

A NÖVÉNYEK BELSŐ SZERKEZETE

IRTA

DR. TUZSON JÁNOS

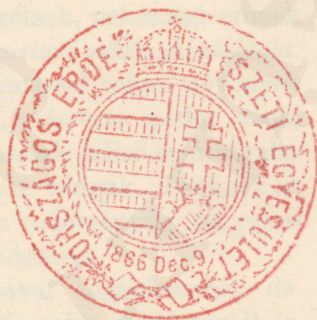
OEE Könyvtár
Áll. Ell. 2018

59 SZÖVEG KÖZÉ NYOMTATOTT KÉPPEL

KÜLÖNLENYOMAT

AZ »ÉLŐK VILÁGA« CIMŰ MUNKÁBÓL

1
A.k. 2482.
VIII/3.
VIII/3.
X/4. T.
/

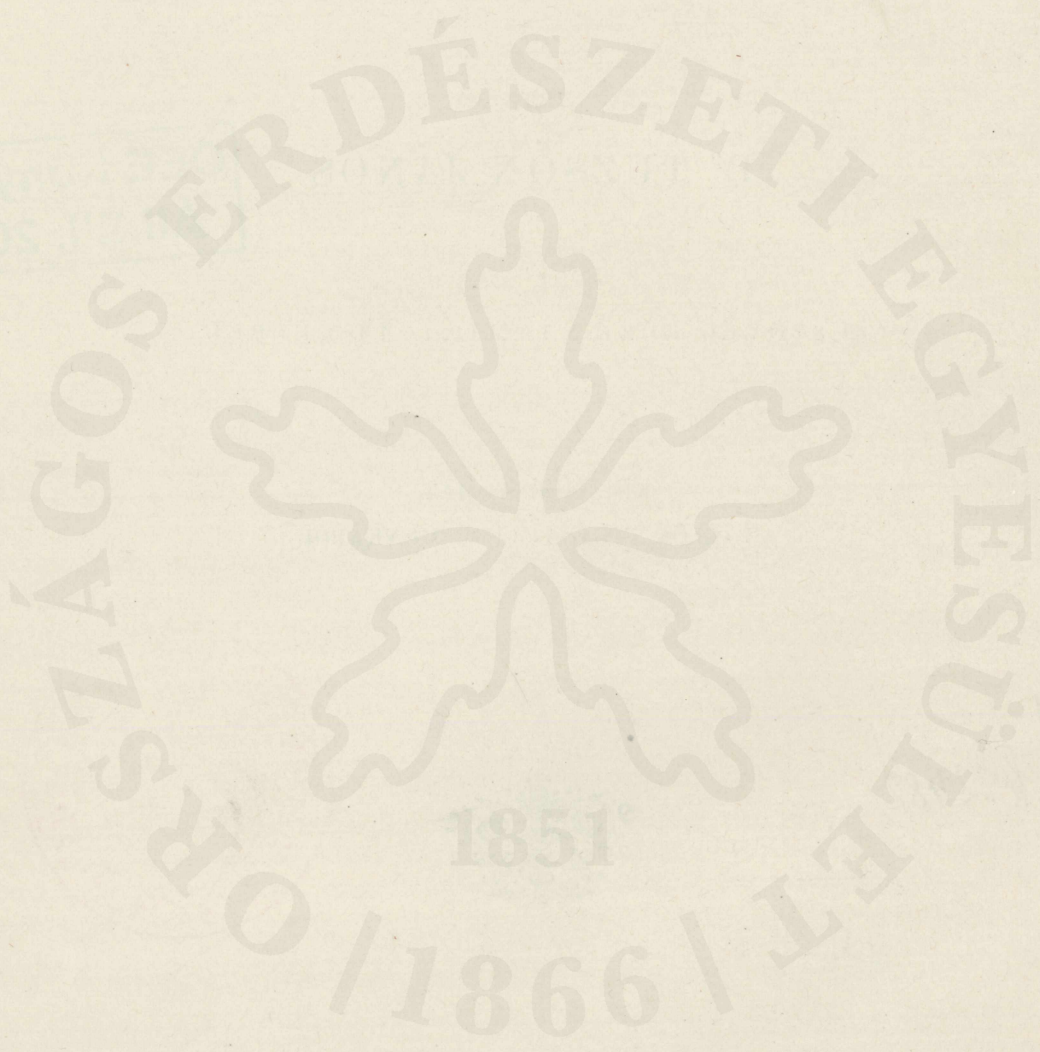


ORSZÁGOS ERDÉSZETI EGYESÜLET
KÖNYVTÁRA

BUDAPEST

AZ ATHENAEUM IRODALMI ÉS NYOMDAI R.-TÁRSULAT NYOMÁSA

1907.



A NÖVÉNYEK BELSŐ SZERKEZETE.

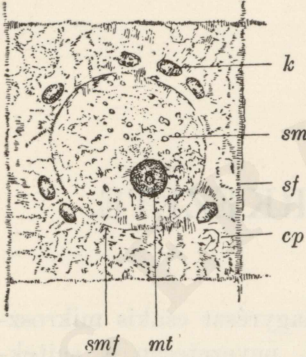
FEBBEN A fejezetben a növények finomabb, nagyrészt csakis mikroszkóppal látható szerkezetével foglalkozunk, nevezetesen a sejtekkel és a sejtekből álló szövetekkel. A növények testének belső szerkezetét különböző szempontokból tárgyalhatjuk. A sejtek és szövetek alaki és anyagi sajátosságait, valamint ezek élettani működését és feladatát általános szempontokból az *általános növényhisztológia* tárgyalja; azoknak a növény háztartásával, nevezetesen a táplálkozással és általában az anyagcserével, továbbá a szaporodással, mozgási tünetenyekkel stb., szóval a növény testében végbemenő összes fiziológiai jelenségekkel kapcsolatos sajátásaival pedig a *fiziológiai növényhisztológia* foglalkozik. Ehhez az ágazathoz tartozik a mechanikai növényhisztológia is, amely a sejteknek és a szöveteknek szerkezetében és elrendeződésében a növényi test architektúráját ismerteti és azt, hogy az anyag legtakarékosabb felhasználása mellett, milyen szöveti szerkezet biztosítja a növény szilárd állását: a szélnek, nehézségi erőnek stb. való sikeres ellenállását. Külön ágazat a *rendszerintani növényhisztológia*. Ennek tanai egyrészt azon alapulnak, hogy az egymással rokon növények hisztológiai szerkezetében kifejezésre jut a rokonság, másrészt pedig azon, hogy a különböző növényfajok és nemek között, nemcsak külső sajátágaikban, hanem hisztológiai szerkezetükben is különbségek vannak. Ezeknek az alaptételeknek figyelembe vételével állapítja meg ez a tudományág az egyes növényfajok, nemek és családok összehasonlító hisztológiáját.

A továbbiakban az általános növényhisztológiával foglalkozunk, de esetről esetre figyelembe vesszük a többi ágazatok fontosabb eredményeit is, amelyek különböző szempontok szerint világítják meg előttünk a növény szerkezeti berendezéseit és általában a növény egész lényét.

A növények sejtjeiről.

Bármily bonyolult is legyen valamely növény testének szerkezete, és benne az elemi alkotórészek bármily változatosak is legyenek, az összetevő egység alapján véve mindig ugyanaz: *a sejtfallal körülzárt sejt*. A növényi sejt

alakjában és nagyságában tapasztalható különbségek, a növény testének teljes kifejlődése folyamán alakulnak ki. A kiinduló ponton pedig, amit általánosságban *embrionális állapotnak* mondunk, a növény sejtjei mind egyformák. Ha megvizsgáljuk a magban a csira szövetét, vagy a kifejlett növényen a növekedésben levő csúcsok sejtjeit, úgy ezeken még nyomát sem látjuk annak a változatosságnak, amit a kifejlett részek sejtjein tapasztalunk. Az embrionális állapotú sejteken tehát bizonyos általános sajátosságokat tapasztalunk: *a növényi sejt alaptulajdonságait.*

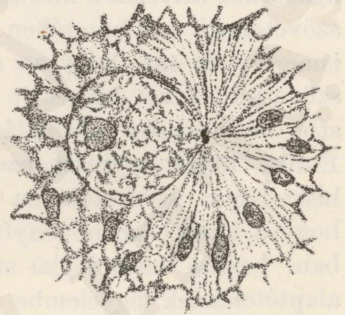


223. ábra. A tenyészőcsúcs egy sejtje. *sm* sejtmag; *smf* a sejtmag fala; *k* kromatofóra; *cp* citoplazma; *sf* sejtfal. 1000-szer nagyítva. (Strasburger.)

Ilyen embrionális állapotú szövetet látunk a 280. és 281. ábrán. Ha az ilyen szövetnek egy sejtjét behatóbban akarjuk megvizsgálni, úgy ahhoz erősebb nagyítás szükséges, amidőn is abban, megfelelő festési eljárások alkalmazása mellett, a következő alkotórészek különböztethetők meg. (223. ábra.) Legkívül határolja a sejtet *a sejtfal (sf)*, amely, a szövet belsejében, a szomszédos sejtek közös tartozéka. A sejtfal által körülzárt tér *a sejtüreg*, melyben a sejt különböző alkotórészei foglalnak helyet. Így elsősorban a többnyire gömbalakú *sejtmag (sm, nucleus)*, melynek finoman pontozott anyagából kiválik a *magtestecske (mt, nucleolus)*.

A sejtmag és a sejtfal között finoman szemcsés, plasztikus anyag foglal helyet, a *citoplazma (cp)*, melyben, a sejtmag közelében, apró, erősen fénytörő testecskek, a *kromatofórák (k, chromatophor)* különböztethetők meg. A citoplazma, a sejtmag és a kromatofórák együttesen alkotják a *protoplazmát*. Az elősorolt alkotórészek jellemzik a növényi sejtet, amelytől az állati sejt a szilárd sejtfal és a kromatofórák hiánya, valamint a sejtmag mellett levő centrozóma jelenléte által különbözik. Utóbbihoz hasonló testecske azonban, a továbbiak szerint, egyes alsóbbrendű kriptogám növények sejtjeiben is előfordul.

A növényi sejtek leírt szerkezetének különféle változásait, módosulatait ismerjük. Így a sejtmag a baktériumsejtekből hiányzik, vagy legalább is eddig még ezekben nincs kimutatva. Különben egyáltalán kérdéses, hogy a baktériumok a fenti értelemben vett sejt, vagy a sejtmag értékével bírnak-e? A hasadó vagy kék moszatok sejtjeiben a sejtmag szerepét a *központi testecske* tölti be, amely azonban a tulajdonképeni sejtmagtól alkotásában elüt. Míg a kromofita növények sejtjeiben rendszeren egy sejtmag foglal helyet, addig a telepes növények egy nagy részének, különösen a gombáknak és a tömlőmoszatoknak sejtjeiben számos apró sejtmag van.



224. ábra. A *Fucus serratus* egészen fiatal példányának sejtmagja, a környező citoplazmával. A sejtmag jobb oldalán a centrozómaféle testecske van, mely körül a plazma sugarasan helyezkedik el. 1000-szer nagyítva. (Strasburger.)

A növénysejt rendes szerkezetéhez képest eltérést tapasztalunk egyes alsóbbrendű telepes növények sejtjein, — amint már említém, — még abban is, hogy ezekben a sejttag mellett, az állati sejtekben előforduló centrozómához és centriólához hasonló testecske is előfordul (224. ábra).

A sejttag, a növénysejt egyik jellemző alkotórésze, egyes esetekben hiányzik. Így a nyálkagombák plazmódiumán, moszatok rajzospóráján, valamint a megtermékenyítés előtt a magasabbrendű növények petesejtjén sincs meg.

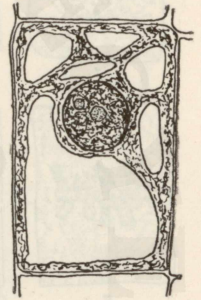
A kromatofórák a gombák és a baktériumok plazmájából hiányzanak.

Ha az embrionális szövet tovább fejlődik, úgy sejtjei különböző változásra mennek át. Eleinte a citoplazma, vagy röviden a plazma, az egész sejtüreget kitölti (223. ábra). Később a sejtek növekednek és nagyrészt a növény tengelye irányában megnyulnak, miközben plazmájuk eleinte kisebb, később nagyobb üregeknek, a *vakuoláknak* ad helyet. (225. ábra.) A vakuolák végül összeolvadnak és a sejt belseje egyetlen vakuolává alakul, amelyet a sejttaghoz símuló plazmaréteg vesz körül. Ezalatt a sejttag nemcsak helyzetét, hanem alakját is megváltoztatja. Az embrionális állapotú sejtben a sejttag aránylag nagy, többnyire gömbölyded; később a sejt növekedő terjedelmének kisebb részét foglalja el és citoplazmával állandóan körülvéve, majd a vakuolák közötti plazmaszálak egyesülése helyén, a sejt belső részében (225. ábra), majd pedig a sejttaghoz símulva foglal helyet, korong, orsó vagy néha elágazó alakot véve fel. Az egészen kifejlett sejtekben a plazma a sejttag mentén már csak igen vékony réteget alkot. Ez a réteg oly vékony is lehet, hogy a sejt csakis sejttagból és sejtüregből állónak látszik.

A vakuolák tartalmazzák a *sejtnedvet*, vagyis az anyagcsere különféle folyékony anyagait.

A sejt kifejlődése közben a sejttag is jelentékeny változásokon megy át. Az eredetileg igen finom sejttag, amelyet elsődleges (primär) sejttagnak nevezünk, hovatovább vastagodik (232. ábra); a legtöbb esetben belülről reá újabb és újabb sejttagrétegek rakódnak. Ezek a rétegek alkotják a másodlagos (secundär) sejttagréteget, amelynek legbelső, a sejtüreget körülvevő finom rétege a harmadlagos (tertiär) réteg. A sejttagnak ez a vastagodása, annak nem minden részén történik egyformán, hanem egyes pontjain, vagy kisebb-nagyobb kiterjedésű részein a vastagodás elmaradhat. A sejtek alakján és nagyságán kívül főleg a sejttag eme vastagodása szerint különböztetjük meg az egyes *sejttagjait*.

Míg a sejttag a sejtnek élettelen részét képezi, melynek a sejt életműködéseiben csupán fizikai szerep jut, addig a protoplazma különböző alkotórészei az életműködések székhelyét teszik. Ezeknek a működése által jön létre az osztódó szövetekben időről-időre a sejtek kettéoszlása, és — a sejt fejlődésének további folyamán — a sejttag vastagodása. Ezek dolgozzák át a táplálóanyagokat, váladékokat stb.; és a petesejt protoplazmáját kell felruháznunk a tulajdonsággal is, hogy a belőle kifejlődő növény összes alakja és élet-tani sajátosságait magában hordja.

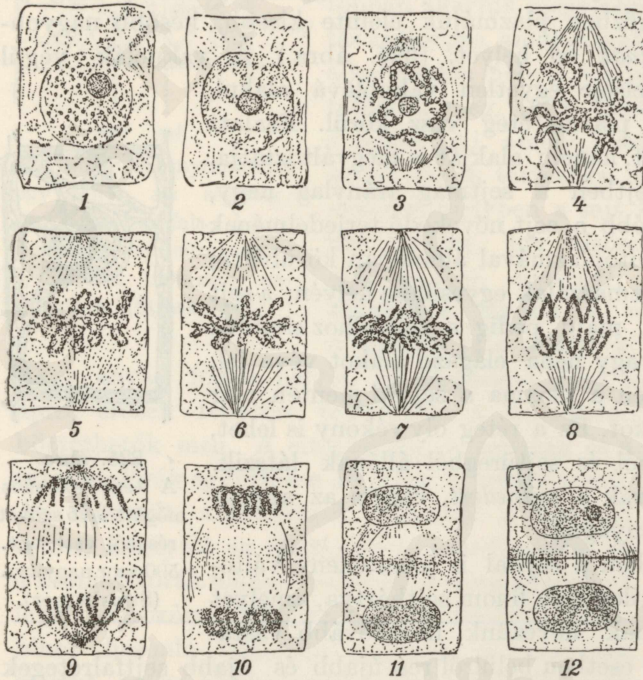


225. ábra.
A tenyészőcsúcs
mögött levő szövet-
részről vett sejt.
500-szor nagyítva
(Strasburger).

Az előbbieken a növényi sejt szerkezetét nagyjából röviden összefoglaltuk; vegyük most annak egyes alkotórészeit sorba, és foglalkozzunk azokkal külön-külön.

A *sejtmag* a sejt legfontosabb része, egyebek között azért, mert a sejt egyik legfőbb életműködésében, az osztódásban, vagyis a sejtek szaporodásában, a sejtmag osztódása képezi a kiindulási pontot; nemkülönben azért is, mert a protoplazmában a sejtmagot tekinthetjük a növény összes sajátságai hordozójának.

A sejtmag és ennek jelentősége, az összetett mikroszkóp feltalálása óta úgyszólván állandóan vizsgálat tárgyát teszi. Viszonyainak kellő megismerésével kapcsolatos az élet számos problémájának megoldása. Ez okból, az élőlények testének részei és anyagai között, a sejtmag képezi egyszermind azt a legapróbb egységet is, amelynek sajátságait, életműködéseit és egész jelentőségét, a modern vizsgálati eszközök segítségével hovatovább behatóbban igyekszik kikutatni a tudomány.



