

Dr. HORTOBÁGYI TIBOR tanszékvezető főiskolai tanár:

A FEJLŐDÉSMENETI VÁZLATRAJZOK JELENTŐSÉGE A BIOLÓGIAI OKTATÁSBAN

20 vázlatrajzzal

A korszerű biológia oktatás egyik legfőbb elve, hogy a természet élő tagjait olyannak mutassa be, amilyenek. Ezt legtökéletesebben úgy valósíthatnánk meg, ha az élőlények tulajdonságait magukon az élő növényeken és állatokon szemléltethetnénk; ha az életfolyamataikat rajtuk bemutathatnánk. Ez azonban még a legjobban felszerelt és korlátlan anyagi eszközökkel rendelkező intézetekben sem valósítható meg hiánytalanul, mert az élőlények egyrészt igen sokfélék, fajaik száma megközelíti a kétmilliót, másrészt életfolyamataik igen bonyolultak és sokszor évekig elhúzódnak. Adjuk talán fel egyik legalapvetőbb elvünket? Ez nem szükséges, mert a látszólag fennálló áthidalhatatlannak vélt szakadékot a biológia oktatás számos segédeszköz, eljárás révén több-kevesebb eredménnyel eltüntetheti s az újabb módszerek, eljárások, szemléltető eszközök mind közelebb hozzák tanítványainkhoz, hallgatóinkhoz a való természetet.

Egyik ilyen nélkülözhetetlen segédeszközünk a vázlatrajz. Amint *Szkatkin* is írja, a rajzok révén a kérdéses tárgy, vagy jelenség világosan, határozottan elképzelhetővé válik s számos alkalommal nagyobb a vázlatrajzok jelentősége, mint a legkezelebb magyarázatnak. A kettő együtt, a szóbeli és a grafikai leírás pompásan kiegészítik egymást, fokozzák a figyelmet s az észlelést, a bevésést alaposabbá teszik *Kairov* szerint „A didaktikai rajz a bemutatásnak olyan formája, amely a legszélesebben alkalmazható az iskolai tanításban, mert nagyon megkönnyíti a tanulónak a megértést és az ismeretek elsajátítását és bármely iskolában alkalmazható. A tanítónak rendelkeznie kell azzal a tudással, hogy ilyen rajzokat készítsen” (I. c. p. 192).

A vázlatrajzok nagy segítséget nyújtanak a biológiai tények, jelenségek, folyamatok megértésénél. Vajon tankönyveink, kézikönyveink ábrái megfelelnek-e a dialektikus módszer megkívánta követelményeknek? A biológiai folyamatokat, jelenségeket összefüggéseikben, egymással s a környezettel való kapcsolataikban mutatják-e be? A biológiai folyamatokat moz-

gásuk, változásuk, fejlődésük, keletkezésük és elhalásuk szempontjából ábrázolják?

Ha végigtekintünk tankönyveinken az általános iskolától a főiskoláig és egyetemekig, a fenti kívánalmak a felszabadulásig alig, a felszabadulás után a legutolsó évek kísérleteitől eltekintve szintén nem nagy mértékben kerültek megvalósításra. Ábráinkat a sztatikus ábrázolási mód jellemezte. Közölték a könyvek a gabonarozsda habitusképét, a spóra alakját, a korpafű répaalakú előtelepét, hímivarsejtjeit, archegoniumát, a kifejlett növényt, a lucfenyőt, a salátaboglárkát, de egy-egy növény teljes életciklusát vajmi ritkán, s legtöbb esetben hiányosan szemléltették. Még a főiskolai, egyetemi segédkönyveink leginkább a bonyolult nemzedékváltakozásokat igyekeztek rádiókácsolásszerűen, tehát meglehetősen elvontan közelebb hozni, de ezek segítségével is nagyon nehezen vésődtek az emlékezetbe a legfontosabb fejlődési mozzanatok.

A növények olyan bemutatásával, amelyek azokat mozgásukban, fejlődésükben, váltoásaikban, keletkezésükben és elhalásukban, tehát teljes egyéni fejlődésükben (ontogéniájukban) vetítik eléink, a külföldi szakirodalomban is nagyobb számban és teljes részletességgel csupán néhány éve találkozhatunk. *Lowson—Howarth—Warne* 1946-ban, kilencedik kiadásban megjelent munkáikban a *Pandorina*, (p. 447) és a *Volvox* (p. 450) egészen kimerítő fejlődésmeneteit közlik. Ötletes, vázlatos fejlődésmenetekkel illusztrál *Guilliermond* és *Maugenot* 1948-ban kiadott második kiadású könyvükben. A *Spirogyra* és *Laminaria* (p. 677, 682) kivételével gombákkal foglalkoznak (fig. 552, 553, 564, 584, 610, 616). *P. M. Zsukovszkij*: Botanyika c. 1949-ben Moszkvában megjelent egyetemi tankönyvében a *Chlamydomonas* zöldalga (p. 208), több barnaalga (p. 218) csaknem teljes, a *Funaria hygrometrica* moha (p. 268), egy páfrány (p. 203), a *Selaginella selaginelloides* (p. 263) és a zsurló (p. 266) teljes részletes fejlődésmenetét közli. *Heinrich Walter* 1950-ben megjelent könyvében több mikroszervezet, moha, páfrány igen szemléletes életciklus-ábráját hozza. Szép fejlődésmenetek találhatók *L. M. Krecsetovics* 1952-ben megjelent munkájában is (fig. 10, 11, 98, 103, 104, 107, 109).

Hazai tankönyveink közül a legújabb időkben a *Hortobágyi-féle* 1951-ben megjelent általános iskolai növénytan tankönyv az ezüstmoha (*Bryum argenteum*) és az erdei pajzsika (*Dryopteris Filix-mas*) egyszerűsített fejlődésmeneti rajzát adja (p. 24—25). Az új típusú rajzok hazánkban nagy bőséggel első ízben *Soő Rezső* akadémikus 1953-ban megjelent egyetemi tan-

könyvében láttak napvilágot. E. Kossuth-díjjal kitüntetett munkában 36 fejlődési ábra (ebből 14 Hortobágyi rajza) egyes növények fejlődésmenetét több részletrajzban tárja elénk. Ugyanebben az évben a pedagógiai főiskolák számára Soó—Haraszty—Hortobágyi—Kiss—Uherkovich által írt „Növénytan” tankönyvben az algológiai rész 22, a gombafejezet 16, H. Walter után részben módosított, illetve új fejlődésmenetrajzot tartalmaz. Ezekon kívül a fejlettebb növényeknél még 5 hasonló típusú ábra van. A főiskolai növénytan tankönyv összesen 43 új típusú ábrát tartalmaz.

Részletes fejlődésmeneteket feltüntető rajzok középiskolai tankönyvben, az új gimnáziumi növénytanban láttak napvilágot (Hortobágyi: A növény élete és környezete. 1954.) Ebben 18 ábra igyekszik a gimnáziumi tanulók elé vázolni ugyanannyi növény részletes fejlődésmenetét születésüktől halálukig, illetve spóra- és magképzésükig.

A külföldi munkák közül legújabban A. Engler: Syllabus der Pflanzenfamilien I. 1954-ben megjelent kötetében találunk szép példákat az új típusú, korszerű ábrázolásra.

