ustupuje do pozadí. Rostlina je ještě nízká a nemusí vzdorovat větru. I v tom případě, kdy rostlina je vystavena vzdušnému proudění, rozměry malých rostlin dovolují pasivní ohýbání. Tak mnohé traviny se při větru ohýbají až k zemi.

Dlouhé stonky rostlin a listy mají převládající centrální strukturu mechanické stavby (obr. 230.). Sem patří stonky

nahosemenných i dvouděložných rostlin v té době, kdy již druhotně tloustnou. Zde převládá princip konstrukce pružin, jež vzdorují dynamickým silám, hlavně silnému větru. Podobně je tomu ve velkých listových čepelích liliovotých rostlin a palem (obr. 231.).

V kmenech jednoděložných, např. palem, převládá nejprve princip prvý, periferní, později však, když dřevnatí střední parenchymatické partie základního pletiva, převládá princip druhý, pružinový.

Nesmíme však zapomínat, že rostlina je živý organismus, který svou stavbu přizpůsobuje potřebám bytí a tak se stává, že nad mechanickými principy stavby převládnou potřeby jiné, jímž se potom struktura orgánu podřizuje.

H o j e n í r a n .

Povrchové rány se hojí tak, že na povrchu rány zkorkovatí obnažená vrstva nepoškozených živých buněk. Na vnitřní straně buněčných stěn se vytvoří korková vrstvička. Buňky zůstávají při tom tenkoblanné.

Velké hluboké rány se hojí závalem parenchymatických pletiv. Činností kambia a i dělením buněk všech živých pletiv, ranou zasažených, vzniká polštářkovitý útvar, tzv. kalus čili svalec. Později buď blány buněk svalce zkorkovatí nebo se v něm vytvoří felogen, jenž produkuje korek, pokrývající povrch závalu. Při velkých ranách, sahajících až do mrtvého jádrového dřeva, např. po odříznutí silných větví, vzniká zával jako kruhovitý val na okraji rány a postupně přikryje celou ránu. V závalu se vytvoří kambium, jež produkuje dovnitř deuteroxylem, vně deuterofloem. Takto vzniklé dřevo však nikdy nesrůstá se starým dřevem. Je-li rána tak veliká, že kalus nestačí ji celou pokrýti, zůstává jen při tvorbě velikých valů na okrajích, kdežto v obnaženém dřevu se nahromadí třísloviny nebo pryskyřice, odumře a změní se na dřevo jádrové, jež je chráněno obsahem tříslovin před vlivy vlhkosti.

U jehličnatých stromů se zalévá rána po poranění pryskyřicí, vyprýstivší z pryskyřičných kanálků. U švestek, třešní,

akacií, celé soubory buněk v ráně se mění v gumu, jež ránu zalije. Otevřené cévy dřeva jsou rychle ucpávány thylami.