226. ábra. Osztódásban levő vegetatív sejtnek egymásután következő állapottai. 600-szor nagyítva. (Strasburger).

zatos fonadékból áll, amelynek anyagában igen apró szemecskék láthatók. A fonadék anyagát *linin*-nek, a szemecskéjét *kromatin*-nak nevezzük. Kiválik a sejtmag belsejében a *magtestecske* (nucleolus), egyesével vagy többesével.

A sejtmag leírt szerkezetében, közvetlenül a sejt osztódása előtt változás áll be: a sejtmag gombolyagszerűen hálózatos anyaga egyes részekre tagolódik (226. ábra, 2), amelyek mind jobban és jobban összehúzódnak és rövid fonaldarabokká, ú. n. *kromoszómákká* alakulnak. Ezekben megkülönböztethetők az alapanyag és az apró, tömörebbnek látszó testecskék, amelyek korongszerűek és a zalapanyag által egymástól elválasztva foglalnak helyet a kromoszómák egész hosszában (226. ábra, 3—7). Ezeket kromoszóma-testecskéknek vagy *id*-eknek nevezzük (227. ábra). Az idek egyúttal határát képezik annak, amit a kromo-

ismerésével kapcsolatos az élet számos problémájának megoldása. Ez okból, az élőlények testének részei és anyagai között, a sejtmag képezi egyszermind azt a legapróbb egységet is, amelynek sajátságait, életműködéseit és egész jelentőségét, a modern vizsgálati eszközök segítségével hovatovább behatóbban igyekszik kikutatni a tudomány.

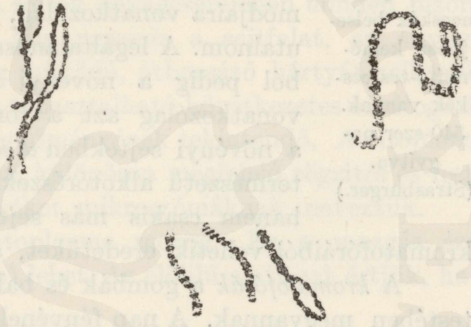
A sejtmag szerkezetéből, rendes körülmények között, a legerősebb nagyítás és a megfelelő rögzítés és színezés mellett is lényegében alig látunk többet, mint amennyit a 223. ábra feltüntet. Belseje hálózatos

szómák anyagából, mikroszkóp segítségével meg tudunk különböztetni. Az idek a növénysejtnak és így az egész növénynek igen fontos alkotórészei, amelyeket *Strasburger* a növény örökölt tulajdonságainak anyagi székhelyei gyanánt tekint. Elméletileg pedig minden ilyen idben még számtalan öröklési egységet tételmez fel. Ezek a feltételezett, végtelen apró részecskék öröklési egységek, vagyis az örökölt sajátságok hordozói: a *pángén*-ek.

A sejtmag osztódása, a kromoszómák kiválása után (226. ábra, 3) azzal folytatódik, hogy az egyes kromoszómák hosszukban kettéhasadnak; eközben pedig a sejt két átellenes falának közepe, az ú. n. sarkok felé, sugarasan elhelyezkedő plazmaszálak húzódnak, és a kettéhasadt, de még egymással összefüggő kromoszómák, a sejt közép (ekvatoriális) síkjába helyezkednek (226. ábra, 4—7), mialatt a magtestecske feloszlik. A sejt középsíkjában elhelyezkedett kromoszóma-felek egymástól elválnak és egyik felük az egyik, másik felük a másik sarkhoz vonul (226. ábra, 8, 9). A sarkokon a kromoszómafelek ezután ismét gomollyá alakulnak, fonalas szerkezetük elvész, és a magtestecskék kiválásával párhuzamban, kialakul a két új sejtmag (226. ábra, 10—12). A két sarkhoz nyúló plazmaszálak eközben a sejt középsíkján megvastagodnak, és az így létrejövő sejt-fallemez az új-, vagyis a leány-sejtmagok teljes kialakulásáig, szintén átalakul a leánysejteket elválasztó sejtfallá. A leírt osztódási folyamat mellett a sejtmag kromoszómái minden egyes osztódás alkalmával a feleződés által megkétszereződnek, és így számuk az új sejtekben állandó, vagyis az osztódás által nem változik. Ez a szám különböző lehet, de ugyanannak a növénynek sejtmagjaiban egyforma. A legkisebb, eddig megfigyelt kromoszóma-szám 8, rendszeren azonban ennél jóval nagyobb.

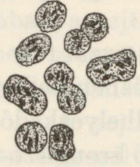
A leírt osztódástól eltérő az ivaros sejtek, vagyis az embriózsák- és a virágpor-anyasejtek létrejöttékor végbemenő osztódás, az ú. n. *redukciós osztódás*. E folyamat alatt a kromoszómák meghasadnak ugyan, azonban nem válnak ketté, hanem együtt maradnak, és így a sejtosztódás után, a létrejövő új sejtek, vagyis az említett ivaros sejtek kromoszómáinak száma az illető növény vegetatív sejtjeire jellemző kromoszóma-szám felét fogja csak kitenni. A teljes kromoszóma-szám pedig csak akkor fog helyreállni, ha a virágpor sejtmagja a petesejt magjával egyesül, vagyis a megtermékenyüléskor. Ezután az embrió, valamint a belőle kifejlődő növény sejtjei ismét teljes számú kromoszómákkal fognak bírni.

A sejtmag leírt osztódását indirekt vagy kariokinetikus osztódásnak nevezzük. A legtöbb esetben, ily módon szaporodnak a növénytest sejtjei. Csakis bizonyos határozott esetekben: alsóbb rendű növényekben és a magasabb rendűek idős sejtjeiben fordul elő a direkt, vagy fragmentációs sejtmagoszlás.



227. ábra. A kanadai lilium virágpor-anyasejtjeinek redukciós osztódásakor szétváló és egyesülő kromoszómák és a bennük látható idek. 1800-szor nagyítva. (Strasburger.)

Az osztódó sejtek új válaszfala, a magasabb rendű növények testében, rendszeren a leírt módon keletkezik; a telepes növények sejtjeinek fala azonban nem a kifeszülő plazmaszálak megvastagodása révén képződik, hanem úgy, hogy az a plazmában réteg alakjában válik ki, vagy pedig oly módon, hogy a sejt falán köröskörül párkányszerűen kezdődik meg és hovatovább beljebb növe, végül egész sejtfallá záródik.



228. ábra.

A *Funaria hygrometrica* klorofill-szemecskéinek osztódása. A szemecskék belsejében keményítő-testecskék vannak. 540-szer nagyítva. (Strasburger.)

A sejtosztódással kapcsolatos a kromatofórák szaporodása is, ami ezeknek a testecskéknek befűződés által történő kettéoszlásában áll (228. ábra).

A centriolával bíró moszatok sejtmagjának osztódását a centriola osztódása előzi meg (229. ábra). Az ily módon létrejött két centriola egymástól távolodva, a leendő pólusokon helyezkedik el, ahol a rendes kariokinetikus osztódási folyamat útján keletkező leánymagok helyezkednek el.

A sejtszaporodás és egyáltalán az új sejtek keletkezése más módjaira vonatkozólag, terjedelmesebb botanikai munkákra kell utalnom. A legáltalánosabban előforduló, előbb leírt folyamatokból pedig a növényi sejtek szerkezetére és egész lényegére vonatkozólag azt a fontos következtetést emelhetjük ki, hogy a növényi sejtekben a *sejtmag*, a *plazma* és a *kromatofórák* olyan természetű alkotórészek, amelyek maguktól nem jöhetnek létre, hanem csakis más sejtek sejtmagjaiból, plazmájából, illetőleg kromatofóráiból vehetik eredetüket, azok kettéoszlása által.

A *kromatofórák* a gombák és baktériumok kivételével az összes növények testében megvannak. A nap fényének kitett növényi sejtek plazmájában apró, legtöbbször színes testecskék alakjában vannak meg. Ellenben az embrió és a tenyészőcsúcs sejtjeiben, valamint a növény testének belső vagy földalatti részeiben, amelyek a világosságtól elzárva, a kromatofórák szintelen, erősen fénytörő testecskék. A kromatofórák háromfélék, ú. m. kloroplaszták, leukoplaszták és kromoplaszták.

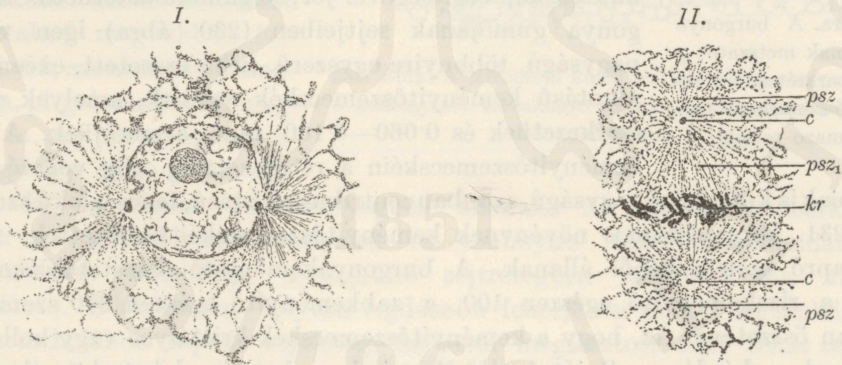
A *kloroplaszták* a növény táplálkozásának főeszközét képezik. Ezeknek a segítségével dolgozzák fel a növények a levegő szénadtartalmának szénét, és a talajból felvett víz és ásványi táplálóanyagok felhasználása mellett a különféle szénhidrátokat hozzák létre. Ehhez a folyamathoz az erőt a nap fénye kölcsönzi. Ennek megfelelően a kloroplaszták vagy más szóval klorofill-testecskék a növény testének külső, a fénynek kitett részeiben fordulnak elő, legnagyobb mennyiségben pedig a levelek sejtjeiben (263. ábra). Alakjuk többször kissé lapított, tojásdad. Az alsóbbrendű moszatok sejtjeiben azonban csillag-, lemez- stb. alakúak is előfordulnak. Igen csinosak a Spirogyrák csavarosan elhelyezett, szalagalakú kloroplasztái (11. melléklet, 2. kép). A klorofilltestecskék alapanyaga szintelen, melyben színes szemecskék (grana) vannak. Utóbbiak tartalmazzák a zöld klorofill-anyagot, mely az alapanyagból alkohollal kivonható. A zöld színanyag mellett sárgás, úgynevezett xantofill színanyagok is előfordulnak. A klorofill vegyi rokonságban áll az állatok vörös vértestecskéinek hámoglobinjával. A kloroplaszták a cito-

plazma külső rétegében, a sejthártya közelében foglalnak helyet. A *leukoplaszták* a növénynek a fénytől elzárt sejtjeiben vannak, és a keményítőszemecskék képzésében van szerepük, amiért keményítőképzőknek is neveztetnek. A fénynek kitéve átalakulhatnak kloroplasztákká.

A *kromoplaszták* a növények élénk pirosas vagy sárgásszínű gyümölcseinek, virágleveleinek stb. sejtjeiben foglalnak helyet. Megkülönböztetjük a pirosszínű karotin és a sárga xantofill színanyagokat, amelyek közül az első többnyire tű, rombusz vagy háromszög alakú táblás kristályokban, az utóbbiak pedig amorf alakban fordulnak elő.

A protoplazma harmadik alkatrésze, mely egyúttal főtömegét képezi: a *citoplazma*. Ez félig folyékony, kocsonyás állományú test; tiszta alapanyaga a *hialoplazma*, amely — változó mértékben — szemecskéket tartalmazhat, és ez esetben *polioplazmának* nevezzük. A citoplazmát kívül, a sejthártya felé, a *határréteg* veszi körül. A belsejében keletkező vakuolák felé pedig a *tonoplaszta* határolja. Úgy a határréteg, mint a tonoplaszta nem egyéb, mint szemecstelen plazmahártya. Ezeknek a hártýáknak a sejtek anyagcseréjében minden bizonynyal igen jelentékeny szerepük van. Míg ugyanis a sejtfalat, az anyagok vándorlásában, mint pusztán fizikailag működő, átbocsátó hártýát kell tekintenünk, addig az átbocsátott anyagokon tapasztalható következetes kiválogatás, szondirozás, e hártýák közreműködése eredményének tekintendő. A citoplazma egész anyaga hálózatos szerkezetű, ami különösen megfelelő rögzítés és festés által tűnik elő; a benne levő szemecskéket mikroszómáknak nevezzük.

Gyakran tapasztaljuk, hogy a citoplazma mozog. Ez a mozgás szétáramló (*circulatio*) vagy keringő (*rotatio*) lehet. Az előbbi alatt azt értjük, ha a



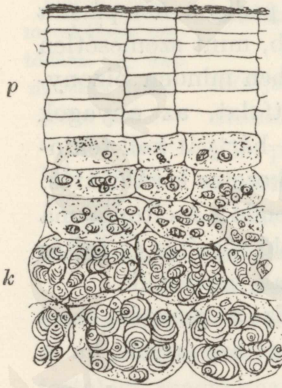
229. ábra. A *Fucus serratus* osztódó sejtmagja: *I.* a centriola már osztódott és a két fél egymástól távolodóban van, körülöttük plazmaszálak helyezkednek el sugárasan; *II.* a centriolák *c* már a két póluson helyezkedtek el, és a maglemezben kettéhasadt kromoszómák *kr* foglalnak helyet; *psz* a centrioláktól kifelé, *psz₁* a kromoszómák felé irányuló plazmaszálak. 1000-szer nagyítva. (Strasburger.)

vakuoláktól megszagattott citoplazmaszálak anyaga, a sejt belseje felé és onnan ismét kifelé, a sejthártya felé áramlik. Míg ellenben a keringő mozgás az, ha a citoplazma a benne levő szemecskével, testecskékkel a sejthártya mentén áramlik, egyik oldalon oda, a másikon vissza. A protoplazma

három főalkatrészén: a citoplazmán, a sejtmagon és a kromatofórákon kívül, még különféle anyagokat és testecskéket tartalmaz, amelyeket a protoplazma zárványainak nevezünk. Ezek közé sorozzuk a keményítőszemecskéket, az aleuronszemeket, a kristályokat, csersav tartalmú, olaj- és zsírsöppöcskéket, éterikus olajokat és gyantákat, nyálkát, kaucsukot, guttaperchát stb.

A magasabbrendű növények legelterjedtebb és legfontosabb szénhidrátja a keményítő. Ez a kloroplaszták asszimiláló tevékenységének első, biztosan megállapított eredménye. A levelek és általában a zöld részek sejtjeiben nappal a kloroplaszták apró keményítőszemecskéket tartalmaznak, amelyek folyékony anyagokká átalakulva csakhamar tovább vándorolnak, hogy helyükbe újabb keményítőszemecskék keletkezzenek. A kloroplasztáktól létrehozott apró keményítőszemecskéket *asszimilációs keményítőnek* nevezzük.

Ez vándorlásra képes táplálóanyaggá, szőlőcukorra stb. alakulva vándorol a levelekből a növény különböző részeibe, ahol vagy felhasználják a fejlődő részek sejtjeinek kiépítéséhez, vagy pedig raktározva marad a gumókban, magvakban, a fatörzsben stb., hogy mint tartalék-táplálóanyag a növénynek rendelkezésére álljon. Ezt a keményítőt *tartalékkeményítőnek* nevezzük, mely az említett részek sejtjeiben az asszimilációs keményítőnél sokkal nagyobb szemek alakjában fordul elő. E keményítőszemecskék alakja és nagysága a különböző növények szerint változó, úgy hogy pl. a burgonya-, rizs-, búza-, zab-, kukorica-, paszuly stb. tartalék-keményítője mikroszkóp segítségével jól megkülönböztethető. A burgonya gumójának sejtjeiben (230. ábra) igen változó nagyságú, többnyire egyszerű, néha összetett, excentrikus alkotású keményítőszemecskék vannak, amelyek réteges szerkezetűek és 0.060—0.100 mm. átmérőjűek. A búza keményítőszemecskéin a rétegzettség alig vehető észre.



230. ábra. A burgonya gumójának metszete: *p* a héj pararétege; *k* keményítő-szemeket tartalmazó sejtek.

Utóbbiak is különböző nagyságú, azonban centrikus alkotású, lencsealakú szemecskék (231. ábra). Számos növénynek keményítőszemecskéi összetettek, vagyis több apró szemecskéből állanak. A burgonyakeményítő összetett szemecskéi 2—4, a rizskeményítő egészen 100, a zabkeményítő egészen 300 szemecskéből van összetéve. Az, hogy a keményítőszemecskék kristályos vagy kolloidális anyaguak-e, kérdéses. Sajátságaikból mind a kettőre lehet következtetni, miért is pl. *Kraemer* kristályos és kolloidális anyagban dúsabb illetőleg szegényebb rétegek váltakozását tételezi fel. Ezzel szemben *Fischer H.* kolloidális, *Meyer A.* és mások pedig kristályos szerkezetet tulajdonítanak a keményítőnek. Utóbbiak szerint, a keményítőszemecskék, rétegzettségüknek megfelelően, sugarasan elhelyezett, finom, túlalakú kristályokból volnának összetéve.

A növények testében igen jelentékeny mennyiségű tartalékkeményítő halmozódhat fel. A burgonyagumónak negyedrészt, a búzának majdnem háromnegyedrészt keményítőszemecskék teszik. A tiszta keményítőt az illető növényi rész összeaprítása és iszapolása segítségével lehet kiválasztani.