Magam 1951 óta kezdtem részletesebben foglalkozni fejlődésmenetek ábrázolásával és azoknak a tanításban való felhasználásával. Ábráimat részben a fentebb idézett munkákban már közzé tettem, részben az egeri Pedagógiai Főiskola Növénytan Tanszékén az oktatásban alkalmaztam. A Növénytan Tanszék szakmai dekorációját 1951-ig vegyes botanikai anyag szolgáltatta. 1951-től fokozatosan új rajzok kerültek a régiék helyébe. Jelenleg a Tanszék 44 fejlődésmeneti ábra díszíti, amelyből 26 az előadótérben, 18 a folyosón látható. Az előadótérben a fő fejlődési irányt képviselő atototróf, klorofilt tartalmazó növények ábrái, míg a folyosón a gombatípusú szervezetek fejlődésmenetei kaptak helyet. A teljes sorozat mintegy 60 nagyméretű képből áll, amely a vírusoktól, a baktériumoktól a zárvatermőkig mutatja be a legfontosabb növénytípusok teljes részletesnek nevezhető ontogéniáját.

Növénytan oktatásunkban használt fejlődési rajzaink közül húszat bemutatok. Közöttük a fejlődés legalacsonyabb lépésőjén a *kékvirágmoszat* (*Microcystis flos-aquae*) áll. Azért választottam ezt a sok apró, 3—7 mikron átmérőjű sejtekből álló s nyálkaburokkal körülvett kékalgát (Cyanophyta), mert hazai vizeink egyik legismertebb, leggyakoribb, igen gyakran tömegesen elszaporító s vízvirágzást előidéző szervezete. Az ábra közepén a kolonias növény egy kis telepét láthatjuk. A jobb oldali kör leggyakoribb szaporodását mutatja: egyetlen sejt többszöri osztódásából létrejöhét új telep. Ez a sejtosztódás, magá-

ban az anyatelepben is lejátszódhat s ilyen esetben a telep bizonyos számú sejt létrejötte után kettéválhat, tehát a telep is „osztódhat”. A kettéválást leginkább a külső tényezők: hullámzás, ütődés (vízi állatok révén) stb. válthatja ki. — A baloldali kör ritkább szaporodást tár elénk. A sejtekben olykor a plazma fregmentálódása révén sok kis sejt (nannocyta) alakulhat, ezek szétfeszítik a sejtfalet, kiszabadulnak s eredeti sejt-nagyságra növe új teleppé válnak. Ez a fejlődési ábra a kék-virágmoszat teljes fejlődési ciklusát világosan elénk tárja.

A második ábra az ostorosmoszatokhoz (Euglenophyta) tartozó *Euglena proxima* életciklusát mutatja. A fejlődés következő lépcsőfokán álló ostorosok az élővilág további alakulásában új főirány kezdetét jelentik, mert az ostorosokban válik szét a növény- és állatvilág. A zöld ostorosok a növények, a klorofillnélküliek az állatok ősei. Szaporodásuk — mint a kékalgáknál — csupán ivartalan úton megy végbe. Az ábra közepén itt is egy *Euglena proxima* részletes rajza áll hosszú ostorral, fent cseppalakú garattal, lüktetőhólyaggal és vörös szemfóttal, középen nagy sejt-maggal és a sejtben elszórtan található hosszúkás tartalékszénhidrát (paramylon) szemcsékkel, valamint kerek színtestekkel. A sejtben csavarvonalas lefutású bordázat figyelhető meg. A jobboldali kör szabadon mozgó állapotban lörténő kettéosztódását mutatja. A baloldali kör a kedvezőtlenebb külső körülményekre előálló ciszta-állapotban lejátszódó kettéosztódást tárja elénk. A kocsonyásfalú cisztákból rendes ostoros sejtek alakulnak.

A harmadik ábra az algák fejlődésében magasabb fokot elért *Volvox aureus* zöldalga fejlődésmenetét szemlélteti. A telepekben olykor 50 000 kétostoros sejt társul és a telep elérheti már a gömböstüfej nagyságot. Az egyes sejtek színtelen, nyálkás, kocsonyás burookban a gömbalakú kolónia felületén meghatározott rencében és távolságban helyezkednek el. Egymással plazmahidakkal kapcsolatot létesítenek. Már működésmegoszlással találkozunk, mert a szaporodást néhány sejt, a többi a telep fenntartásához szükséges munkákat végzi. A *Volvox* sejt-társulása már plazmahídjai, szervezetsége révén soksejtű egyedet képvisel; az ostoros állapotban is mutatja a jövő irányát: a sejtek társulását. Az ábra közepén itt is a habituskép látható. Az új telepek ivartalan és ivaros úton jöhetnek létre. Ahol ivartalan és ivaros szaporodással találkozunk, ott az ábrák baloldali köre mindig az ivartalan, a jobboldali az ivaros szaporodást szemlélteti.

Ivartalan szaporodáskor (baloldalt) egyes telepsejtek megnagyobbodnak (északon), többször osztódnak (nyugaton), s új

kolóniákká (délen) válnak. A gömbalakú új telepek az anyakolóniába süllyednek. 7—10 ilyen telepnél több már nem nagyon fér el az anyatelepeben, s felrepezstik azt, így szabadulnak ki, megkezdik önálló életüket. A középső képen az anyatelepeben 6 fejlődő új kolóniát láthatunk.

Ivaros szaporodásakor ((jobboldalt) egyik növény egyes sejtjeiben kétostoros hímivarsejtek, egy másik Volvoxban 8—10 sejtben 1—1 petesejt fejlődik. Az ivarsejtek erősen megnagyobbodnak (észak). Megtermékenyítés után. (kelet) a petesejt vastagfalú zigotává, csírasejtté alakul, nyugalomra tér, bizonyos idő múltán redukciósan osztódik, s kifejleszti az új kolóniát. A szaporodásban részt nem vevő sejtek elhalnak; a Volvoxnál tehát valódi hullarészek keletkeznek.

A *süvegmoszat* (Oedogonium) bonyolult fejlődésmenetét tárja elénk a 4. ábra. A többsejtű, zöldalgákhoz (Chlorophyceae) tartozó fonalas süvegmoszat már helyhez kötött növény. Ivartalan szaporodásakor (baloldalt) sejtenként 1—1 nagy, csillókoszorús rajzospóra keletkezik, amely bizonyos ideig mozog a vízben, majd megtelepedik, csillangóit leveti, s új növény-nyé alakul. Ivaros szaporodása két úton mehet végbe, mint azt a jobboldali kör két felső íve jelzi. A rendesnél kisebb sejtben általában kettesével csillókoszorús hímivarsejtek keletkeznek. Az egyetlen petesejtet tartalmazó oogónium megnagyobbodott fonálsejtből jön létre. Ennek nyílásán hatol be a csillókoszorús hímivarsejt s megtermékenyíti. A petesejt merev falú zigotává (Z) alakul. A zigotaképződés más úton is létrejöhet Ha a hímivarsejteket termő sejtben csupán egy csillókoszorús sejt (androszpora) fejlődik (alsó körív), ezek az anyafonálból kiszabadulva a petesejt közelében megtelepednek, ott néhány sejtből álló törpehímet hoznak létre, s ennek a törpe hímnak a felső sejtjében fejlődnek a megtermékenyítést végző csillókoszorús hímivarsejtek. A zigota kétszeres kromoszómaszámú sejt, kihajtásakor redukciósan (R) osztódva négy egyszeres kromoszómaszámú, ugyancsak csillókoszorús sejtet hoz létre, amelyek megtelepedve új Oedogoniummá alakulnak.

Az ostortalan zöldmoszatokhoz (Conjugatophyceae) tartozó *kiflimoszat* (Closterium) látható az 5. ábrán. Ivartalan szaporodásakor a sejt mag és a sejt kettéosztódik, a sejt fal közepén elválik, majd a sejtalkotók eredeti nagyságukra növekednek és a sejt fal is kiegészül. Ivaros szaporodásakor egy nő- és egy hímjellegű növény egymás közelébe jutva kocsonyaburokkal veszik körül magukat. A sejt falak közepükön felnyílnak, s a hímjellegű sejt egész plazmája a másik sejtbe ömlik. A keletkezett zigota (Z) vastag falat fejleszt, közben az anyasejt falak

leválnak. A zigóta a vizek alján áttelel. Tavasszal redukciósan (R) osztódva négy haploid sejtet hoz létre, közülük általában csupán a két legerősebb alakul új növényvé, A darwini természetes kiválasztás itt is érvényesül.