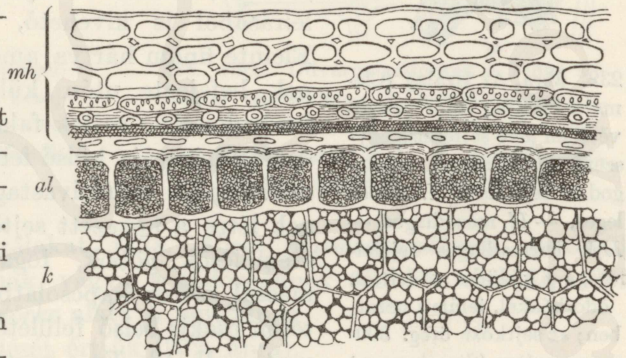
Az őrlés által nyert liszt természetesen nemcsak keményítőből áll, hanem az illető sejtek többi összeroncsolt részeit is tartalmazza. A fák törzsében a bélsugársejtek és általában a faparenchima-sejtek tartalmaznak sok, aprószemű tartalékkeményítőt. Ez azonban a fából nem lévén jól kiválasztható, nem használható. A magvak, gumók keményítője csirázáskor, diasztatikus fermentumok által, vándorlásra képes glükózákra bomlik. Ilyen alakban használja azt fel a fejlődő csiranövényke. Hasonló módon átalakul és elvándorol, legalább részben, a szár, illetőleg a fatörzs tartalékkeményítője akkor, ha virágzás után a magtermés következik. A törzs tartalékkeményítője ugyanis először glükózák alakjában a megtermékenyített petesejt környékére, vagyis a magvak táplálószövetébe (endospermium) vándorol, hogy itt újból tartalékkeményítővé alakuljon. Ebből az okból, magtermés után, a fatörzs és az ágak keményítőtartói kiürülnek, és sok esetben több évre van szükség, hogy újból megteljenek, vagyis, hogy újból dús mag-, illetőleg gyümölcstermő esztendő következék.

A keményítő $(C_6H_{10}O_5)_n$ összetételű szénhidrát. Vízrel felfőzve csirizzé változik. Poláros fényben a keményítőszemcskék sötét keresztet mutatnak. Jellemző a keményítőszemcskékre, hogy jóoldattal kezelve megkékülnek.

A protoplazma zárványai közé soroljuk az *aleuronszemcskéket*. Ezek különösen olajtartalmú magvakban fordulnak elő, azonban más magvakban, pl. gabonaféléink magjában is. Az aleuronszemcskék egy-egy vakuolában fejlődnek ki és főként fehérjeanyagból állanak. Az aleuronszemcskében

vannak a gömbölyded *globoidok* és többnyire fehérjekristalloidák is. Gabonaféléink magjában, a legkülső sejtrétegben található sok aleuron (231. ábra). E körülmény folytán legdúsabb fehérjében és így legtáplálóbb a búzaszem héjához tapadó sejtréteg. Az ettől megfosztott liszt tehát táplálóerőben szegényebb. Az aleuronszemek jóoldattal sárgásbarnára festődnek.

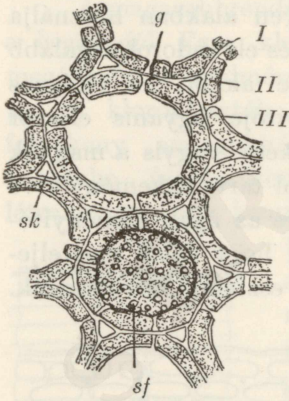
Fehérjekristalloidák — az aleuronszemeken kívül — előfordulhatnak a kromatofórákban, néha a sejtmagban, magvak és gumók sejtjeiben stb. Igen gyakoriak a növény legkülönbözőbb részeiben a sóskasavas *mészkristályok*. Ezek a sejtnék nagy részét kitöltő, egyenként álló, tetragonális vagy monoszimmetrikus kristályok lehetnek; vagy pedig aprók és egy sejtben többesével foglalnak helyet. A *raphidok* igen finom túalakú kristályokból álló kévék; különösen az egyszikű növények sejtjeiben gyakoriak. Legelterjedettebbek a buzogányalakú kristályhalmazok, az ú. n. kristálydruzák. A sóskasavas mészkristályoknak a növény háztartásában az a jelentősége, hogy keletke-



231. ábra. A búzaszem külső részletének keresztmetszete: *k* keményítőt tartalmazó sejtek; *al* aleuronos sejtréteg; *mh* a búzaszem héja.

zésük által megkötik a sejtekben levő sósavasavat, mely a fehérjék keletkezése helyén mint melléktermény válik ki.

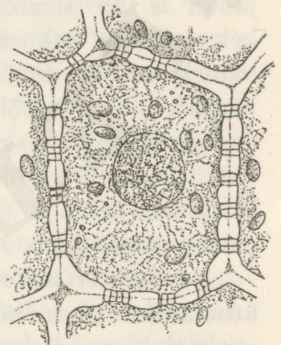
A vakuolák tartalmazzák a *sejtnedvet*. Ez különféle anyagokból áll; főleg pedig vízből és oldott szénhidrátokból, ú. m. cukrokból, különösen pedig *glükózák*-ból. Ezenkívül a sejtnedvben *cseranyagok*, *alkaloidák*, *glükózidák*, *organikus savak*, valamint *anorganikus sóoldatok* is előfordulnak. A sejtnedv különféle színes anyagokat is tartalmaz, különösen pedig *anthokyan* színanyagokat, melyek különféle árnyalatú kék-, piros- vagy ibolyaszínűek lehetnek. A virágok színeit a sejtnedv különféle színanyagai, valamint ezeknek egymás között és a pirosas meg sárgás kromoplaszták és zöld kloroplaszták között való kombinációi okozzák.



232. ábra. Az izsalag (*Clematis vitalba*) szára bélszövetében levő sejteknek egyszerű gödörkéekkel vastagodott sejtfalai: *I.* elsődleges, — *II.* másodlagos, — *III.* harmadlagos sejtfalréteg; *g* gödörke; *sf* sejtfal, gödörkéekkel, felületi nézetben; *sk* sejtközi üreg. 300-szornagyítva. (Strasburger.)

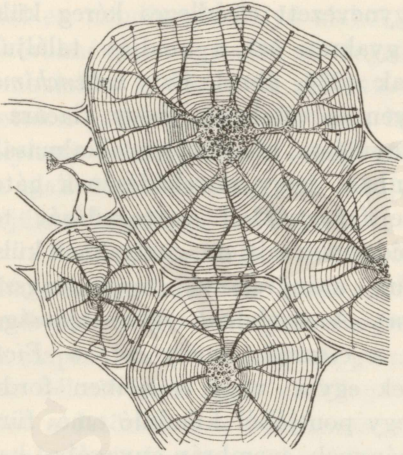
nek a meglevő réteg részecskéi közé való berakódásában (*intussusceptio*) áll és különféleképpen történhetik. A változatosság különösen abban nyilvánul meg, hogy a sejtfal vastagodása egyes pontokon vagy felületrészeken nem következik be. Ha a sejtfal vastagodása egyes apró, kör alakú felületen marad ki, úgy a sejtfalban cső- vagy más alakú mélyedés támad, amit *gödörkének* (*porus*) nevezünk (232. ábra).

A szomszédos sejtek gödörkéi az elsődleges sejthártyának ugyanarra a pontjára, egymással szembe nyílnak és így egymással kapcsolatban állanak; illetőleg azokat egymástól csupán az elsődleges sejtfalréteg választja el, amely a vizet és a benne oldott anyagokat át bocsátja, miáltal ezek a gödörkéken át sejtről sejtre vándorolhatnak. Annak dacára tehát, hogy a növényi sejtek szilárd hártával körülvéve, egymástól élesen elhatárolt részeit képezik a növény testének, az, hogy a szomszédos sejtek gödörkéi egymással összeillesztvék,

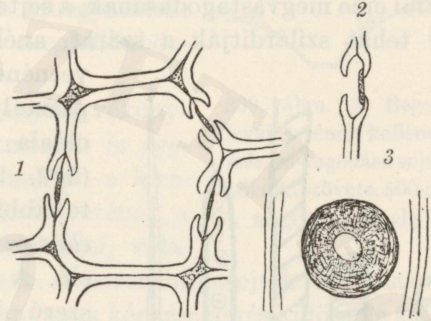


233. ábra. A fagyöngy (*Viscum album*) kéregsejtje. A sejtfalban a plazmodezmák láthatók. A sejt belsejében sejtmag, kromatofórák és plazma vannak. 1000-szornagyítva. (Strasburger.)

mégis arra mutat, hogy a sejtek összessége *egységesen szervezett* testet képez. Méginkább bizonyítja ezt azonban az a körülmény, hogy a gödörkék elválasztó hártáján, az ú. n. *záróhártján*, sőt a sejtfal többi részén is, finom plazmaszálak hatolnak át egyik sejtől a másikba, összekötve egymással a szomszédos sejtek plazmáját. A sejtfalon át-



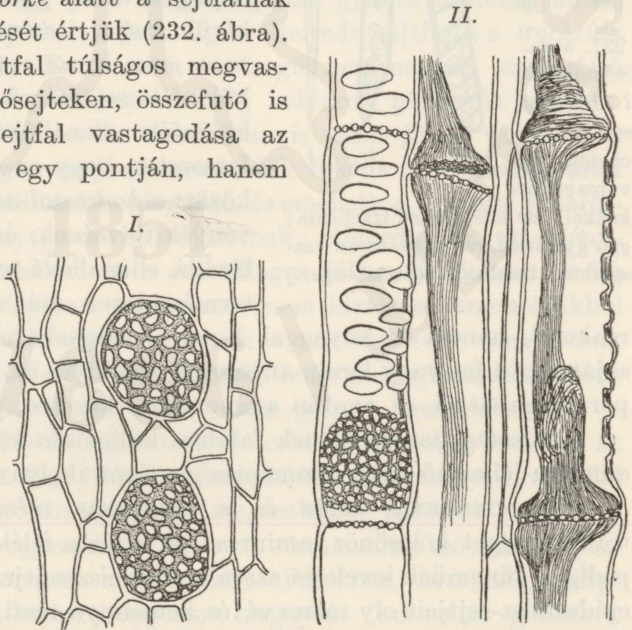
234. ábra. A kokuszdió (*Cocos nucifera*) termésének héjából vett kősejtek (szklereidák). A vastag sejtfalamban összefutó gödörkék láthatók. (Weiss.)



235. ábra. Udvaros gödörkék a *Pinus silvestris* tracheidáin: 1. keresztmetszetben, kifeszített torusz-szal; 2. a jobboldali szárhoz símuló torusz-szal; 3. alapnézetben. 540-szer nagyítva. (Strasburger.)

hatoló eme finom plazmaszálakat (233. ábra) *plazmodezmáknak* nevezzük.

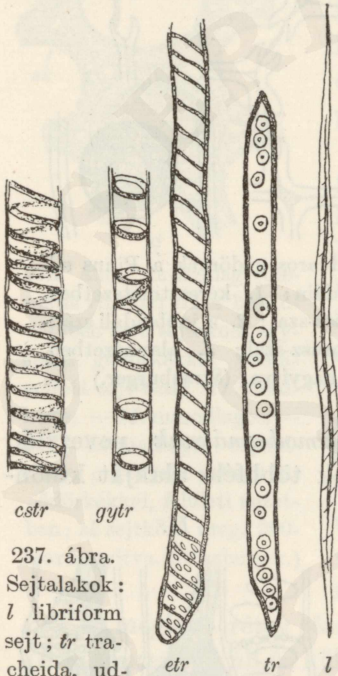
A sejtfal vastagodásának, vagyis a gödörkéknek többféle alakját különböztetjük meg. *Egyszerű gödörke* alatt a sejtfalnak egyszerű, csőalakú bemélyedését értjük (232. ábra). Az egyszerű gödörke, a sejtfal túlságos megvastagodása esetében, pl. a kősejteken, összefutó is lehet (234. ábra). Ha a sejtfal vastagodása az elsődleges falnak nemcsak egy pontján, hanem aránylag nagyobb, kör alakú felületén kimarad, mely fölé azonban a lerakódó sejtfalrétegek hovatovább mélyebben benyúló párkányzatot alkotnak (235. ábra), azt *udvaros, gödörkés* vagy *vermes vastagodásnak* nevezük. Különös módja a sejtfalvastagodásnak a *rostalemezes vastagodás*. A rostalemezek aránylag nagyobb területű, finom részei a sejtfalnak, amelyek maguk még rosta módjára át vannak



236. ábra. A tök (*Cucurbita pepo*) rostacsövei: I. keresztmetszetben; II. hosszmetzetben. (Sachs.)

lyukatva (236. ábra). A sejtfal ezenkívül kiálló, csavar- vagy gyűrűalakú, vagy hálózatosan elágazó lécekkel lehet vastagodva (237. ábra), amint azt különösen az edényeken és tracheidákon tapasztaljuk.

A szárképletek epidermisze alatt, az úgynevezett elsődleges kéreg külső sejtrétegein, a sejtfal vastagodásának igen gyakran azt a módját találjuk, hogy a falak csakis a sarkokban vastagodnak (238. ábra). Ezt *kollenchimás* vastagodásnak nevezzük, és sajátosága az ilyen szöveteknek, hogy dacára a sejtfal eme megvastagodásának, a sejtek mégis nyúlásra, növekedésre alkalmasak. Így tehát szilárdítják a szárát, anélkül azonban hogy növekedésének gátat



237. ábra.
Sejtfalakok:
l libriform
sejt; tr tra-
cheida, ud-
varos gödör-
késsel; etr edényszerű tracheida;
gytr gyűrűsen, cstr csavarosan vas-
tagodott tracheida. (Strasburger.)

vetnének. A sejtfal egyoldali vastagodását tapasztaljuk az epidermisz sejtjein, melyeknek külső oldala többnyire aránytalanul megvastagszik (242, 246. ábra). A sejtfalnak igen sajátoságos továbbfejlődése a *cisztolit*, amely pl. a *Ficus elastica* levelének egyes nagy sejtjeiben fordul elő. A sejtfal egy pontjából kiinduló eme fűrteszerű képződménynek membrán-anyagába kalciumkarbonát rakódik le.

A sejtfal anyagai között legáltalánosabb és legjelentékenyebb a cellulóza. Sajátosságai közül kiemeljük, hogy $(C_6H_{10}O_5)_n$ összetételű, klórcinkjóddal ibolyaszínt vesz fel és rézoxidammónia oldja. A sejtfalnak mintegy alapanyagát teszi, amely mellett, vagy amelybe berakódva még más anyagok, ú. m. *pektin*, *fa- és paraanyagok*, ezeken kívül *kutin*, *cseranyagok*, *oxalsavas mész*, *szénsavas mész*, *kovasav* stb. lehetnek. Ezek a sejtfalnak különféle sajátosságokat: szilárdságot, merevséget, különféle ellenállóképességet stb. kölcsönöznek. Ismeretes, hogy az elfásodás anyagai, — melyek között a *hadromal*-nak jut a főszerep, — a fás növények törzsének, ágainak, gyökerének fáját szilárdá, ellenállóvá teszik. A fajszejték klórcinkjóddal természetesen már nem adják a kék cellulóza-

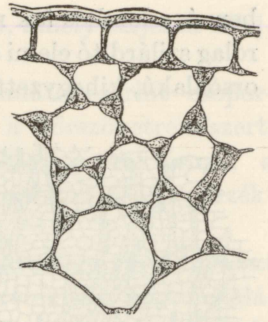
reakciót, hanem ez anyaggal kezelve, sárgásbarna színt vesznek fel. Jellemző sajátosága a fa- vagy lignin-anyagnak ezenkívül az, hogy először 1%-os káliumpermanganáttal és azután ammoniával kezelve, piros színt vesz fel.

A kéreg parasejtjeinek falában különösen *szuberin*, paraanyag fordul elő, amelyre jellemző, hogy ammoniás gentiana-ibolyával kékre festődik.

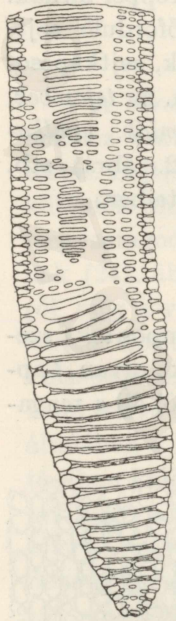
Az oxalsavas mész és a szénsavas mész a sejtfalnak merevséget, törékenységet kölcsönöz, amint az pl. a Kára-féléken tapasztalható. A kovasav pedig a fűneműek levele és szára epidermisz-sejtjeinek falát, valamint a surlók epidermisz-sejtjeit oly merevvé és keménnyé teszi, hogy a fűlevél igen könnyen bevág a kezünkbe, a surlókkal pedig fémtárgyakat lehet fényezni. Különösen sok a kovasav a kovamoszatok (diatomák) páncéljában.

A növények sejtjeinek *alakja* igen változó. Legegy-
szerűbb sejtalak a gömb, amely természetes következménye
a citoplazma félig folyékony, kocsonyás természetének, mi-
által ez mindig gömbölyű alakot igyekszik felvenni. Ez
a körülmény az egysejtű növényeken tényleg többnyire a
gömbalakra is vezet. A szövetté egyesült sejtek termé-
szetesen gömbölyűek már nem lehetnek, hanem legöm-
bolyított sokszögletesek, megnyúltak, sőt kihegyezettek.
Az alak és a falvastagodás módja szerint megkülönböz-
tetjük a következő sejtfajtákat.

Parenchimasejteknek nevezzük az aránylag vékony-
falú, minden irányban közel egyforma átmérőjű és *egy-
szerű gödörkével* vastagodott sejteket. Ilyenek pl. a leve-
lek alapszövetének, a magvak, gumók tápláló szövetének, a
szár belcsövének és az elsődleges kéregnek sejtjei, vala-
mint a fatörzsben a bélsugarak sejtjei is stb. A parenchimasejtek élő, plazma-
tartalmú sejtek, amelyek hivatása a tápláló anyagok képzésében és különféle átala-
kításában, valamint azok raktározásában, váladékok létrehozásában stb. áll. Ha



238. ábra. A Begonia
levélnyelének kollenchim-
ás vastagodású sejtek-
ből álló szövete. 500-szor
nagyítva. (Sachs.)



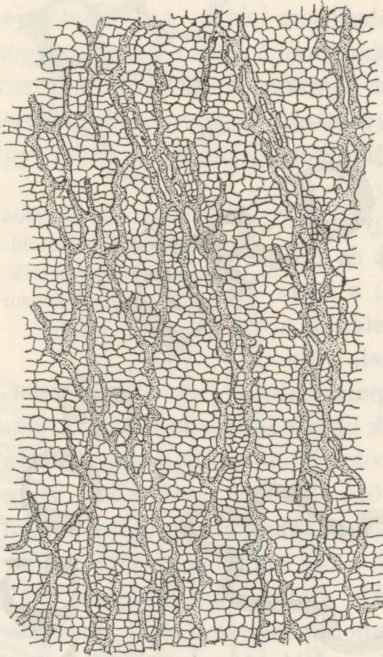
239. ábra.

A sasharaszt
(*Pteridium aquilinum*) rhizomá-
jának létrásan
áttört edénye.
110-szer nagyítva.
(De Bary.)

nagyságúak, úgy az ilyeneket *idioblasztáknak* nevezzük. A sejttal-
túláságos megvastagodása által, pl. a fák kérgében, gyümölcsök-
ben, termések kemény héjában stb. alakulnak a kősejtek vagy
szklereidák. A fatestben a parenchimasejtek mint *faparen-
chima*, vagy hosszúra nyúlt, vékonyfalú, ú. n. *pótlósejtek* for-
dultak elő; vagy pl. a fenyők fájának gyantavezetékei körül,
mint bélés- (epithel) sejtek. Igen elterjedt sejtfajták a *tracheida*
(237. ábra, *tr.*). Ez hosszú, tágüregű, nem nagyon vastagfalú
sejt, amelynek falában mindig udvaros gödörkék vannak.
Ezenkívül gyűrűsen és csavarosan is lehet faluk vastagodva
(237. ábra, *gytr, cstr.*). A tracheidák főként a gyökerek által
felvett víz szállítására hivatvák és emellett a növény szilárdí-
tásához is lényegesen hozzájárulnak; előfordulnak az edény-
nyalábok farészében és a másodlagos fában, különösen pedig
a fenyőfélék fájában, amely majdnem kizárólag tracheidákból
áll. Egyik módosulata e sejtnak a *rost-tracheida*, amely csak
annyiban különbözik az előbbtől, hogy vastagfalú, kihegyezett
és gödörkéinek udvara apró, száda (porus) hosszukás.

A vízszállítás legfontosabb eszközei a növény testében az
edények. Ezek tágnyílású, vékonyfalú sejtek, amelyek végfalai
egyszerű vagy létrafogakkal megszakított áttörést mutatnak
(239. ábra) és egymásfölé helyezve, vizet szállító csöveket képez-
nek a gyökerektől a levelekig. Falokban kerekded, ellip-
tikus vagy keresztirányban megnyúlt udvaros gödörkék
vannak, vagy pedig hálósan, csavarosan vagy gyűrűsen
vastagodvák. Edények vannak: az edénynyalábok farészé-

ben és a lombos fák másodlagos fájában; a fenyőfélék fájából hiányzanak. Kizárólag szilárdító elemi alkotórészek a *libriformrostok* (237. ábra, *l*). Ezek vastagfalú, orsóalakú, kihegyezett sejtek, hasítékos gödörkéekkel bírnak. Előfordulnak különösen a kétszíkűek fájában. A hánicsban levő *hánicsrostok* (267., 270. ábra), vastagfalú, néha igen hosszú sejtek; ezeket *sztereida-sejteknek* is nevezzük.



240. ábra. A *Scorzonera hispanica* gyökerének hánicsában levő tejedények. (Sachs.)

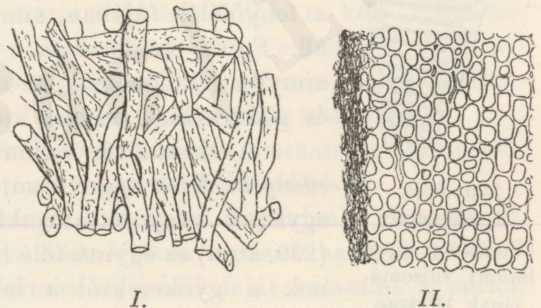
Jellemző eleme a hánicsnak a *rostacső* (236. ábra). A rostacsővek edények módjára egymás fölé helyezett, széles nyílású sejtek, amelyek végfalain és egymás közé eső oldal falain rostalemezek vannak. A hánicsban a plasztikus, kész táplálóanyagok, ú. m. szénhidrátok és fehérjék szállítására hivatvák. Mellettük foglalnak helyet a hosszúkás, szűknyílású, plazmában dús *kisérősejtek*. Míg a parenchima-sejtek és a rostacsővek, a kísérősejtekkel egyetemben, élő, plazmát tartalmazó sejtek, addig az edények, tracheidák, libriformsejtek és hánicsrostok elhalt elemek, főleg fizikai szereppel bírnak.

Ezen az általánosan előforduló sejt-fajtákon kívül még másféle sejtek, sejtkapcsolatok és váladékot tartó üregek, ú. m. *tejcsővek*, *tejedények* (240. ábra), *kristálytömölők*, *nyálkacsővek*, *gyantavezetékek* (271., 272. ábra) stb. fordulnak elő a növények szöveteiben.

A növények szöveteiről.

A növények szöveteit fejlődéstani, alaki és fiziológiai szempontok szerint különböztetjük meg. *Valódi szövet* alatt értjük a sejteknek olyan kapcsolatát, amely azok osztódása által jött létre. Ilyen szövetekből áll a magasabbrendű növények teste. Ellenben *álszövetnek* nevezzük az olyant, amely sejtfonalaknak tömör összefonódása által keletkezett; ilyen álszövet a gombák testében, különösen pedig azok termőtestében fordul elő (241. ábra).

Az olyan szövetet, amelynek sejtjei élénk osztódásban vannak, *merisztémának* mondjuk. Az embriónak fejlődésben lévő szövetét, valamint a tenyészőcsúcsokét *ösmerisztémának* nevezzük. A merisz-



241. ábra. *I.* A tinóorru gomba (*Boletus edulis*), termőtestének, — *II.* az anyarozs (*Claviceps purpurea*) szkleróciómájának álszövete. 300-szor nagyítva.

témával szemben megkülönböztetjük az *állandósult szövetet*, amely teljesen kifejlődve, már többé nem osztódik.

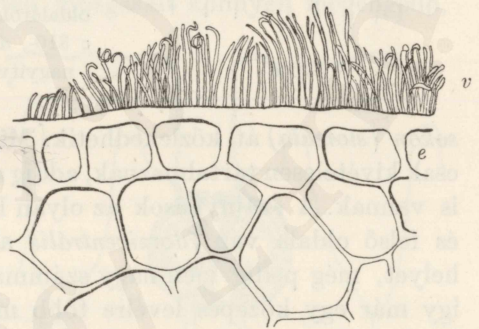
A növények szöveteit *Haberlandt* azok élettani feladata szerint csoportosította; még pedig megkülönbözteti a merisztémákat, a bőrszövetrendszert, a mechanikai, a felszívó, az asszimiláló, a nedvzállító, a raktározó, a szellőztető, a váladék tartó és a mozgási szövetrendszereket és az érzékszervek szöveteit.

Miután az utóbbi beosztás, főként fiziológiai, és alaktanilag véve egyrészt túlságos szétforgácsolásra, másrészt pedig különféle szöveteknek összefoglalására vezet, ezért az alaktan céljaira kevésbé alkalmas mint a *Sachs* beosztása. Utóbbi szerint megkülönböztetünk *bőrszövetrendszert*, *edénynyalábrendszert* és, ami e kettőn kívül a növény testében helyet foglal, az *alapszövetrendszert*. Hasonló az utóbbihoz a *Van-Tieghem* beosztása; a különbség csak abban áll, hogy amíg *Sachs* az epidermiszen belül, az edénynyalábok kivételével helyet foglaló szöveteket mind egyfélének, alapszövetnek tartja, addig *Van-Tieghem* az *endodermiszt* (258. ábra, *e*) igen fontos elválasztó rétegnek tekinti és az alapszövetnek ezen belül eső részét, az edénynyalábokkal együtt, *központi hengernek (stete)*, az azon kívül eső alapszövetréteget pedig *elsőleges kéregnek* nevezi (265. ábra). Tárgyalásainkban az utóbbi beosztást tartjuk szem előtt.

A bőrszövet.

A bőrszövethez sorozzuk az *epidermisz (felbőr) sejteket*. Ezek szorosan egymáshoz csatlakozva réteget alkotnak, amely legkívülről veszi körül a növény testét. Sejtjei, alapnézetben, többnyire hullámos szélűek (244. ábra), metszetben különféle alakúak (243. ábra) és feltűnően megvastagodott külső falréteget mutatnak (242. ábra). Ezt a falréteget kívülről még a vékony, összefüggő *kutikulahártya* borítja. Ez, valamint a vastag külső sejtfa, kitűnő védelméül szolgál a belül fekvő szöveteknek. A kutikulát és általában a külső sejtfalet ebben a hivatásában különféle berendezések támogatják. Így a fűneműek és surlók epidermisze *kovasavat* is tartalmaz és számos növény levele, szára, gyümölcse kutikuláját *viaszréteg* borítja, ami különösen a párolgást apasztja.

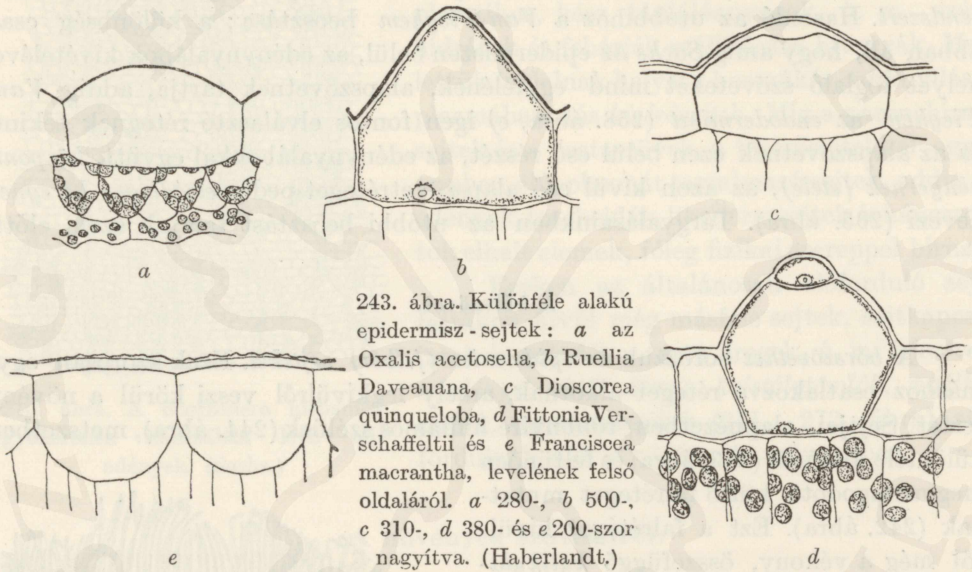
A levelek felső oldalának epidermisz-sejtjei, *Haberlandt* vizsgálatai szerint, a fénysugarak irányának megérzésére alkalmas szerkezetűek. Ez az érzékenység a felbőrsejtek különféle alakulása által érvényesülhet. A sejtek külső fala lehet ugyanis domború, amely esetben az mint lencse működik, és az összegyűjtött fénysugarakat, irányuk szerint, a sejt hátsó falának más és más helyére veti (243. ábra *a*).



242. ábra. A cukornád szárcsomójának keresztmetszete: *e* epidermisz; *v* szálás viaszbevonat. 420-szor nagyítva. (Strasburger.)

Végeredményben ugyanerre vezet az, ha a hátsó fal homorú (243. ábra *e*). Hasonló tüneményt idéz elő az, ha az epidermiszsejt felső fala lekerekített csúcsú kúp módjára emelkedik ki (243. ábra, *b*), vagy domború falának közepén egy kis lencsealakú és tényleg lencse gyanánt működő falvastagodás (243. ábra, *c*) vagy sejtecske (243. ábra, *d*) van. Mindezekben az esetekben a fény irányának változása változást idéz elő a fénykéve felfogásában és ennek az epidermisz hátsó lapjára való vetítésében is, aminek *Haberlandt* szerint, mint ingerhatásnak, főszerepe van abban, hogy a növények levelei, a nap fényének iránya szerint, mozgást végeznek, vagyis heliotropikus tájékozódásra képesek.

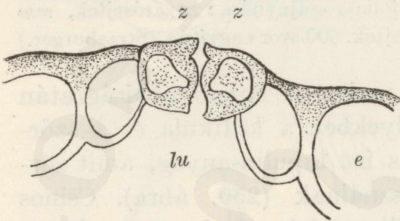
Az epidermisznek szorosan záródó sejtrétegén keresztül a levegő a levél szövetébe nem hatolhat be, hanem az csakis a sejtei között elhelyezett *szájnnyílá-*



243. ábra. Különbő alakú epidermisz - sejtek: *a* az *Oxalis acetosella*, *b* *Ruellia Daveauana*, *c* *Dioscorea quinqueloba*, *d* *Fittonia Verschaffeltii* és *e* *Franciscea macrantha*, levelének felső oldaláról. *a* 280-, *b* 500-, *c* 310-, *d* 380- és *e* 200-szor nagyítva. (*Haberlandt*.)

sokon (stomata) át közlekedhetik. Míg az epidermisz-sejtek klorofillt nem, vagy csak kivételesen tartalmaznak, addig a szájnnyílások sejteiben klorofillszemcskék is vannak. A szájnnyílások az olyan leveleken, amelyeknek egymástól elütő alsó és felső oldala van (*dorzi-ventrális* alkotásúak), a levél alsó oldalán foglalnak helyet, még pedig igen nagy számmal. Egy mm²-re 100—700 szájnnyílás esik és így már egy közepes levélre több millió jut. A szájnnyílások szerkezete különböző; abban azonban mindig megegyeznek, hogy két *zárósejtjük* van. Ezek automatikusan nyílnak és csukódnak, miáltal a levegőnek a levél belsejébe való jutását, — illetőleg megfordítva is, — a gázok kiáramlását és a levél víztartalmának kipárolgását, szóval az egész gázcserét szabályozzák. A zárókészülék (244. és 245. ábra) a két, egymás felé homorú oldalával fordított, babalakú zárósejtből áll. Alul és felül ezek mindegyikén egy-egy kiálló lécs foglal helyet, amely különösen a zárósejtek keresztmetszetén vehető ki. A zárósejtek homorú oldalai közötti nyílás, a *légrés*, alattuk pedig egy nagy, sejtközi üreg, a *légudvar* foglal helyet. A zárósejtek automatikus bezáródása és kinyílása a levél

szomszédos sejtjeinek, illetőleg a zárósejteknek víztartalmával kapcsolatos. Ha ez tetemes, úgy a zárósejtek duzzadtak és a légrés kitágul. Ha a zárósejtek víztartalma csökken, petyhüdtek lesznek és a légrés becsukódik, miáltal a levél sejtjei víztartalmának további párolgása meg lesz akadályozva. Az önműködő záródásra és nyílásra a fénynek is van hatása, amennyiben a klorofilltartalmú zárósejtek a fény hatására asszimiláló tevékenységet is fejtenek ki, aminek következtében a zárósejtek megduzzadnak. Ezáltal nappal a zárósejtek szétnyílnak, éjjel záródnak. A zárósejtek kinyílása és záródása könnyen történhetik azáltal, hogy a szomszédos epidermisz-sejtek fala a zárósejtek csatlakozási helyén meg-



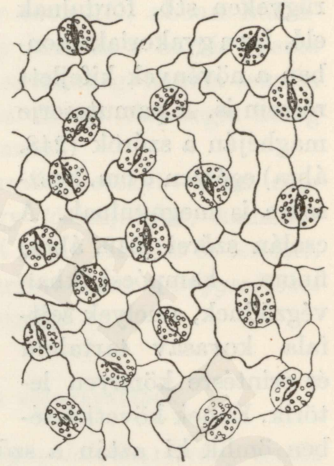
245. ábra. A *Thymus serpyllum* szájnnyílása keresztmetszetben; *zz* zárósejtek, *e* felbőrsejtek, *lu* légudvar. 1100-szor nagyítva. (Strasburger.)

vékonyul, amint az feltűnően kivehető az *Aloë nigricans* szájnnyílásának rajzán (246. ábra). E növény szájnnyílásai különben igen jellemző példáját mutatják a szukulens növények bemélyesztett zárósejtű szájnnyílásainak, amelyek bemélyesztett volta a párolgás lehető csökkentésével kapcsolatos. Sok esetben a zárósejtek nem is csatlakoznak közvetlenül az epidermisz-sejtekhez, hanem közéjük vékonyfalú, és így a zárósejtek mozgásait könnyen megengedő, *melléksejtek* vannak iktatva (247. ábra).