A felsorolt fejlődésmeneteknél sokkal nehezebben volt elképzelhető a barna- és vörösalgák sokszor igen komplikált nemzedékváltakozásos élete, hiszen ezeket élő állapotban nálunk alig mutathatjuk be, mert a barnaalgák hazánkban nem élnek, a vörösmozsátok pedig meglehetősen ritkák.

A 6. rajzon a barnamoszathoz (Phaeophyta) sorolt *Cutleria multifida* fejlődésmenete látható. A legősibb barnaalgákhoz tartozik (Phaeosporales), ezeknél még az egyszeres kromoszómaszámú (haploid) ivaros nemzedék (gametophyton) a fejlettebb, ez a közismert Cutleria alga (1a, 2a). A hímjellegű gametophytonon (1a) hímivarszervek (1b) jelennek meg, ezekben kisebb kétostoros hímivarsejtek (mikrogameták, 1c) jönnek létre. A nőjellegű gametophytonon (2a) nőivarszervek (2b) s ezekben nagyobb, ugyancsak kétostoros nőivarsejtek (makrogameták (2c) teremnek. A megtermékenyülés után a zigóta (4, Z) kihajt és sokszori osztódással diploid, azaz kétszeres kromoszómaszámú kisebb ivartalan (sporophyton) növényeket fejleszt (5). Ezen spóratartók (6) alakulnak, ezekben a sporangiumokban redukciós osztódással (R) kétostoros hím- és nőjellegű rajzóspórák fejlődnek (7), amelyekből hím- illetve nőjellegű Cutleriák (1a, 2a) jönnek létre.

Ez az ábra élesen elénk tárja a fejlődési rajzok nagy előnyeit. Az egész bonyolult *heteromorf* nemzedékváltakozásos fejlődésment kézzelfogható közelségbe kerül. Határozottan előtűnik a sporophyton és a gametophyton. A sporophytont egyébként a vastagabb körvonalak is kiemelik. Ha egymás mellé helyezzük a heterogámias Cutleria után az oogámias *Dictyota dichotoma izomorf* nemzedékváltakozásos fejlődésmenetét, majd a *Laminaria saccharina* olyan *heteromorf* fejlődési ciklusát, ahol már a diploid sporophyton a fejlettebb, s a gametophyton alig néhány sejtű, végül a *Fucus vesiculosus* ábráját is oda állítjuk, ahol az egész növény sporophyton, a gametophyton már csupán az ivarsejtekre redukálódott — az eddig igen nehezen elképzelhető, nagyon nagy fáradsággal megtanulható fejlődésmenetek, szaporodási módok könnyebben megjegyezhetők.

A nemzedékváltakozás a vörösalgák (Rhodophyta) törzsében a legbonyolultabb. A 7. ábra a *Callithamnion*-típusú vörösmozsátok három nemzedékes ontogéniáját tárja elénk. A *gametophytonon* (1) hímivarszervekben egyesével ostornélküli hímivarsejtek (spermatiumok, 1a) és nőivarszervek (carpogoniumok) je-

lennek meg. (2). Eddig tart a gametophiton élete (Gf). A megtermékenyített petesejt, a diploid zigota (Z, 3) egy szomszédos sejttel összeolvad, magjaik azonban nem egyesülnek (4), majd diploid spóratermő (sporogén) fonalakat fejleszt (5), amelyeken ugyancsak diploid, mozdulatlan karpospórák (6. Ks) teremnek. Eddig tart a *diploid karposporophyton* élete. (Ksf). A karpospórákból a gametophytonnal megegyező alakú diploid növényke nő, de ezen nem ivarszervek, hanem sporangiumok jelennek meg (7), ezekben redukciós osztódással, négyesével tetraspórák képződnek (R, 8). Ezért ezt a gametophytonhoz teljesen hasonló növénykét *diploid tetrasporophyton* nemzedéknek nevezzük (Tsf). A tetraspórákból fejlődnek azután a haploid gametophytonok.

Lombosmoha (*Funaria hygrometrica*) fejlődésmenete látható a 8. ábrán. A spórákból (1) fonalas előtelep (2, 3), ezek rügyeiből mohanövénykékké (4) fejlődnek. A buzogányalakú hímivarszervekben (5) kétostoros hímivar-sejtek (6) vízcsepphen úszva termékenyítik meg a palackalakú nőivarszervek (7) egyetlen petesejtjét. A diploid zigota hozza létre a diploid spóratartót a tokkal (8, 9), amely a sporophytont, (Sp), míg az előtelep és a leveles mohanövény a gametophytont (G) képviseli. A mohák megkezdett fejlődési irányt tárnak elénk, tőlük származtatható növényeket nem ismerünk.

A kapcsos korpafű (*Lycopodium clavatum*, 9. ábra), a mezei zsurló (*Equisetum arvense*, 11. ábra) és az édesgyökerű páfrány (*Polydium vulgare*, 12. ábra) fejlődésmeneteinek és a lombosmoha fejlődésmenetének az összehasonlításából világosan látható a sporophyton előretörése és a gametophyton nagymérvű redukciója. Azonban a gametophytonon még mindig megjelennek az ivarszervek, viszont az antheridiumak már kisebbek, csupán néhány sejtből állanak és a spermatozoidák száma is megcsappan.

A mohákra emlékeztető, apró levélkéjű, villásan elágazó *kapcsos korpafűn* (1) sporophyllumfüzerek jelennek meg. A sporophyllumok (2) alsó részén babalakú sporangiumokban redukciós (R) osztódással teradrikus, egyféle spórák (izospórák) képződnek (3). A spórákból 6—9 év elteltével a talajban kb. 2 cm átmérőjű fehéres-szürkés szaprofita életmódú előtelepek (4) fejlődnek, amelyeken újabb 12—15 év múlva jelennek meg az ivarszervek (5). A hímivarszervekben (6) létrejövő kétostoros spermatozoidák (7) termékenyítik meg a nőivarszervek (8) petesejtjét. A keletkező embrió az előtelepbe nyomul (9), abból táplálkozik, majd fokozatosan (10, 11) az ismert korpafűvé fej-

lődik ki (1). A gametophyton már csupán a spórára és a kicsi előtelepre redukálódott. -

Hasonló a *mezei zsurló* (11. ábra) fejlődésmenete is, de itt az előtelepek zöldek s egyivarúak. A spórák ugyan teljesen egyforma alakúak, de belőlük már különböző ivarú előtelepek fejlődnek (homioiospórák). A hím és nőjellegű spórák (1, 2) nagy nyúlványaik révén a széllel jól terjednek (1a, 2a). A hímjellegű előtelepben (3) képződött csavart hímivarsejtek (3a) megtermékenyítik a nőjellegű előtelep petesejtjét (4), amely gyors osztódással (5) hozza létre a közismert meddő és termőszárú zsurlót. A termőszár (6, T. sz.) sporophylumfüzéreiből a pajzsalakú spóratermő levelek fonákán (7) jönnek létre redukciós osztódással a spórák (1, 2). A gametophytont itt is a spórák és az előtelepek képviselik.

Az *édesgyökerű páfrány* fejlődésmenete a középiskolai tankönyvből is már közismert. Egyforma (izospórák) spórákból alakuló előtelepén, mint a korpafűén, antheridiumok és archeogoniumok jelennek meg; az előtelepek zöldek, tehát önállóan táplálkoznak. A gametophytont itt is a spóra és a szivalakú, fillérnagyságú előtelep jelenti.