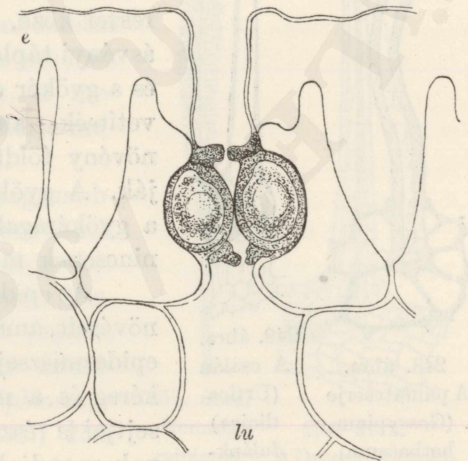
Szájnnyílások, a mohoktól kezdve felfelé, az összes magasabbrendű növényeken előfordulnak. Az egyes növényfajokon és csoportokon alakjuk, szerkezetük változik, minélfogva a szájnnyílások alaki viszonyai rendszertani értékkel bírnak.

A szájnnyílásokhoz hasonló szerkezetűek a *víznyílások*. Ezek zárósejtjei csakhamar elvesztik élő tartalmukat és a köztük levő nyílás, állandóan nyitva, mint cseppfolyós vizet kibocsátó rés szerepel. Egyes növények fiatal levelein, a fűrészes fogak csúcsán, továbbá víz alá merülő leveleken fordulnak elő ily víznyílások.

Az epidermiszhez tartoznak a *hajszál-* vagy *szórképletek* is, melyek egyes fel-

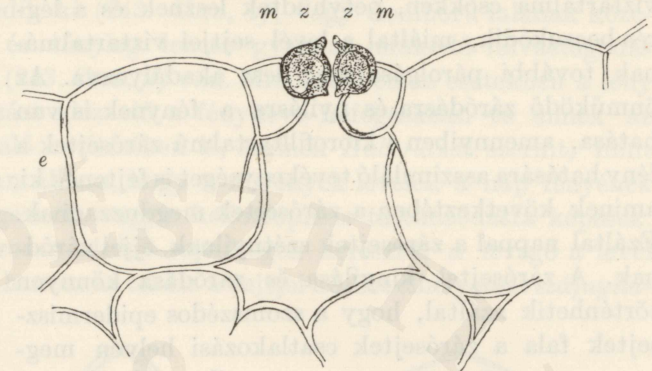


244. ábra. A fekete hunyor (*Helleborus niger*) levele fonákjának felülete. Hullámos szélű epidermisz-sejtek és köztük szájnnyílások. 120-szor nagyítva. (Strasburger.)

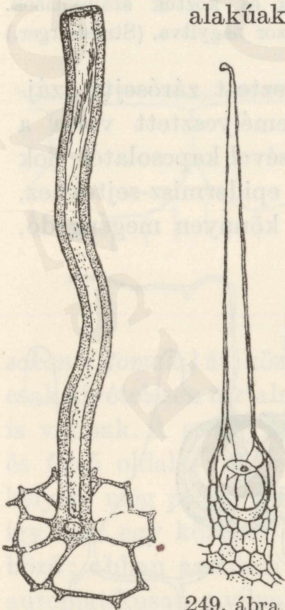


246. ábra. Az *Aloë nigricans* szájnnyílása. *e* epidermisz-sejtek, erősen megvastagodott külső és oldalfalakkal; *lu* légudvar. 300-szor nagyítva. (Strasburger.)

bőrsejtek kitüremkedése és kinövése által jönnek létre. A szörképletek a növény egyes részeit a túlságos párolgás és a nap heve ellen védik és különösen a fiatal szerveken, kibontakozó rügyeken stb. fordulnak elő. Igen gyakoriak azonban a növények kifejlett részein is. A pamutcserje magháján a szőrök (248. ábra) egészen 6 cm. hosszúra is megnyúlnak. A csalán szőrei (249. ábra) finom kampócskákban végződnek, amelyek sejtfala kovásvav tartalmú és érintésre könnyen letörik. Ennek következtében ömlik ki aztán a szőr belsejéből a csipős nedv. A komló nővirágzatán különös, kehelyalakú *mirigyszőrök* vannak, amelyekben a kutikula és a szörképlet sejtfala között foglal helyet a kesernyés ízű lupulin-anyag, amit sörfőzéshez, kenyérsütéshez stb. használnak (250. ábra). Csinos alakúak az *Elaeagnus argentea* csillagalakú szőrei (251. ábra), melyek a levelek epidermiszén, rövid nyélen foglalnak helyet. A szörképletek közé sorozzuk a gyökérszőröket is. Ezek, a fenyők kivételével, az összes magasabbrendű növények gyökerén megvannak. Közvetlenül a gyökérszőrök mögött fejlődnek, az egyes epidermisz-sejtekből (252. és 253. ábra). Mint egyesjtű, finom szívószálacsók nőnek a talaj legfinomabb részei közé, hogy azokból a vizet és az abban oldott ásványi táplálóanyagokat felvegyék és a gyökér edénnyalábjaik közvetíték, amelyek aztán azokat a növény földfeletti részeihez szállítják. A gyökérszőrök rövidéletűek; a gyökérágak idősebb részein már nincsenek meg, elpusztultak.



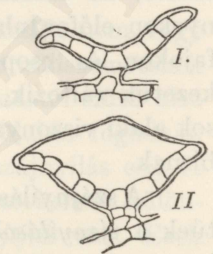
247. ábra. A *Claytonia perfoliata* szájníjlása: *zz* zárósejtek, *mm* mellékszejtek, *e* epidermisz-sejtek. 500-szor nagyítva. (Strasburger.)



248. ábra. A pamutcserje (*Gossypium herbaceum*) magháján levő szörképlet. 300-szor nagyítva. (Strasburger.)

249. ábra. A csalán (*Urtica dioica*) fulánk-szőre. 60:1. (Haberlandt.)

Az epidermisz ama nagyobb kinövéseit, amelyekben nem csupán az epidermiszsejtek, hanem az elsődleges kéreg és a mélyebben fekvő részek sejtjei is részt vesznek, *emergenciáknak* mondjuk. Ilyenek pl. a *Drosera* digestiós mirigyszőrei (254. ábra), amelyekbe edénnyaláb is nyúlik. Ezek ragadós nyálkát választanak



250. ábra. A komló nővirágzatán levő szörképletek: *I* a váladék kiválása előtt; *II* ez után, a midőn is a váladék a kutikulát felemelte 240-szer nagyítva. (De Bary.)

ki, amibe az apró rovarok beleragadnak; ingerlő hatásukra a mirigyszőrök összecukódnak és a levél a rovar anyagát felszívja. Nagy emergenciák pl. a rózsák *tüskéi*, amelyek a tövisektől, pl. a kökény tövisétől, abban különböznek, hogy bennök a hajtás összes szövetei nincsenek meg, hanem csupán az epidermisz és az elsődleges kéreg sejtjeiből állanak.

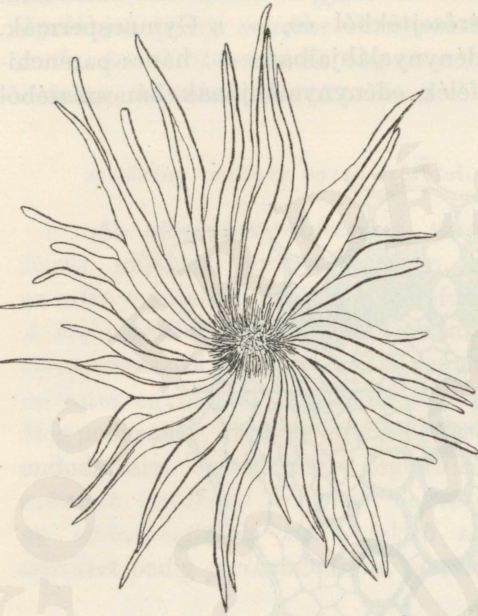
A hajszálképleteket mint *egysejtűeket* vagy *többsejtűeket*, keménységük szerint mint *szőröket* és *sértéket*, váladékuk szerint mint *mirigyszőröket* stb. osztályozzuk.

Az edénnyalábok.

Az *edénnyalábok* a növény testét az állatok véredényei módjára hálóz-
zák át a gyökerektől kezdve a levelek széléig. A rendszertani

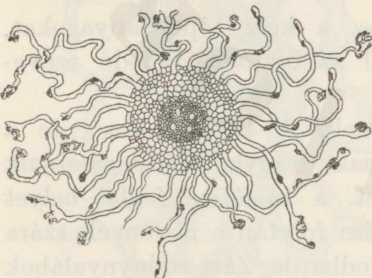
sorozatban már a mohokon, és pedigalombos mohokon, sok esetben tapasztaljuk, hogy a száruk közepe tájára eső sejtek a tengely irányában megnyultak, és mint ilyenek, köteget alkotva, a nedvszállítás eszközei. Már a *Polytrichum*-félék központi vezető nyalábjában meg lehet különböztetni üres, vízszállításra alkalmas sejteket és rostacsőhöz hasonlókat, a melyekben fehérje mutatható ki.

A magasabbrendű növényeknek edénnyalábjai két részből állnak, ú. m. a *farészből* (*xylem, hadrom*) és *háncsrészből* (*phloem, leptom*, 255., 256. ábra). Az edénnyalábok *farésze* a

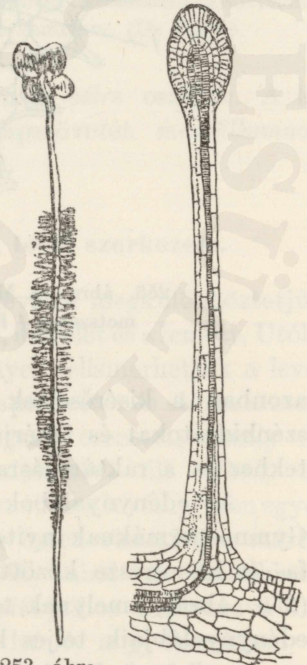


251. ábra. Az *Elaeagnus argentea* csillagalakú pikkelyszőre, felülről nézve. (Eredeti rajz.)

szárban rendszeren befelé, a levélben felfelé van fordulva; edények, tracheidák és parenchima alkot-



252. ábra. Vékony gyökér keresztmetszete: közepén az edénnyalábok, kerületén a gyökérszőrök. (Frank.)



253. ábra.

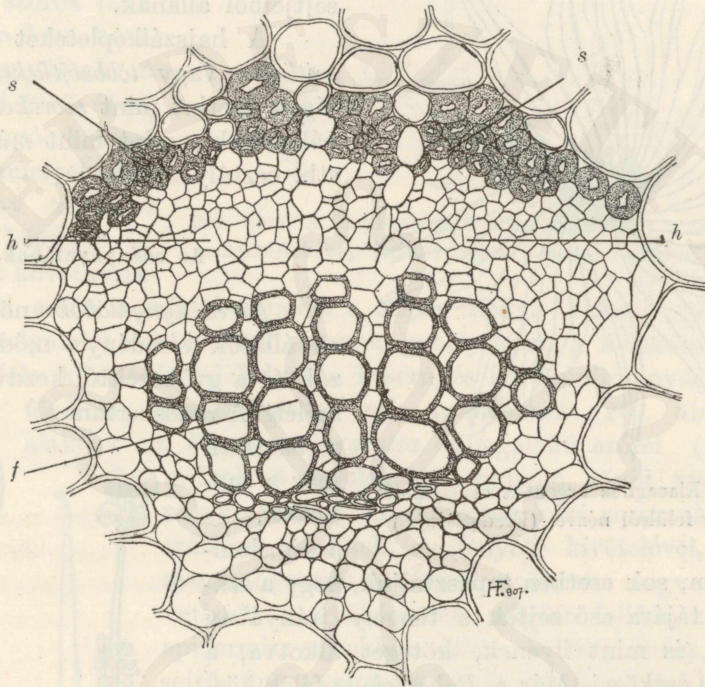
Nemrég csirázott növényke, gyökérszőrökkel. (Sachs.)

254. ábra.

A *Drosera rotundifolia*, nyeles, digestiós mirigyszőre. 60-szor nagyítva. (Strasbourg.)

ják. A gyökerektől felvett vizet és a benne oldott ásványi táplálóanyagokat szállítja a levelekbe.

Az edénynyalábok *háncsrésze* a szárban kifelé, a levélben az alsó oldal felé van fordulva. Rostacsövekből, kisérősejtekből és, — a Gymnospermák, harasztfélék és kétszikűek nagy része edénynyalábjaiban, — háncs-parenchimából áll. A Gymnospermák és harasztfélék edénynyalábjának háncsrészből



255. ábra. A *Malva silvestris* levélnyele edénynyalábjának keresztmetszete: *f* farész, *h* háncsrész, *s* sztereoma-öv. (Eredeti rajz.)

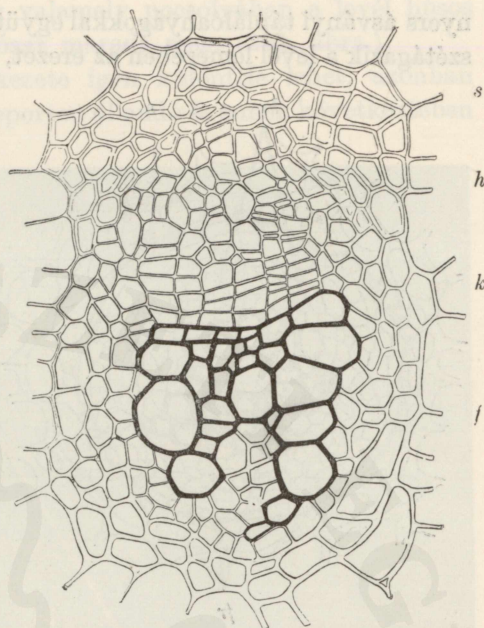
azonban a kisérősejtek hiányzanak. A háncsrész a kész táplálóanyagokat, szénhidrátokat és fehérjéket szállítja a levelektől az osztódó, fejlődő szövetekhez és a raktározásra szolgáló sejtekhez.

Az edénynyalábok *nyitottak* és *zártak* lehetnek. A kétszikűeknek és a Gymnospermáknak nyitott edénynyalábjaik vannak, vagyis edénynyalábjaik fa- és háncsrésze között osztódásra képes szövet, a *kambium* foglal helyet (256. ábra), amelynek továbbfejlődése és működése folytán e növények szára edénynyalábjaik teljes kifejlődése után is vastagodhatnak. Zárt edénynyalábok az egyszikű növények (257. ábra) és a harasztfélék (258. ábra) testében vannak, minek következtében ezek szára másodlagosan nem vastagodhatnak, csakis egyes kivételes esetekben, különös módon (*Yucca*, *Dracaena*). Az edénynyalábok rendszeren a fennebb leírt módon elhelyezett részekből állanak, vagyis *kollaterális* alkotásúak. Kivételesen azonban (pl. *Cucurbitaceae*) előfordulnak *bikollaterális* edénynyalábok is, amelyeknek nemcsak külső, hanem belső olda-

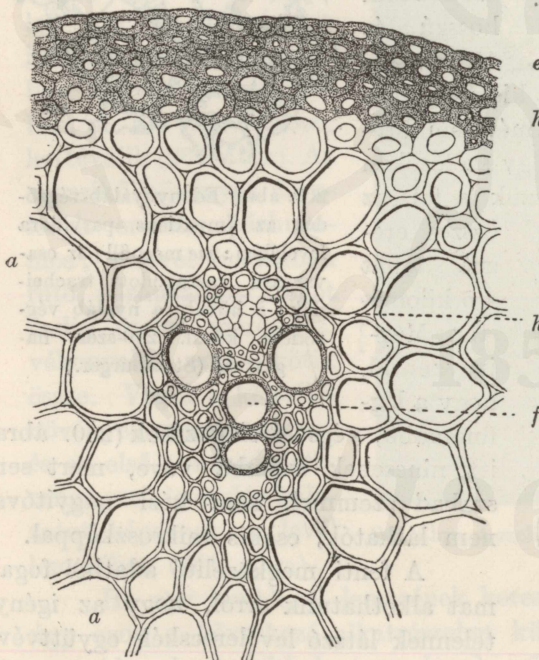
lukon is van háncsrészüik. A haraszt-féléknek *koncentrikus* edénnyalábjaik vannak (258. ábra). A gyökerek edénnyalábjai pedig *sugaras* elhelyezésűek, a fa és a háncsrészek sugarasan elhelyezve váltakoznak (259. ábra).

A növény testének egyéb szövetei.

Az *alapszövet-rendszerhez* sorozta Sachs mindazt, ami a felbőrön belül az edénnyalábok kivételével előfordul. A stele-elmélet értelmében azonban az endodermisztől befelé és kifelé eső alapszövetet egymástól megkülönböztetjük. Még pedig (265. ábra) az epidermisz és az endodermisz között helyet foglaló alapszövetet *elsődleges kéregnek* nevezzük; az endodermiszen belül fekvő alapszövetet pedig *perikambiumra*, *elsődleges*



256. ábra. A *Ranunculus repens* szárából vett edénnyaláb: *f* farész; *h* háncsrész; *s* sztereoma-öv; *k* kambium. (De Bary.)



257. ábra. A rozs szára keresztmetszetének részlete: epidermisz *e*, mely a sztereoma gyanánt kifejlődött hypodermától *hy* nem különbözik; *h* a zárt edénnyaláb háncsrésze; *f* farésze; *a* alapszövet. (Eredeti rajz.)