A *csipkeharaszt* (Selaginella, 10. ábra) fejlődésmenetében a virágtalan növények egyik legjobban leegyszerűsödött előtelepeit szemlélhetjük. Kétféle spórája van (heterospórák). A kisebb mikrospórából (1) spórában maradó, néhány sejtű előtelep (2), ebben több kétstoros hímivarsejt (3) fejlődik. A nagyobb makrospórából (4) többsejtű, a makrospórát felrepszító s abból kitüremkedő, de azt el nem hagyó előtelep (5) jön létre, amelyben több nőivarszerv alakul. A megtermékenyített petesejtből csíra (6) lesz, ezt az embriót a makrospóra tápanyagai táplálják, amely csipkeharaszttá (7, 8) fejlődik. Ennek hajtásvégein (9) alul makrospóratartók (10), felettük mikrospóratartók (11) jelennek meg, ezekben redukciós osztódással (R) alakulnak ki a spórák. A heterospórák csipkeharasztnál a gametophyton már nem hagyja el a spórákat.

A fenyők fejlődésmenetében (13. ábra) a gametophyton leegyszerűsödése folytatódik, hiszen az ivaros nemzedékhez csupán a virágporszemek (5) és az embriózsák vagy csírazsák (7) tartoznak. Míg a fenyők hím gametophytonja = virágporszeme csupán néhány sejtű, addig a női gametophyton = az embriózsák vagy makrospóra még soksejtű és több archeogoniumot rejt magában. A szárazföldi életmódhoz való nagyfokú alkalmazkodás eredményeképpen megjelenik a pollentömlő (siphon).

A heterospórák csipkeharaszt mikro- és makrospórája, valamint a nyitvatermők mikrospórája = virágporszeme és makro-

spórája = embriózsákja, a rajzok összehasonlítása igen szemléletesen elénk tárják a homológiák, a fejlődési vonal felismerését a heterospórás harasztoktól a nyitvatermőkig, majd a zárwatermőkig (14. ábra). A magvas növények ugyanis szintén heterospórás szervezetek, s kialakulásuk a magvaspáfrányok közvetítésével történt.

A zárwatermők hím gametophytonja, a pollentömlőt hajtó virágporszem teljesen kifejlődve is csupán 3 sejtű, míg a makrospóra (embriózsák) általában 8 sejtű. A fejlődési rajz világosan szemléletes a zárwatermőkre jellemző kettős megtermékenyítést, az ivaros szaporodás legmagasabb fokát, a triploid tápszövet kialakulását (14. ábra).

A gombák közül a nyálkagombák (Myxophyta) fejlődésmenete a legegyszerűbbekhez tartozik. A *Fuligó* nyálkagomba fejlődésmenetét mutatja a 15. ábra. A spórából (1) egyostoros rajzspórák bújnak ki (2, 3), a belőlük fejlődő ostortalan nyálkaamóbák (4—6) plazmalepedővé állanak össze (7, 8), majd ezekből sporangiumok (9) alakulnak, itt redukciós osztódással spórák (1) keletkeznek. A gametophytonhoz az 1—4., a sporophytonhoz az 5—9. fejlődési állapotok tartoznak. Ez a fejlődésmenet világosan érzékelteti a nyálkagombák rokonsági vonatkozásait is.

Az ősgombákhoz (Archimycetes) tartozó *burgonyarák* (*Synchytrium endobioticum*) fejlődésmenete bonyolult (16. ábra), ősi plazmodiumos, amőbás, ostoros állapotot tükröz. A gomba egyostoros rajzospórája (1) a burgonyagumó felületéhez érve elveszti ostorát, s amőbaszerűen (2) a gumó bőrszöveti sejtébe hatol (3). A fertőzött sejt tojásalakúvá nő, miközben a szomszédos sejtek az ingerhatásra jellegzetesen osztódnak és sejtfaik megfásodnak (4), rákos duzzanat alakul ki. A gomba kettős vastag fallal veszi magát körül. Ez az egymagvú nyári spóra (5). A nyári spóra plazmája később kibújik (6), de a gazdasejtben marad; közben sejtmagja többízben osztódik (7), majd a plazma is 5—9 részre darabolódik (8). Egy-egy plazmarész nem más, mint zoosporangium, mert csakhamar mindegyik sejtmag kevés plazmával zoospórává (9) alakul, amelyek elhagyják a gazdasejtet (10), s új burgonyákat fertőznek (10a). Így szaporodik a gomba ivartalanul.

A zoospórák gamétánként is viselkedhetnek: páronként kétostoros zigotává (11) olvadhatnak össze, amely nemsokára leveti ostorát, amőbaszerűen behatol a gumóba (12—13). A fertőzött sejt többízben osztódik, mire a gombás bőrszöveti sejt a gumóba nyomódik, közben a gombát vastag sejtfa veszi körül (14). Ezután sejtmagja többízben osztódik (15) és számos zoospórává alakul (1).

A moszatgombák (Phycomycetes) közül a *szőlőperonoszpóra* (*Plasmopara viticola*) életciklusa nemcsak a veszedelmes kártevő életét tárja elénk, hanem sokkal tudatosabbá tehetjük általa az ellene folyó harcot is (17) ábra). A többször megismétlődő nyári konidiumszerű zoosporangiumokkal való ivartalan szaporodás (1—5), a gomba továbbterjedését, a szőlő fertőzését idézi elő. Ennek ismerete, a rajzok — kapcsolatban a lapangási szakasz hőmérsékleti és csapadékgigényével — rávilágítanak a permetezések legmegfelelőbb idejére. A gomba ivaros szaporodását a 7—9. részletrajzok tárják elénk. Nagyszerű alkalom kínálkozik itt a fonalas, polienergiás zöldmoszatokkal, különösen a *Vaucheria* ivaros szaporodásával való összehasonlításra, a származási kapcsolatok kiemelésére. A szőlőperonoszpóra diploid fázisa egyedül az áttelelő zigotára (10) szorítkozik, mert a zigota tavasszal redukciósan osztódva hajt ki (11. R), s hozza létre a zoosporákat (12, 5, 6, 1).

A tömlősgombákhoz (Ascomycetes) tartozó *anyarozs* (*Claviceps purpurea*) ma már természetett növényünk. A fonálatakú spórák (1), micéliumot (2), azaz gombafonadékot fejlesztenek a rozs és számos fűféle magházában (3), s ott csakhamar szaporítósejteket, konidiumokat (4, 5) termelnek, amelyekkel nyáron több ízben is befuthatják az 1—5—3. ábrákkal jelzett ivartalan szaporodást. Aratás táján alakulnak ki a gombafonalak tömörüléséből az anyarozsok (6), amelyek a talajra hullva áttelelnek. Tavaszkor, a rozs virágzásakor hús-vörös, hosszú nyelű gömbök törnek elő az anyarozsokból (7). Most következik be az ivaros szaporodás (8), ennek eredményeképpen korsó alakú termőtestekben (9—10) megnyúlt tömlőkben (11) fonalas tömlőspórák (1) jönnek létre redukciós osztódással. Antheridium, archegonium nincs, ami a megváltozott életmóddal hozható kapcsolatba.

A *kalaposgombák* életét tárja elénk a 19. rajz. A váltivarú bazídiosporákból (1) egymagvú sejtekből álló fonalak (hifák, 2) fejlődnek, amelyek csupán akkor hoznak termőtesteket, ha a különmemű hifák egyesülnek (3). A most már kétmagvú (dikaryonos) sejtekből álló fonalak csatképződéssel sokszor osztódnak (4), majd termőtestükkel a talaj felszínére törnek (5). Leginkább a kalap sugaras lemezkéin (6), vagy lyukaiban jönnek létre a váltivarú bazídiosporák (7—10). Az ábrákon jól szemléltethető a jellemző dikaryonos állapot (3—8), a valódi diploid sejt (8), a redukció helye (9), a tenyész- és termőtest közötti eltérés. A kétmagvú fonalak már a sporophytonhoz számíthatók. A gametophyton csupán a bazídiosporára és az egymagvú fonalakra szorítkozik. Ivarszervek nem alakulnak ki.

Végül a 20. rajzon a nagyon komplikált, két növényt pusztító (heteroecicus) *búza feketeteroszdájának* (*Puccinia graminis*) fejlődésmenete áll előttünk. Tavasszal a vastagfalú diploid télispora (teleutospóra, 1) kihajt, redukciósan osztódva váltivarú bazidiospórákat (2) terem. Ezek a mahónia vagy a sóskorbolya levein kihajtanak (3), az egymagvú és különmemű fonalak bizonyos idő után találkoznak, s plazmájuk összeolvad (4). A kétmagvú sejtekből álló telep a levelek fonákán csészealakú ecidiumokat hoz létre (5). Ha csupán egyivarú bazidiospórák fertőzték a leveleket (6), akkor a levelek színén lombikalakú piknidiumok (7) alakulnak, ezekben váltivarú spermátiumok (piknospórák) teremnek. Egyivarú fertőzés esetén a levél színére bibehifák emelkednek, ha az ilyen kiálló gombafonalakhoz másivarú spermátium kerül (8), akkor sejttartalmuk összeolvad és a levél fonákán ecidium (5) alakul. Az ecidiumokban nagy számban fűződnek le a kétmagvú ecidiospórák (konidiumok, 9), amelyek csupán már a búzán fejlődnek tovább (10) Ott sok nyárispórát (ureocspórát, 11) teremnek, ezek a gázcsere-nylásokon át (12) újabb búzanövényeket fertőznek. A gabona érésekor jönnek létre a vastagfalú, áttelelő, igazi diploid magvú télisporák (13, 1).

A gametophytonhoz a bazidiospórák és a belőlük fejlődő egyivarú sejtekből álló micéliumok tartoznak. Az ivaros szaporodás nagyon leegyszerűsödött, viszont a gomba alkalmazkodóképessége igen nagy. A heterotrof fejlődési irány az ivarszervek, ivari folyamatok leegyszerűsödéséhez vezetett. Az ivari folyamatok két részre különülnek: plazmaösszeolvadás (plasmogamia) kétmagvú (dikaryon) állapottal és azután áll be a magvak összeolvadása (karyogamia).

Kissé részletesebben volt szó a mellékelt fejlődésmenetekről, viszont a rövid szövegek jobban alátámaszthatják a vázlatrajzok jelentőségét és megmutathatják, mennyi segítséget jelenthetnek a korszerű, fejlődési alapokon nyugvó biológia oktatásnak. Megfelelő szöveggel és magyarázattal e fejlődési vázlatrajzok a szakköröknek is igen hálás anyagai lehetnek.

Miképpen használjuk fel ezeket a fejlődésmeneteket tükröző rajzokat a botanikai, biológiai oktatásban? Amint már említettem, tantermünkben 26 nagyméretű fejlődési vázlatrajz látható körben a falakon. Ezek a klorofillos szervezetek ciklusai található fejlődési sorrendben. A sorozat az *Anabaena* kékgalgával kezdődik, folytatódik az *Euglena*, *Gonium*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Volvox* moszatokkal, a különböző algtörzsek jellegzetes tagjaival, pl. a *Ceratium*mal, *Chlamydomonas*szal, *Pediastrum*mal, *Ullothrix* zöldalgalával stb., barna- és vörösmo-

szatokkal, mohákkal, harasztokkal, s végül a nyitva- és zárva-termőkkel végződik. A kezdő kékalga ábra és a sorozat utolsó tagja, a zárva-termők fejlődésmenete egymás mellett lóg a falon. Mutatja, mivé alakult az egyszerű felépítésű egysejtű, vagy fonalas szervezet hoszú évmilliók folyamán

Az elsőéveseknél az általános növénytan tárgyalásában már igen nagy segítséget jelentenek ezek a szakmai dekorációk. A legelső órákon, a sejtek megjelenésénél, alakjánál, nagyságánál már pompás szemléltető eszközök — s egyúttal rendszertani, fejlődéstani előtanulmányok, hiszen megmondjuk, ez egyszerű felépítésű kékalga, ez már fejlettebb zöldalga stb. Felhasználhatók az ivartalan és ivaros szaporodás, a sejtek differenciálódása, a szervtan, de különösen a nemzedékváltakozás tanításában. Főiskolai és egyetemi vizsgáink egyik kényes tétele volt mindig a mohák, korpafüvek, zsurlók, páfrányok, a heterospórás harasztok, a nyitva- és zárva-termők nemzedékváltakozása. A haploid és diploid állapotok összezavarása, a redukció helyének eltévesztése gyakori volt. Ma ezeket az elsőéves hallgatók az első félév végén igen jól megjegyzik, sőt biztosan tudják a tömlős- és bazidiumosgombák és néhány alga nemzedékváltakozásait, is.

Döntő felhasználásuk azonban a fejlődéstörténeti rendszer-
tan és az általános biológia tanításában történik. A növényvilág kialakulásának, rokonsági, származási kapcsolatainak vizsgálata során a vírusoktól kiindulva képről-képre haladunk a legfejlettebb növényekig. A nehezen, vagy éppen nem szemléltethető mikroszkópikus növények szaporodásmódjai, fejlődési állapotai reális valósággá válnak e rajzok segítségével, hiszen pl. a vírusfejlődést 6, a baktériumokét 7, a Goniumét 11, a Pedicellumét 13, az üszöggombáét 16 részletrajz magyarázza. Nagyon könnyű e fejlődési vázletrajzok révén az egyes fejlődési lépcsők, a minőségi ugrások megláttatása. a megváltozott környezet hatására fellépő s továbbalakuló, differenciálódó sajátosságok észrevételése; a megrekedt, a szákcúcs fejlődési irányok bemutatása, a vízi életmódról a szárazföldi életmódra való át-
térés, a fellépő alkalmazkodások szemléltetése. A hallgatók előtt tágabbra nyílnak az élővilág helyes szemlélésének kapui.

Mindegyik fejlődési rajz egy-egy rendszertanilag vagy gazdaságilag fontos növény életét mutatja be születésétől elhalásáig, illetve szaporító testeinek a termeléséig. A kérdéses növény teljes életciklusát, ontogéniáját tárja fel. Azáltal pedig, hogy az egyes fejlődési rajzokat fejlődéstörténeti sorrendben összeállítva helyezzük el, az élő anyag mozgásának fejlődésének a növényvilágban megtett útját vetítjük a hallgatók elé.

Úgy látjuk, ezek az új típusú, fejlődésmeneteket bemutató vázlatrajzok jobban megfelelnek a dialektikus módszer követelményeinek: a biológiai folyamatokat és jelenségeiket összefüggéseikben, egymással és a környezettel való kapcsolataikban mutatják, a biológiai folyamatokat történeti, ontogéniai és filogéniai szemléletben vetítik elénk. Ezért állíthatjuk, hogy hallgatóink helyes világnézetének kialakításában, tehát ideológiailag is nagy jelentőségűek.

Arra kell törekednünk, hogy tankönyveink, kézikönyveink rajzai, a szemléltető rajzok lehetőleg mind hasonló elgondolásúak legyenek, mozgásokat, folyamatokat, fejlődésmeneteket mutassanak be. A legtöbb esetben ennek a megvalósítása nem ütközik nagyobb akadályba. Tankönyveink sejtani, szövettani, szervtani és élettani rajzai közötti máris láthatunk biztató kezdeményezéseket.

Irodalom

Engler, A.: Syllabus der Pflanzenfamilien I. Bd. Berlin—Nikolassee, 1954.