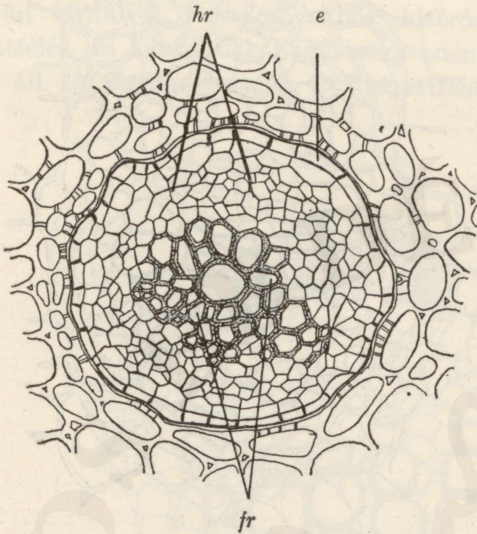
e bélsugárra és bélre osztjuk. A levelek alapszövetét *mezofillumnak* nevezzük.

A levél szerkezete.

A levélen megkülönböztetjük a törészt, a nyelet és a lemezt. Utóbbin könnyen felismerhetjük a levél húsos alapszövetét és ebben a szerkesztet ágazó erezetet, amely az edénnyalábokból áll. Ezek az edénnyalábok a levélnyélben egyesítvék és innen visszafelé a szárhoz követhetők, ahol az utóbbinak edénnyalábjaihoz csatlakozva irányulnak lefelé, a gyökerekhez.

Valamint a gyökerek a talajban másod-, harmad- és sokadrangú ágakra ágaznak szét, hogy legfinomabb, végső szálaikkal a talaj legapróbb részecskéi közé furakodva, a vizet, a benne oldott

nyers ásványi táplálóanyagokkal együtt gazdaságosan összeszedjék, — éppen úgy szétágazik a levél lemezében az ereket, hogy a farészekben szállított vizet a levél

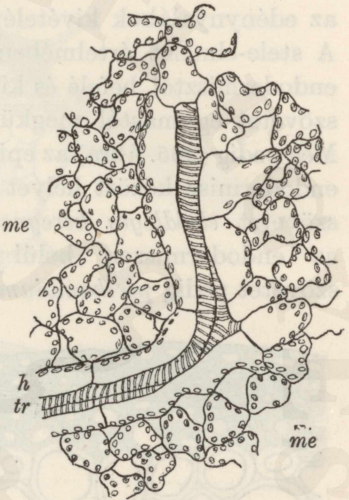


258. ábra. A *Polypodium vulgare* koncentrikus edénynyalábjának keresztmetszete: *fr* farész; *hr* háncsrész; *e* endodermisz. 180-szor nagyítva. (De Bary.)

szőlőlevélen, ha az összes ereket kiegyenesítve és egyfolytában lemérve képzeljük, mérésem szerint, mintegy 45 méter hosszúságú. Egy szőlőtökén pedig, ha azt csak 100 levelűnek vesszük is fel, az

zöldszínű sejtjei között pontosan szét-ossza és háncsrészeibe a levél lemezének zöld sejtjeitől az ezekben létrejövő kész táplálóanyagokat átvegye. A vastagabb ereket a levél lemezében szabad- szemmel is jól látjuk, nemkülönben a vékonyabbak egy részét is. Kézi nagyítóval azonban — a levelet világosság felé tartva

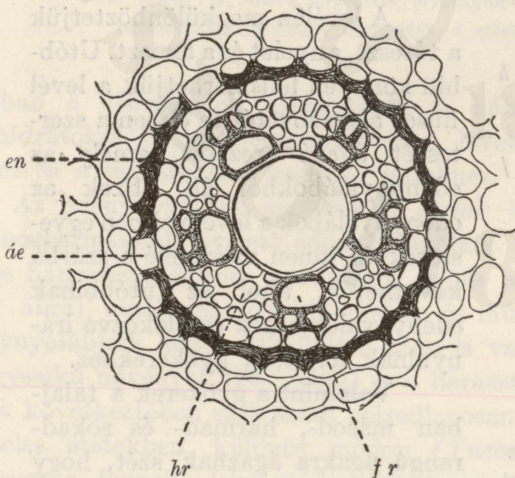
— még több eret lehet rajta kiven-
ni. Az ilyen mó-
don kive-
hető ere-
me
zet, egy
középnagy-
ságú (14 cm
hosszú és
15 cm. szé-



260. ábra. Edénynyaláb-végződés az *Impatiens parviflora* levelében: *me* mezofill; *tr* csavarosan vastagodott tracheidák; *h* hüvely a nyáláb végződése körül. 240-szer nagyítva. (Strasburger.)

összes eret-
zet tehát
4·5 kilomé-
ter. Meg-
jegyzendő,
hogy a leg-
finomabb, végső érelágazások (260. ábra

itt nincsenek számba véve, mert sem szabad szemmel, sem kézi nagyítóval nem láthatók, csakis mikroszkóppal.
A fenti megközelítő adatból fogalmat alkothatunk arról, hogy az igénytelennek látszó levélerecskék együttvéve mily hatalmas szállítórendszert képeznek. A levél eme erezetét — amint említők — megfigyelhetjük oly módon, hogy a levél lemezét világosság felé tartjuk. Feltűnően elénk tárul azonban az ereket olyan



259. ábra. Az *Allium ascalonicum* gyökerének keresztmetszete: *en* endodermisz; *ae* átteresztő sejt; *hr* háncsrész; *fr* farész. (Haberlandt.)

levélen, melyről az erdő talaján, vagy valamely pocsolyában a levél húsos részei már kikorhadtak és csak az érhálózat maradt meg. (261. ábra.)

A levél erezetének alakja és szerkezete igen különféle lehet, azonban ugyanazon a növényfajon vagy növénycsoporton állandó és ennek következtében a levélerezet a növénynek egyik rendszertanilag is fontos sajátosságát teszi.

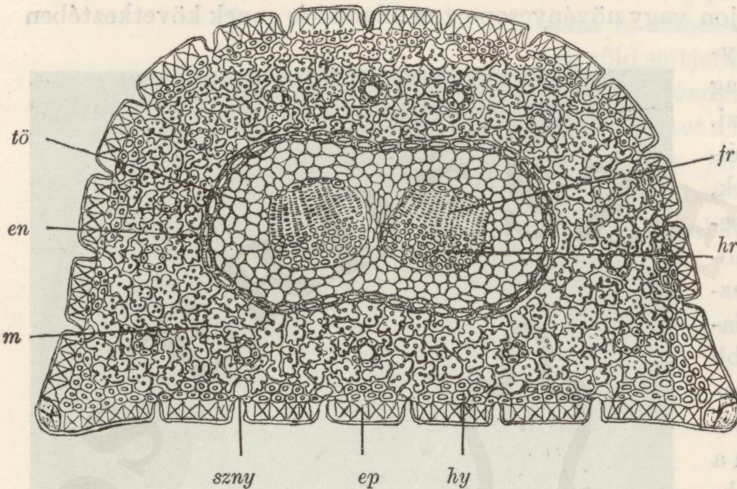
A mohok levélkéiben tulajdonképeni erek, edénynyalábok nincsenek. Ezekkel csak a mohoknál fejlettebb harasztokon találkozunk, valamint a többi magasabb rendű növényeken. A harasztok levélének erezete különféle, de különösen a hazai fajok erezete többnyire nem hálózatos, hanem villásan elágazó. A fenyők levelében egyetlen egy ér fut végig a közepén, amely ér azonban némely nemek tűiben, pl. a *Pinus*-tűkben, kettéválk (262. ábra). Az egyszikű növények levélének erezete párhuzamos; a levél hosszában futó párhuzamos ereket pedig ezekre merőleges, vékonyabb erek kötik össze. Végül a kétszikű növények erezete elágazó és az első-, másod- stb. rangú erek igen dús hálózatot képeznek a levél lemezében (261. ábra).



261. ábra. A szelid gesztenye (*Castanea vulgaris*) levélének erezete.

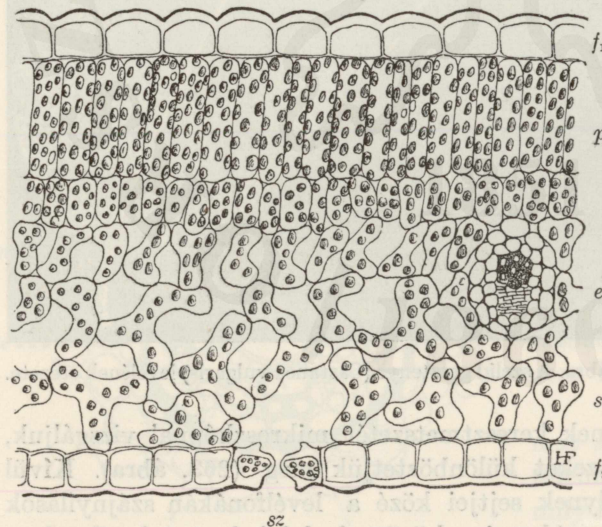
Ha egy lomblevél lemezének keresztmetszetét mikroszkóppal vizsgáljuk, úgy azon a következő alkatrészeket különböztetjük meg (263. ábra). Kívül az epidermisz foglal helyet, melynek sejtjei közé a levélfonákán szájnnyílások vegyülnek. A felső és az alsó epidermisz között foglal helyet a levél alapszöveve, a mezofill, amely a felső oldalon hosszúkás, oszlopszerű sejtekből áll. Ez a *palisszád-parenchima*. Az alsó oldal közelében a mezofill, egymáshoz lazán, közökkel illeszkedő sejtekből áll, ez a *szivacs-parenchima*.

Az olyan leveleken, amelyek dorziventrális alkotásúak, a szájníylások rendszeren a levél fonákán, — a két oldalán egyforma (izolaterális) leveleken



262. ábra. A *Pinus Laricio* tűlevelének keresztmetszete: *ep* megvastagodott falú epidermiszsejtek, *szny* szájníylás, *hy* hypoderma, *m* mezofill, *en* endodermisz, *tő* tracheida-öv, *fr* a kettévált edénnyaláb farésze, *hr* hancsrésze. 150-szer nagyítva. (Wiesner.)

mezofill sejtjei hüvely módjára veszik körül. A hovatovább vékonyodó edénnyalábokban eleinte a hancsrész apad meg, eltűnnek ugyanis a rostacsövek; azután a farész is egyszerűbbé lesz és az edénnyalábok legvégső részei már



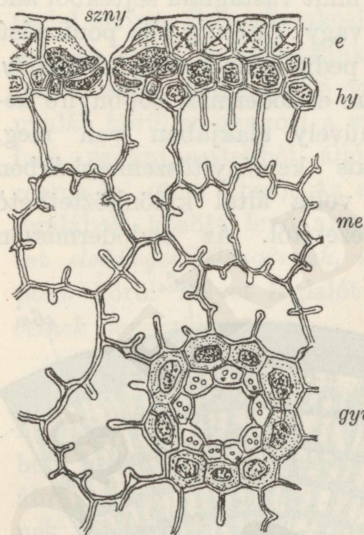
263. ábra. Dorziventrális levél keresztmetszetének némileg vázlatos képe: *f₁* a levél színének és *f₂* fonákjának epidermisze; *sz* szájníylás; *p* palisszád-parenchima; *szp* szivacs-parenchima; *e* edénnyaláb. (Klein Gyula.)

ellenben mind a két oldalon vannak elhelyezve. — Az úszó leveleken szájníylások csakis a levegővel érintkező, felső oldalon vannak.

A palisszád-parenchima sejtjeiben sok klorofill van, a szivacs-parenchimában kevesebb. Az utóbbi a szájníylások révén és a sejtjei között levő nagyszámú járatok által állandóan levegővel érintkezik. Az edénnyalábokat a

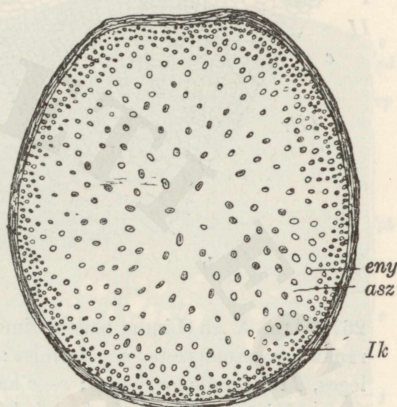
csak egy-két csavarosan vastagodott tracheidából állanak, melyeket az említett hüvely vesz körül. A levelek rendszerint *astelikus* alkotásúak, vagyis nincsen központi hengerük, hanem az endodermisz, amely keményítő réteg, vagy úgynevezett *Caspary*-féle pontozású öv alakjában van kifejlődve, közvetlenül az edénnyalábokat veszi körül. A lombos levelek szerkezetétől lényegesen elüt a fenyőfélék tűlevelének szerkezete (262. és 264. ábra). Amint említők, ezekben többnyire csakis egy edénnyaláb fut végig. Ezt feltűnő endodermisz veszi körül, amelyre aztán kifelé a

mezofill következnek. Utóbbi többnyire egyenletes, belsőbb részeiben alig lazább mint az epidermiszszel érintkező rész. Egyes génezok mezofilljának sejtjeibe



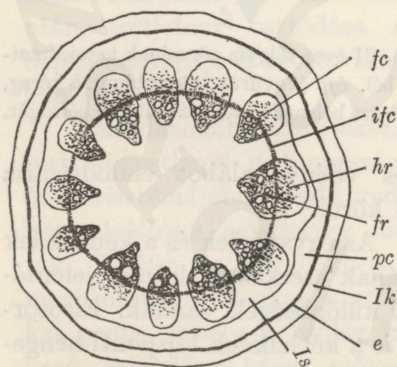
264. ábra. A *Pinus Laricio* tüje egy részletének keresztmetszete: *szny* szájnnyílás; *e* epidermisz; *hy* hypoderma; *me* mezofillum; *gyv* gyantavezeték. (Kny.)

a falakra merőlegesen álló lamellák nyulnak be (264. ábra). E benyúló lemezek mellett is klorofill-szemecskék foglalnak helyet, miáltal az asszimiláló felület jelentékenyen nagyobbodik. A mezofillban, a tiszafa (*Taxus baccata*) kivételével, gyantavezetékek (264. ábra, *gyv*) vannak; ezeket vastagabbfalú sejtekből álló sztereom hüvely veszi körül. Az izolaterális tűleveleken (*Picea*, *Pinus* stb.) minden oldalon találunk szájnnyílásokat (262. ábra); a lapos, dorziventrális tűleveleken (*Abies*, *Ta-*



266. ábra. A kukorica szárának keresztmetszete. *Ik* elsődleges kéreg, *asz* alapszövet, *eny* edénynyaláb. 2-szeres nagyítás. (Strasburger.)

xus stb.) csak az alsó oldalon vannak szájnnyílások, egyes sorokban elhelyezve. A vastagfalú epidermisz-sejtek alatt szintén a vastagfalú *hypoderma* van, amely csak a szájnnyílások alatt szakad meg.

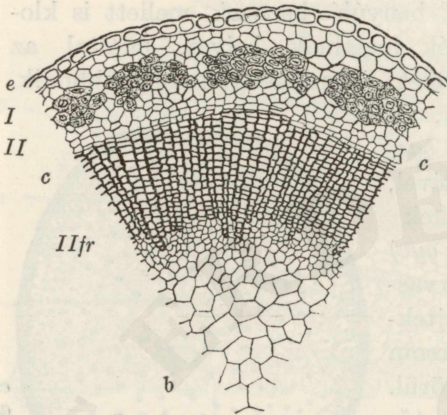


265. ábra. Az *Aristolochia siph* szárá keresztmetszetének vázlatos képe: legkívül epidermisz, *Ik* elsődleges kéreg, *e* endodermisz, *pc* pericambium, *hr* az edénynyalábok háncsrésze és *fr* farésze, *jc* nyaláb-kambium, *ifc* nyaláb közötti kambium, *Is* elsődleges bélsugár, legbelül a bél. 9-szer nagyítva. (Strasburger.)

A szár szerkezete.

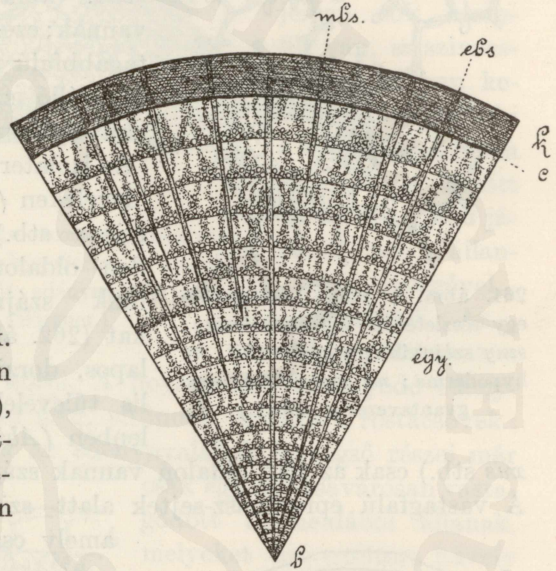
A 265. ábra egy kétszikű növény szárának szöveteit tünteti fel vázlatosan, amelyeknek következő sorrendjét vesszük ki. Legkívül van az *epidermisz*, amelyen szájnnyílások vannak és szórképletek vagy emergenciák lehetnek. Ez alatt következik az *elsődleges kéreg*, amely klorofillban dús alapszövetsejtekből áll; ezek mellett azonban, hasonlóan mint az egyszikű növényekben (257. ábra), vastagfalú sejtekből álló sztereoma is lehet, vagy pedig, legalább a külső részben, kollenchyma. Az elsődleges kéreg vékonyfalú sejtjei mellett vastagfalú rostok foglalhatnak helyet övben, vagy csoportonként, amint az pl. a len szárának keresztmetszetén látható (267. ábra), amelynek vastag-

falú, hosszú háncsrostjai az ismert szövőanyagot szolgáltatják. Az elsődleges kéreg belső oldalához csatlakozik az *endodermisz*. Ez különféleképpen lehet kifejlődve: mint vastagfalú sejtekből álló *védőhüvely*, vagy *Casparry-féle* pontozású réteg, vagy pedig mint *keményítő*s hüvely. A szárban az endodermisz többnyire keményítő s hüvely alakjában van meg, amely csakis keményítőszemecskékben gazdagabb volta által különböztethető meg környezetétől. Az endodermiszen



267. ábra. A len (*Linum usitatissimum*) szárának keresztmetszete: e epidermisz; I elsődleges, II másodlagos kéreg; c—c kambium, IIfr másodlagos farész; b bél.

belül a *középponti henger (stela)* fekszik. A virágos növények szára általában monosztélikus alkotású (265. ábra), abban egyetlen stela van. A haraszt-félék szára, valamint a virágos növények levele *astelikus*, vagyis minden



269. ábra. 21 éves tölgyfa törzsének keresztmetszete: b bél, egy évgyűrűk, c kambium, k kéreg, ebs elsődleges bélsugár, mbs másodlagos bélsugár.