Guilliermond, A. — Mangenot, G.: Biologie Végéale. Paris, 1948.

Hortobágyi, T.: Növénytan az általános iskolák VI. osztálya számára. Tankönyvkiadó, Budapest, 1951.

Kairov, I. A.: Pedagógia. Közoktatási Kiadóvállalat Budapest, 1954.

Krecsetovics, L. M.: Voproszi evoljucii rasztyityelnovo mira. Moszkva 1952.

Lowson, J. M. — Howarth, W. O. — Warne, L. G. G.: Textbook of Botany. London, 1946.

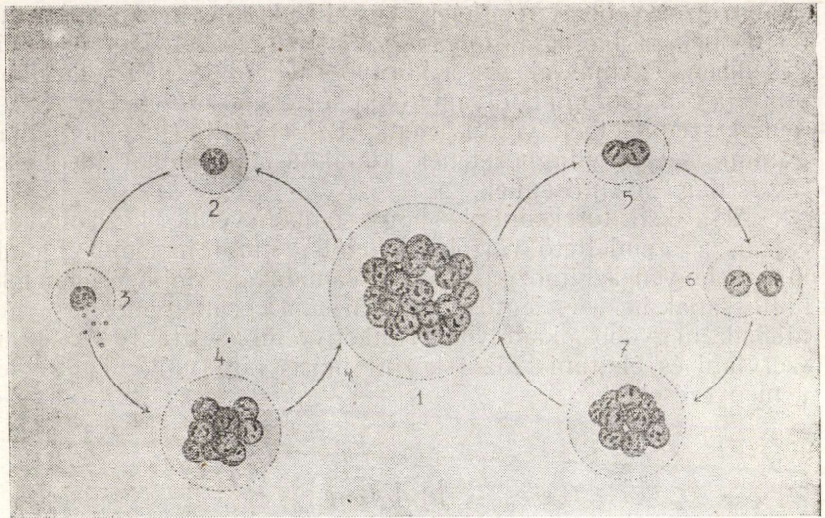
Soó, R.: Fejlődéstörténeti Növényrendszertan. Egyetemi tankönyv. Tankönyvkiadó, Budapest, 1953.

Soó, R. — Haraszty, Á. — Hortobágyi, T. — Kiss, I. — Uherkovich, G.: Növénytan a pedagógiai főiskolák számára. Tankönyvkiadó, Budapest, 1953.

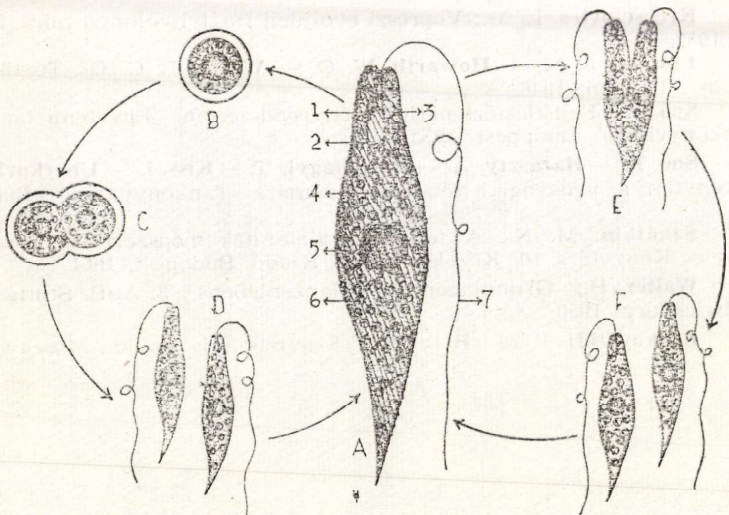
Szkátkin, M. N.: A természetrajztanítás módszertana. Szocialista Nevelés Könyvtára 10. Közoktatásügyi Kiadó, Budapest, 1951.

Walter, H.: Grundlagen des Pflanzenlebens. 3. Aufl. Stuttgart — Ludwigsburg, 1950.

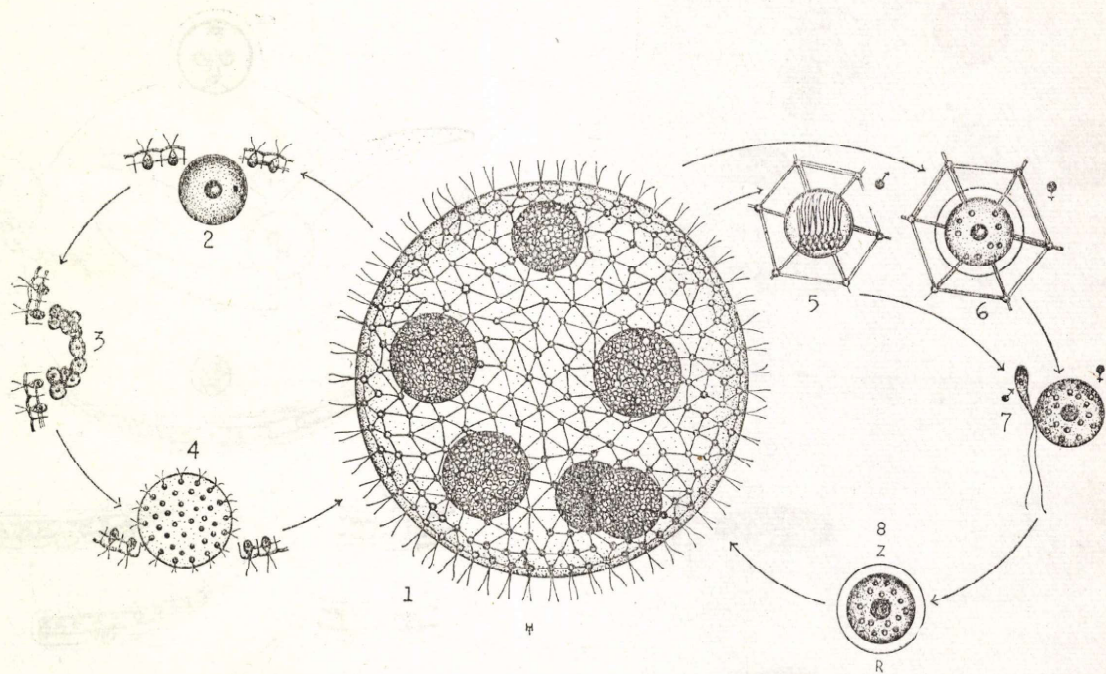
Zsukovszkij, P. M.: Botanika. Szovjetszkaja Nauka, Moszkva, 1949.



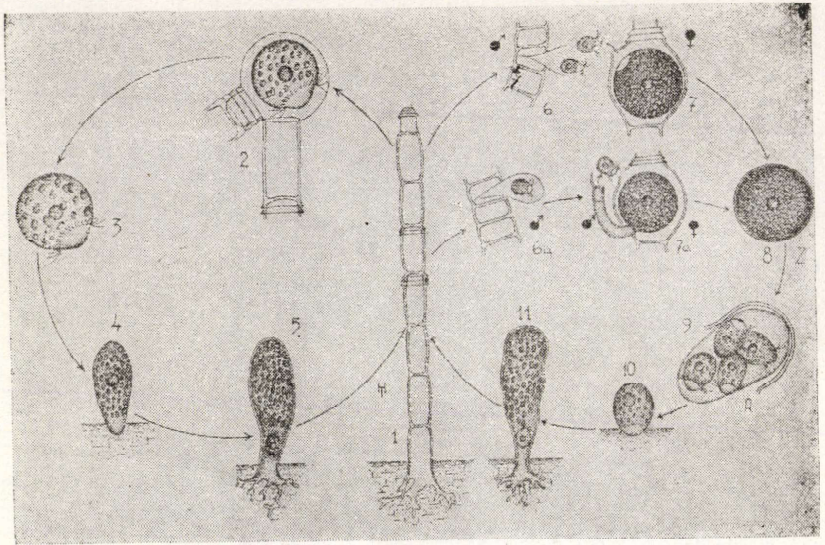
1. A kékvirágmoszat (*Microcystis flos-aquae*) fejlődésmenete



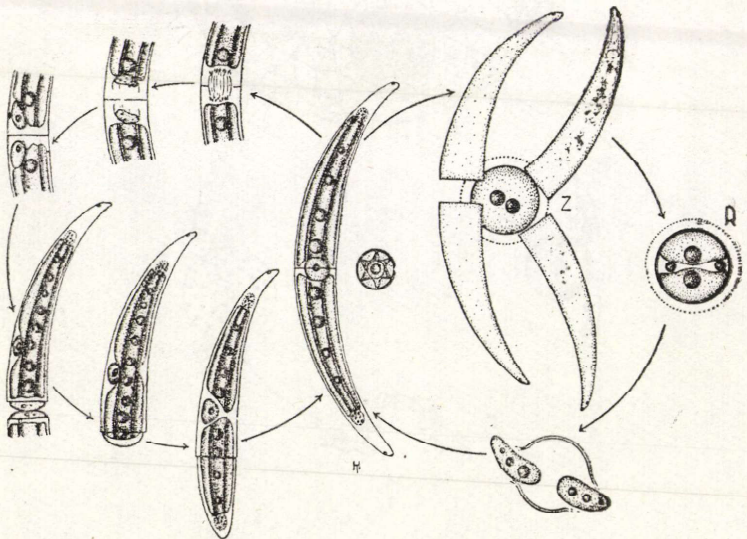
2. Az *Euglena proxima* fejlődésmenete



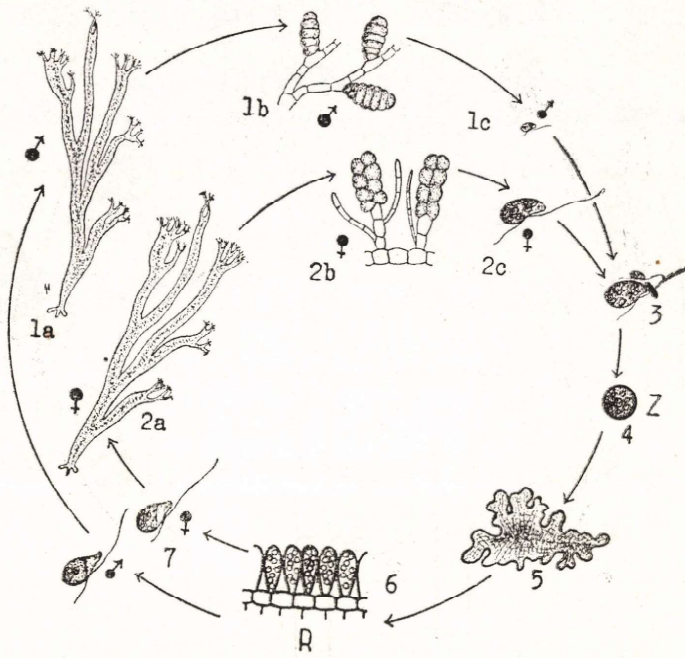
3. A *Volvox aureus* fejlődésmenete



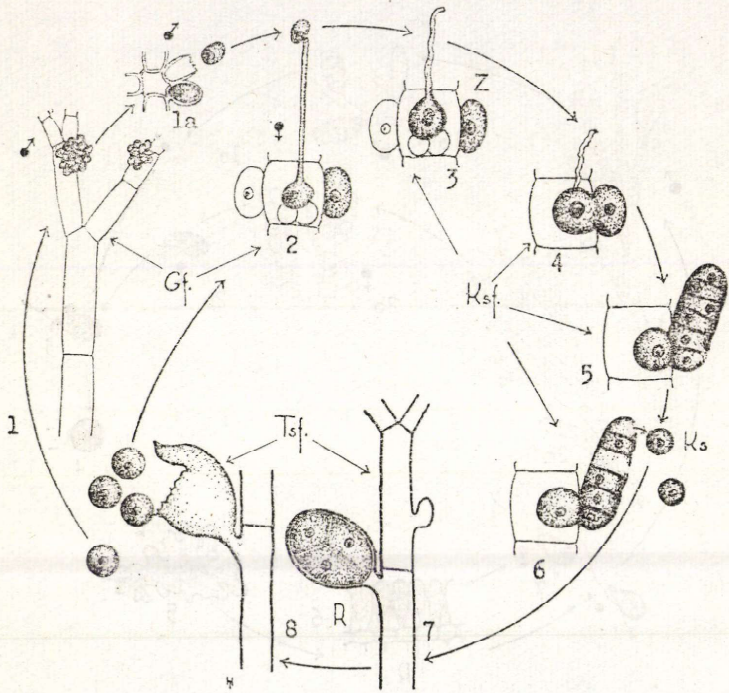
4. A süvegmoszat (Oedogonium) fejlődésmenete



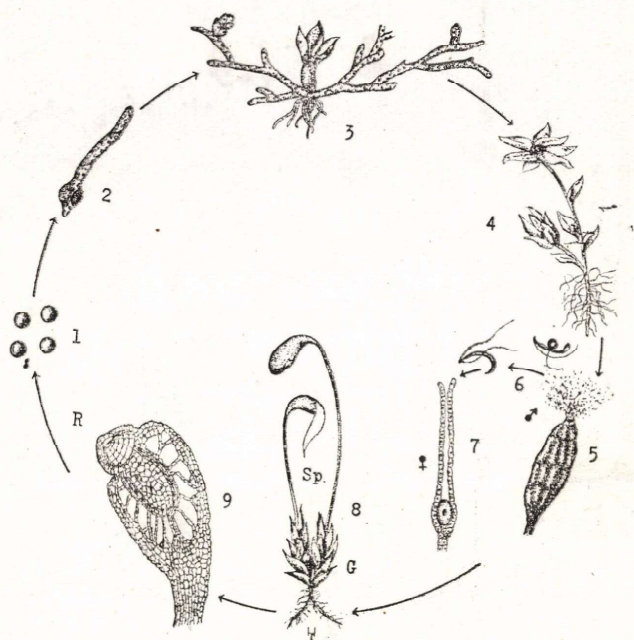
5. A kiflimoszat (Closterium) fejlődésmenete



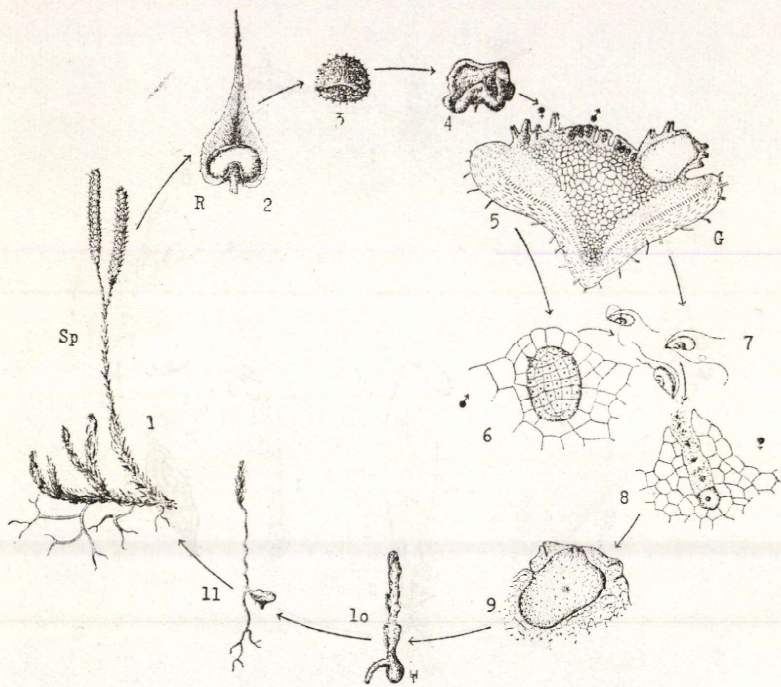
6. A *Cutleria multifida* fejlődésmenete