268. ábra. A vörös fenyő (*Larix europaea*) törzsének keresztmetszete.

egyed edénnyalábot endodermisz vesz körül.

Az egyszíkűek és a kétszíkűek szárának szerkezete között jelentékeny különbségek vannak. Elsősorban is a kétszíkűek központi hengerében (265. ábra) az edénnyalábok körben állnak, míg ellenben az egyszíkű növények edénnyalábjai a szár keresztmetszetén elszórtan foglalnak helyet (266. ábra). Ennek következtében az egyszíkűek edénnyalábjai között, azokban az esetekben, amelyekben az edénnyalábok

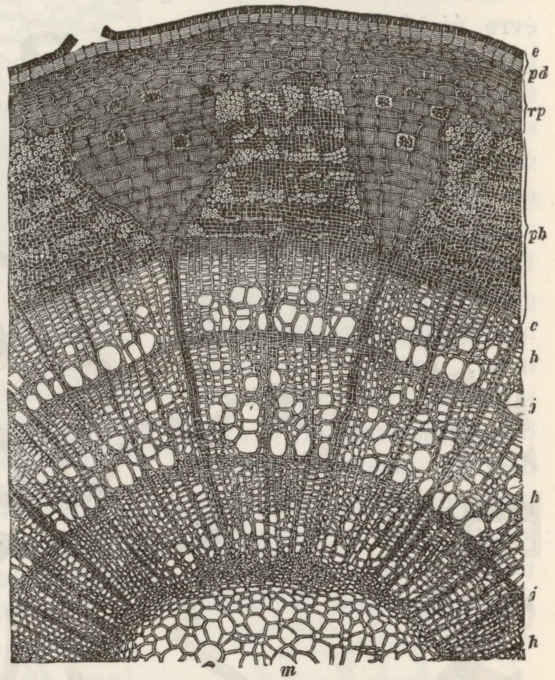
a szár középvonaláig terjednek, bél nincsen, hanem az egész alapszövet az edénnyalábok között oszlik el.

A kétszikűek szárának központi hengerében legkívül a *perikambium* foglal helyet. Erre következik befelé az edénnyalábok köre. Ezek szerkezetével már az előbb foglalkoztunk és megismertük, hogy a szárban farészük befelé, háncsrészük pedig kifelé van fordulva. A háncsrész mellett, sőt az egész nyaláb körül is, gyakori a vastagfalú, szilárd sejtekből álló sztereoma-öv (255. ábra). Az edénnyalábok között levő alapszövetet *elsődleges bélsugárnak*, a központ körül helyet foglalót pedig *bélnek* nevezzük.

A nyílt edénnyalábok fa- és háncsrésze között (a Gymnospermákban és a kétszikű növényekben) foglal helyet a *kambium* (267. ábra), mely a szár leírt szöveteinek elkészülése után, az edénnyalábok közötti alapszövetben is folytatódik, még pedig úgy, hogy a szomszédos edénnyalábok kambiumai ez által egy teljes körré egyesülnek (265. ábra). Az ilyen kambium-gyűrű tehát nyaláb-kambium- és nyalábközötti kambium-részekből áll. Keletkezése után, sejtjeinek osztódása által befelé szaporítja a fát és kifelé a háncsot.

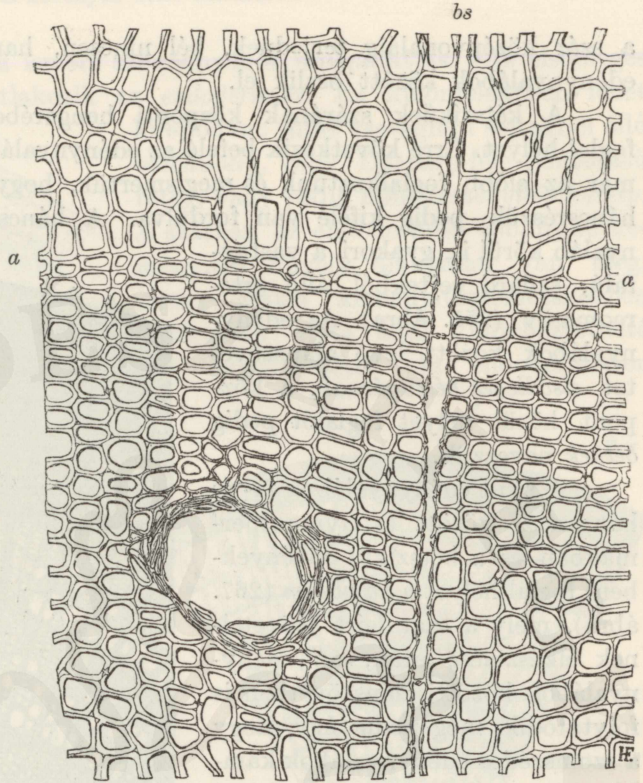
Mindazokat a szöveteket, melyek közvetlenül a tenyészőcsúcs ősmérisztémájából veszik eredetüket, *elsődleges szöveteknek* mondjuk. Ezeket az előbbieken már megismertük. Azokat a szöveteket pedig, amelyek utólag keletkező, osztódásra képes szövetekből, kambiumokból veszik eredetüket, *másodlagos szöveteknek* nevezzük. Ilyenek: a *másodlagos fa*, a *másodlagos kéreg* vagy *másodlagos háncs*, a *parakéreg* vagyis *periderma* és a *paraszemölcsök*.

A szár elsődleges szövetei, a fejlődő növény súlyának viselésére nem lévén elegendők, az említett másodlagos szövetek által mintegy kiegészítésben részesülnek. Így a kambiumgyűrű záródása után az edénnyalábok két részre válnak szét és ezek közé a másodlagos fa és háncs iktatódik. A tenyészeti idő leteltével elpusztuló növény szárakban, pl. len (267. ábra), a másod-

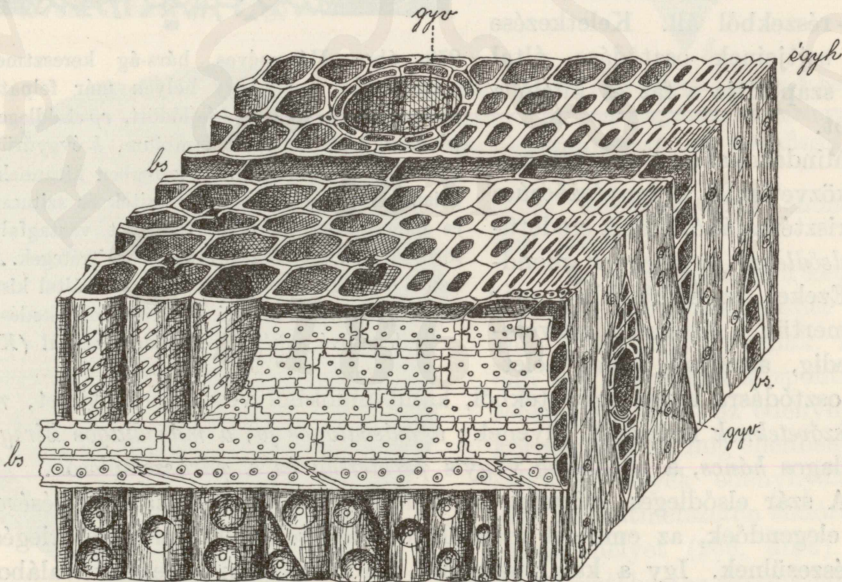


270. ábra. Hároméves hárs-ág keresztmetszete: *e* epidermisz, mely egy helyen már felpattant és alatta már pararéteg *pd* fejlődött, *rp* elsődleges kéreg, *ph* másodlagos kéreg, *c* kambium, *h* évgyűrűk, *i* évgyűrű-határok, *m* bél. A kéregben kitétnnek egyes kristálydruzákat tartalmazó sejtek és szitacsövekből és háncsparenchimából, valamint vastagfalú libriformból álló, egymással váltakozó sejtrétegek. A kéregben a bélsugarak végei sejtosztódás által kiszélesednek egy-egy ékké, ami a kerület növekedését teszi lehetővé a kéreg berepedése nélkül (*Kny*).

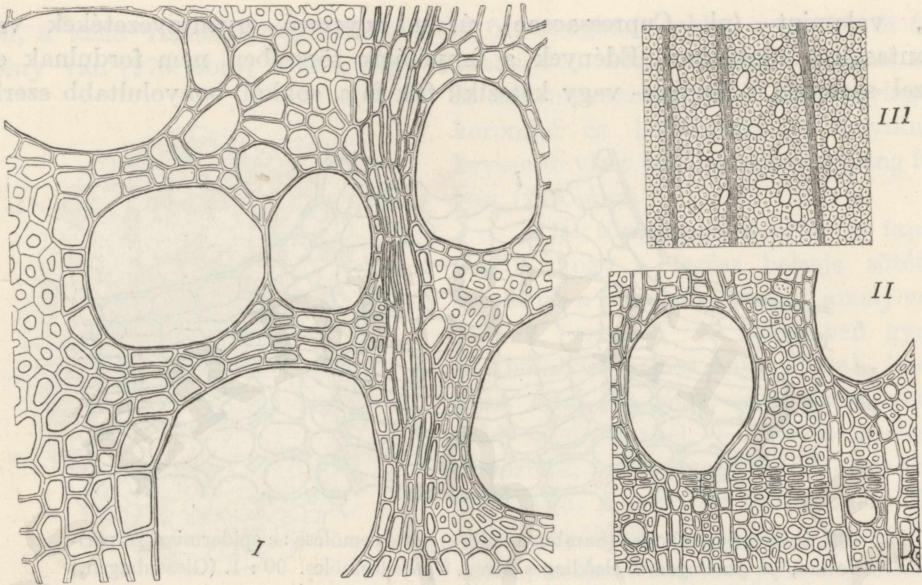
lagos szövetek nagyobb szabású méreteket nem érhetnek el. Ellenben az évszadokon, sőt ezredeken át élő fenyőféle és lombos fák törzsében a másodlagos fát és háncsot a kambium évről évre újabb és újabb rétegekkel gyarapítja. Ha az ilyen törzs keresztmetszetét szabad szemmel vizsgáljuk, úgy a másodlagos fa réteges szerkezete azonnal szemünkbe tűnik (268. ábra). Eme rétegek, vagyis évgyűrűk azáltal jönnek létre, hogy a tenyészet télen szünetel, illetőleg a kambium működése már augusztusban befejezést nyer, a nyár derekán keletkező faréteg pedig sokkal tömörebb szerkezetű mint a rákövetkező tavaszi réteg fája. Ez már kézi nagyítóval is észlel-



271. ábra. A cirbolya fenyő (*Pinus cembra*) fájának keresztmetszete: *bs* bélsugár; *a—a* az évgyűrű határa. Lent balról egy gyantavezeték. (Eredeti kép.)



272. ábra. A lúcfenyő (*Picea excelsa*) fája: *égyh* az évgyűrű határa; *bs* bélsugár; *gyv* gyantavezeték. (Eredeti kép.)



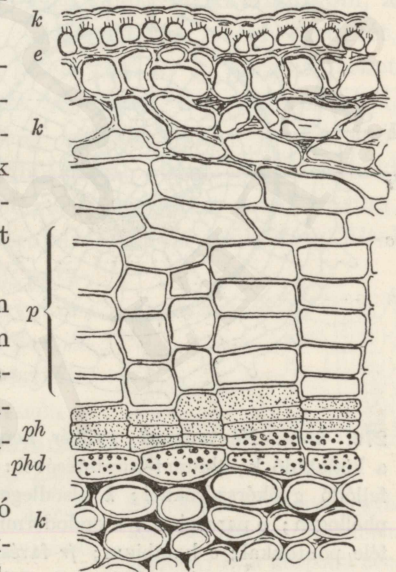
273. ábra. *I* az iszalag (*Clematis vitalba*), *II* a kocsányos tölgy (*Quercus pedunculata*), *III* a puszpáng (*Buxus sempervirens*) fájának keresztmetszete, ugyanazon, 100-szoros nagyítás mellett. (Eredeti rajzok.)

hető (269. ábra), még inkább azonban mikroszkóppal (270. és 271. ábra), amellyel kivehető, hogy az évgűrű külső határán sokkal tömörebb szerkezetű, apróbb sejtek foglalnak helyet mint a következő évgűrű tavaszi rétegében.

Az évgűrűk keletkezése a klíma változásával, illetőleg a mi mérsékelt földvünkön a tenyészeti idő periodikus szünetelésével és megindulásával kapcsolatos. A forró földövi fákön évgűrűk nem keletkeznek, vagy csak határozatlan alakban, a szárazabb és esősebb évszakok periódusait jelezve.

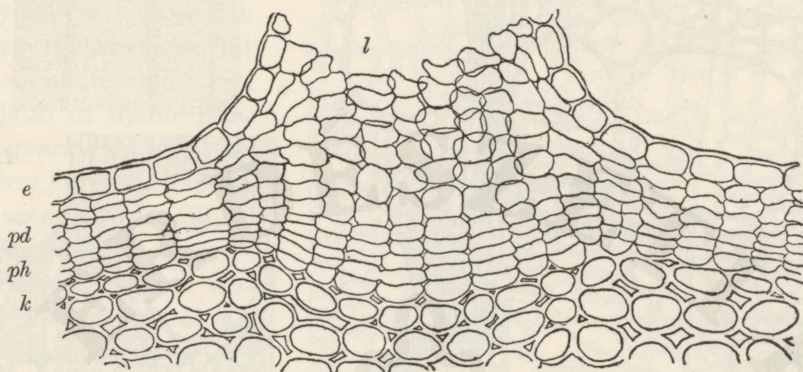
Az évgűrűkön keresztül a sugár irányában haladnak a *bélsugarak*. Ezek a fenyőfélék fájában (272. ábra) vékonyak, többnyire egy sejtnyi szélesek, és ezért a keresztmetszeten szabad szemmel nem láthatók. A lombos fák bélsugarai ellenben többnyire többsejtnyi szélesek, szabad szemmel is jól láthatók (269. ábra). A belől kiinduló bélsugarakat elsődleges, — a külsőbb évgűrűkben kezdődőket pedig másodlagos bélsugaraknak nevezzük (269. ábra).

A fenyőfélék fája túlnyomóan tracheidákból áll (272. ábra). Parenchima-sejtek csak a gyantavezetékek belésében és a bélsugarakban fordulnak



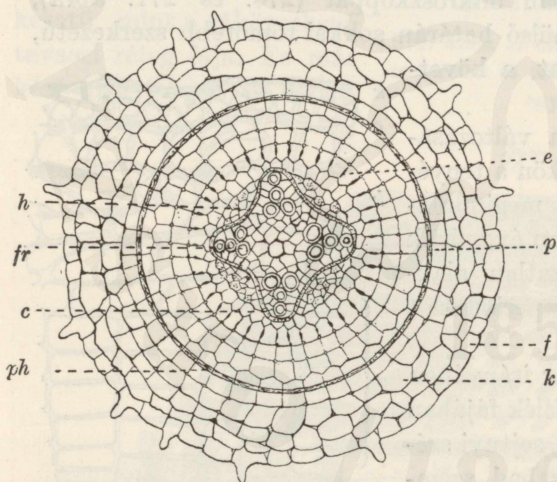
274. ábra. A *Ribes nigrum* ágán meginduló paraképződés: *k* kutikula; *e* epidermisz; *k* elsődleges kéreg; *p* pararéteg; *ph* phellogen; *phd* phelloderma. Nagyítva. (Sachs.)

elő, valamint (pl. Cupressaceae) ú. n. egyszerű gyantavezetékek vagy gyantasejtek alakjában. Edények a fenyőfélék törzsében nem fordulnak elő. Ezzel szemben a lombos- vagy kétszikű fák fája sokkal bonyolultabb szerke-



275. ábra. A fekete bodza (*Sambucus nigra*) paraszemölcse : *e* epidermisz, *pd* periderma, *ph* phellogen, *k* elsődleges kéreg, *l* paraszemölcs. 90 : 1. (Giesenhagen.)

zetű (270. ábra). Elemi alkotórészei : edények, tracheidák, rosttracheidák, libri-form sejtek, valamint még más sejtajták is, és mindig jelentékeny arányban van fájukban parenchyma. E berendezkedés által a lombos fák törzsében



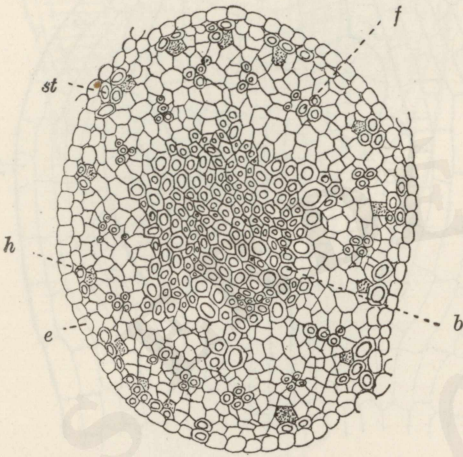
276. ábra. Négysugarú gyökér keresztmetszete, a kialakuló kambium feltüntetésével : *f* epidermisz, fejlődő gyökérszőrökkel ; *k* elsődleges kéreg ; *ph* phellogen ; *p* parasejtek ; *e* endodermisz, Caspary-féle pontokkal ; *c* kambium ; *fr* farész ; *h* hánccs-rész. (Belzung.)

sokkal több tartaléktáplálóanyag halmozódhatik fel mint a fenyőfélék fájában. Ennek következtében a lombos fák, ősszel lombjukat lehul-
latva, tavaszkor akadály nélkül ki-
hajthatnak tartalék-táplálóanyaguk-
ból ; nemkülönben évközben is, ha
lombozatuk pl. elfagy avagy ha azt a
rovarok rágják le. Ilyen visszaszer-
zésre a fenyőfélék nem képesek : ha
lombozatuk elpusztul, többé nem
hajtanak ki.

Az előbbieken leírt másod-
lagos fának fiziológiai és mechani-
kai hivatása van. Szilárd alkotású,
hosszú, rostalakú sejtjei segítségével
biztosítja a törzs szilárdságát ;
ezenkívül pedig, különösen a leg-
külső néhány évgűrűben, szállítja
a gyökerektől felvett vizet a koro-
nához ; parenchimás elemi alkotó-

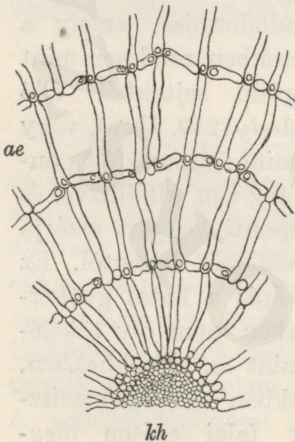
részei pedig a táplálóanyagok raktározására és különféle átalakítására szolgálnak. A fa szerkezete ezek következtében összefügg az illető növény összes fiziológiai és biológiai viszonyaival. Így pl. a kúszó iszalagnak aránylag vékony fatesté-

ben, a kellő vízmennyiség szállításával összhangban, sokkal nagyobb és több edény van (273. ábra) mint a tölgy fájában (273. ábra), és ebben megint több és nagyobb edény mint az aránylag kis koronájú és levélszerkezete folytán is kevesebb vizet párologtató puszpáng fájában (273. ábra).



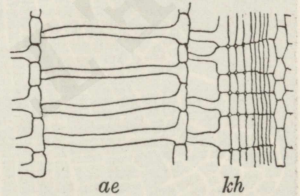
277. ábra. A *Posidonia Caulini* gyökere belső részének keresztmetszete: *b* szilárd szerkezetű, elfásodott bél; *f* faedények; *h* magában álló hancsrsz; *st* sztereoma-sejtek; *e* endodermisz. (Sauvageau.)

következtében az epidermisz csakhamar felreped és a szövetek védelmét a *pararéteg* (*periderma*) veszi át. A periderma külön e célra keletkező kambiumból, a *parakambiumból*, vagy *phellogen*-ből, veszi eredetét, mely osztódó sejtréteg kifelé fűzi le a parafasejteket (274. ábra). A phellogen létrejöhet az epidermiszből, vagy az elsődleges kéreg külsőbb vagy pedig mélyebben fekvő sejtrétegeiből (274. ábra). Befelé a zöld színű *phelloderma*-sejtréteget hozza létre. A fák vastag, cserepes kérgé is ily parakambiumok működése által jön létre. Feltűnő vastag pararéteg fejlődik a paratólgy kergén, amiből a parafadugókat és más parafatárgyakat készítenek.



278. ábra. A *Jussiaena* gyökérének keresztmetszete: *kh* központi henger *ae* aerenchymás szerkezetű kéreg. (Schenk.)

A lombos fák törzsén a paraképződéssel párhuzamosan *paraszemölcsök* vagy *lenticellák* is keletkeznek (275. ábra). Ezek az epidermisz szájníllásai alatt fejlődnek, és a felbőr felpattanása után mint laza szövetű, világosabb színű bibircsek tűnnek fel. Eredetüket a lenticella-kambiumból veszik, amely befelé zöld phelloderma-réteget, kifelé pedig lazán álló gömbölyded lenticella-sejteket és

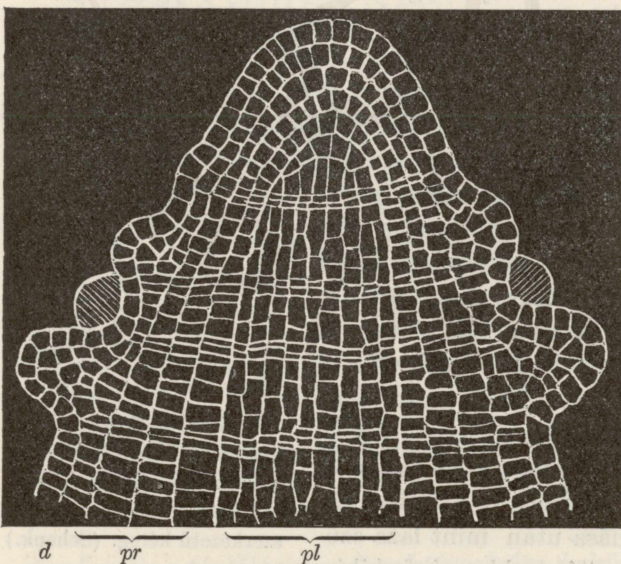


279. ábra. A *Jussiaena* gyökérének részlete hosszmet-szetben: *kh* a központi henger széle; *ae* aerenchyma-szerkezetű kéreg. (Schenk.)

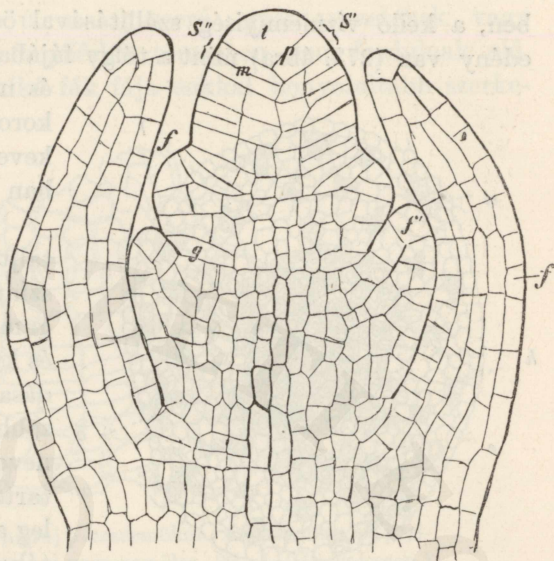
közbe-közbe elválasztó parasejt-rétegeket fűz le. E kambium csatlakozik azután oldalt a kéreg phellogenjéhez. A parazemölcsök a gáz-cserét közvetítik a kéreg belsőbb rétegei felé.

A gyökér szerkezete.

A gyökér a szártól szöveti szerkezetében lényegesen elüt (276. ábra). Epidermisze sokkal finomabb, ennek külső sejtjai nincsenek kutikulával borítva és nem vastagodnak annyira meg mint a szár vagy levél ugyane sejtjei. Epidermisz-sejtjeiből fejlődnek a gyökérszőrök (276. ábra). Az epidermisz alatt az elsődleges kéreg foglal helyet, amely természetesen klorofillt nem tartalmaz. Az epidermisz csakhamar elszokott pusztulni, hasonlóan amint azt a gyökérszőrokről is már említettük. Ekkor a lefoszló epidermiszsejtek szerepét az elsődleges kéreg legkülső sejtrétege, amely kutinizálódik, veszi át. Ezt a sejtréteget *exodermisznak* nevezzük. Az elsődleges kérgen belül foglal helyet

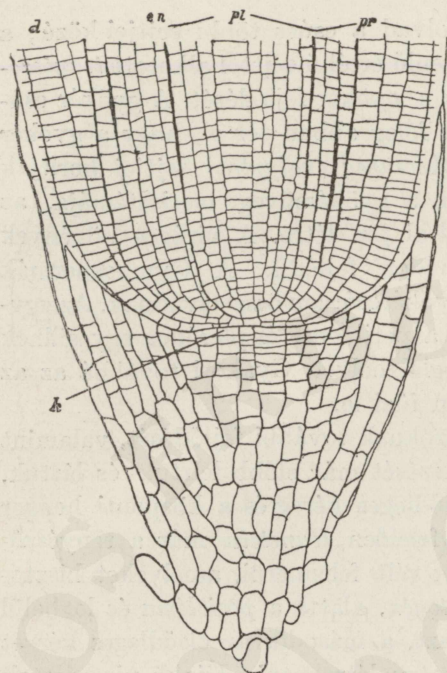


281. ábra. A *Hippuris vulgaris* tenyészőcsúcsának hosszmetsege: *d* dermatogén; *pr* periblema; *pl* pleróma; *l* levélkezdemény. 280-szor nagyítva.



280. ábra. Az *Equisetum arvense* tenyészőcsúcsának hosszmetsege: *t* vezérsejt; *s'*, *s''* egymásután következő szeletsejtek (segmentum); *f* levélörv; *g* új oldalhajtás iniciális sejtje. 240-szer nagyítva. (Strasburger.)

az endodermisz, amely a gyökerekben rendszeren mint vastagfalú sejtekből álló *védőhüvely* (259. ábra), vagy néha mint *Casparry-féle* pontos réteg van kifejlődve, és a központi hengert elzárja az elsődleges kéregtől. Ez az elzárás a fiatal gyökérrészekben nem oly tökéletes mint az idősebbekben, melyekben az endodermisz-sejtek falai erősen megvastagodnak és elparásodnak. Ha az illető sejtek falának megvastagodása már a gyökerek fiatal korában bekövetkezik, úgy az edénynyalábok farészei előtt (259. ábra) az endodermisznak



282. ábra. Az árpa (*Hordeum vulgare*) gyökércsúcsa: *d* dermatogén; *pr* peribléma; *en* endodermisz; *pl* pleróma; *k* kalyptrogén. 130-szor nagyítva. (Strasburger.)

egy- sejtjei vékonyfaluak maradnak. Ezek az ú. n. *áteresztő sejtek*, melyek által a központi henger és az elsődleges kéreg között fennmarad az összeköttetés.

Az endodermiszre a gyökerek központi hengerében is a *perikambium* következik, amely a gyökérelágazások kiindulóhelye, és ez okból nevezhető kambiumnak. Ezen belül az edénnyalábok vannak, sugarasan elhelyezett részekkel. A farsz legnagyobb edényei befelé, — a kisebbek kifelé esnek. A nyalábok száma szerint a gyökerek egy-, két-, háromsugarúak (diarch, triarch, tetrarch) stb. lehetnek. A 259. ábrán lerajzolt gyökér *pl.* pentarch, a 276. ábra ellenben tetrarch gyökert ábrázol.

A növény életmódja szerint a gyökér szerkezete különféle lehet, és különösen elütő a rendestől a vízben élő növények gyökérének szerkezete. A legszilárdabb része az ily gyökereknek a gyökér tengelyének környékére esik (277. és 278. ábra). Az elsődleges kéreg pedig rendszeren igen laza, légüregektől átjárt *aerenchyma* (278. és 279. ábra). Légüregék, illetőleg légszűrő a vízinnövények többi részeiben is előfordulnak.

A növényi test fejlődése.

Az egysejtű növények, melyek elődjük kettéosztódása által jönnek létre, az osztódás befejezésével el is készültek, legfeljebb még nőnek. Hasonlóan egyszerű a fonalakú telepes növényeknek, a gombáknak és a moszatok egy részének fejlődése, amelyeken csakis a spórák és az ivari sejtek keletkezése kölcsönöz némi változatosságot a testalkatuk fejlődésében; vegetatív sejtjeik, vagyis fonalaik, pedig minden irányban egyformák, egyenlő értékűek. Némi változást találunk már ama növények fejlődésében, amelyek egyszerű alkotásúak ugyan, de amelyeken már külön csúcsot és alaprészt különböztethetünk meg. A testnek fejlődését e növényeken, pl. a *Cladostephus verticillatus*, vagy a *Dictyota dichotoma* nevű barna moszaton, a csúcson helyet foglaló ékalakú sejt, a *vezérsejt* vezeti. Ilyen vezérsejt a magasabbrendű virágtalan növényeken is megvan. A mohok, surlók, harasztok szár- és gyökércsúcsa rendszeren szintén vezérsejttel nő (280. ábra), amely háromoldalú, pirámisalakú és gömbölyded alapjával kifelé fordulva képezi a csúcsot. A vezérsejt osztódása által jön létre a főhajtás és azon az oldaltagok, melyek mindegyikének csúcán egy-egy vezérsejt foglal helyet.

A korpafűféléken a vezérsajt már beleolvad a csúcs többi sejtjei közé; a virágos növényeken pedig már a számos, egyenlő értékű sejtől alkotott *tenyészőcsúcs* (281. és 282. ábra) vezeti a szár és a gyökér fejlődését. A gyökér csúcsának szerkezete a szár tenyészőcsúcsáétól főleg abban tér el, hogy a gyökér csúcsát az egymáshoz lazán illeszkedő *gyökérsüveg* (*kalyptra*) sejtjei borítják (282. ábra). A pteridophyták gyökérsúcsán a gyökérsüveg merisztémája, az ú. n. *kalyptrógén*, a vezérsajt osztódása által jön létre. A virágos növények gyökérsúcsán a kalyptrógén különféle módon fejlődik. A Gymnospermák periblémája, plerómája és kalyptrógénje a gyökérsúcson összeolvadnak. Az egyzárkú gyökéren (282. ábra) ellenben csak a peribléma és pleróma egyesülnek egymással és a kalyptrógén ezeken kívül foglal helyet. Gyakori továbbá az az eset is, hogy a gyökérsüveget a dermatogén fűzi le.

A szár tenyésző csúcsának sejtjeit és azoknak további fejlődését, valamint a különböző alakú sejtek és szövetek keletkezését már előbb leírtuk és láttuk, hogy a kifejlett szárát az epidermisz, az elsődleges kéreg és a központi henger alkotja. Ezeknek a szövetegységeknek megfelelően *Hanstein* már a tenyészőcsúcsban is bizonyos szövetnemző-egységeket vélt felismerni, amelyeket hisztogéneknek nevezett. E hisztogének: a *dermatogén*, alatta a *peribléma* és legbelül a *pleróma* (281. ábra). Az első az epidermiszt, a második az elsődleges kérget és a harmadik a központi hengert volna hivatva létrehozni. Újabb vizsgálatok arra az eredményre vezettek, hogy a tenyészőcsúcson ilyen speciális fejlődéstani értékkel bíró szövetrétegeket felismerni, elkülöníteni — általánosságban — nem lehet. A hisztogének ugyan egyes gyökerek csúcsán felismerhetők és ezeken a dermatogénből tényleg az epidermisz, a periblémából elsődleges kéreg és a plerómából központi henger lesz. A szár tenyészőcsúcsán azonban hasonlót nem lehet kimutatni. Az egyetlen növény, amelynek tenyészőcsúcsán eddig a hisztogéneket sikerült kimutatni, a *Hippuris vulgaris* (281. ábra); azonban erről is kimutatta *Schoutte*, hogy plerómájából nemcsak központi henger, hanem a kéreg egy része is ered. Hasonlóan áll a dolog a Gymnospermák szárának tenyészőcsúcsára vonatkozólag is, amelyek közül többről kiderült, hogy dermatogénjük tangenciális irányban is osztódik, és így tehát] abból nemcsak epidermisz lesz, hanem részben elsődleges kéreg is. Ez tapasztalható a Gramineák levelén is. A *Monstera deliciosa* levelén levő lyukak szélein pedig, amelyek az illető részek elhalása és kiesése által keletkeznek, az epidermisz ismét záródik, ami csak úgy történhetik, hogy a lyukak szélén, a levélmerisztéma periblémájából és plerómájából is epidermiszsejtek keletkeznek. Már pedig, ha ugyanaz a hisztogén különböző szöveteket hozhat létre és megfordítva, különböző hisztogénekből ugyanaz a szövet származhatik, úgy azoknak nem lehet fejlődéstani értéket tulajdonítani. Ezt bizonyítja különben az oldalhajtások keletkezési módja is. Ezeknek összes szövetnemei ugyanis a főtengely dermatogénjéből, vagy ebből és a periblémából veszik eredetüket, és az új hajtás központi hengere a főtengely plerómájával fejlődéstaniilag semmiféle vonatkozásban sem áll. Ezek alapján a tenyészőcsúcs ú. n. hisztogénjeit csakis helyzetük szerint különböztethetjük meg; nagyobb fejlődéstani jelentőségük nincsen.