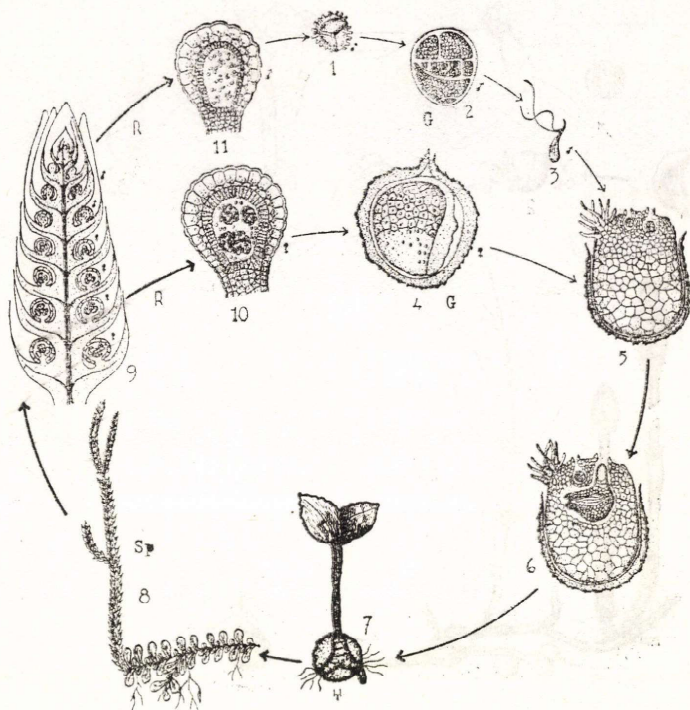
7. Callithamnion típusú vörösmoszat fejlődésmenete



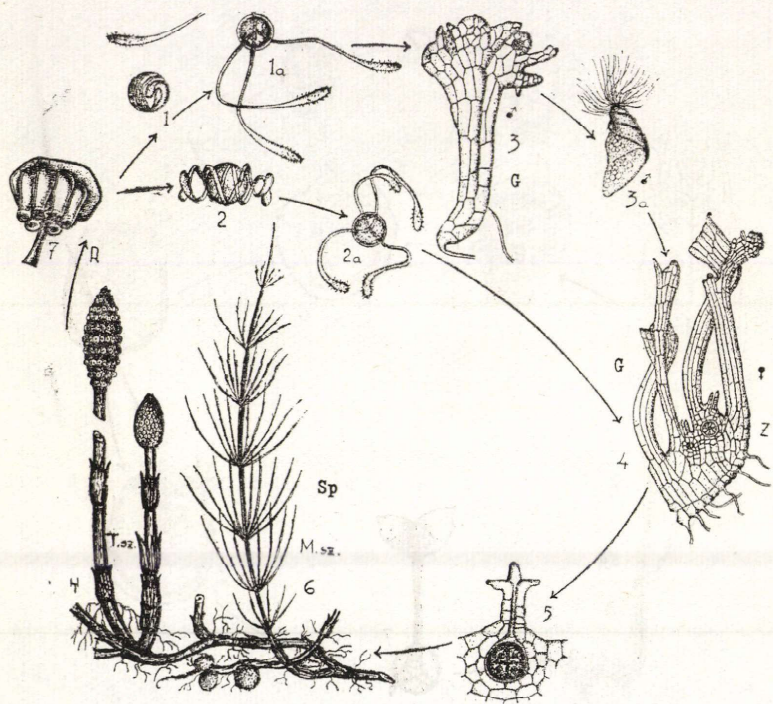
8. *Funaria hygrometrica* lombosmoha fejlődésmenete.



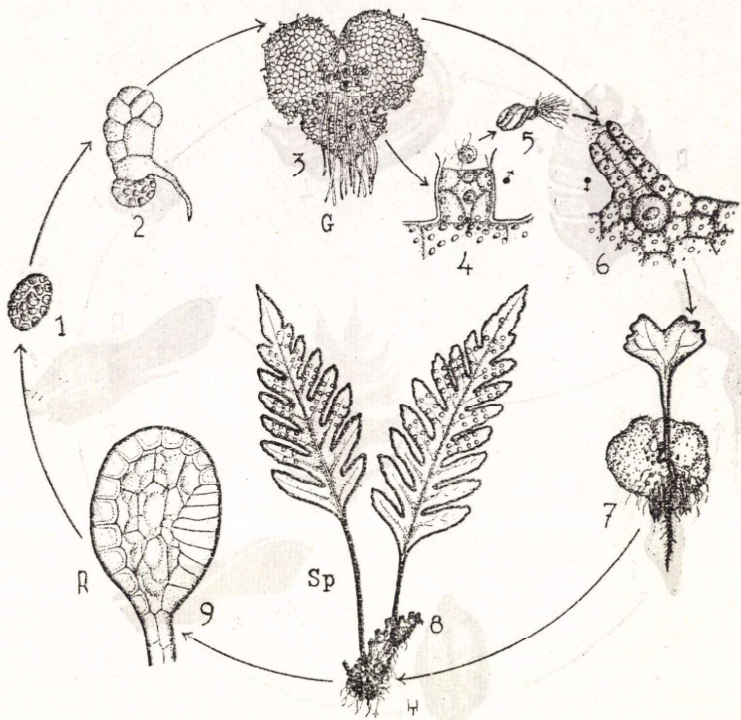
9. A kacsacs korpaű (Lycopodium clavatum) fejlődésmenete



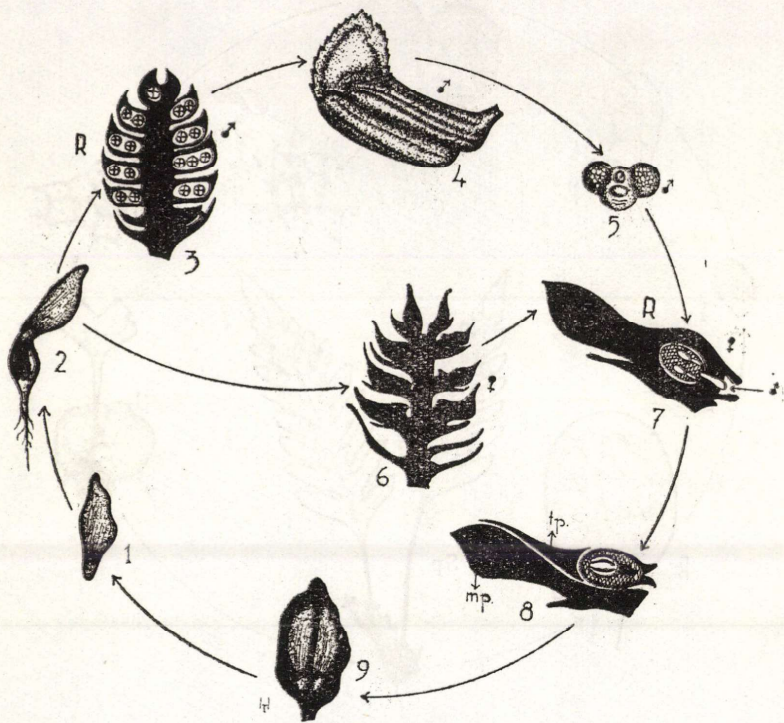
10. A cspikeharaszt (Selaginella) fejlődésmenete.



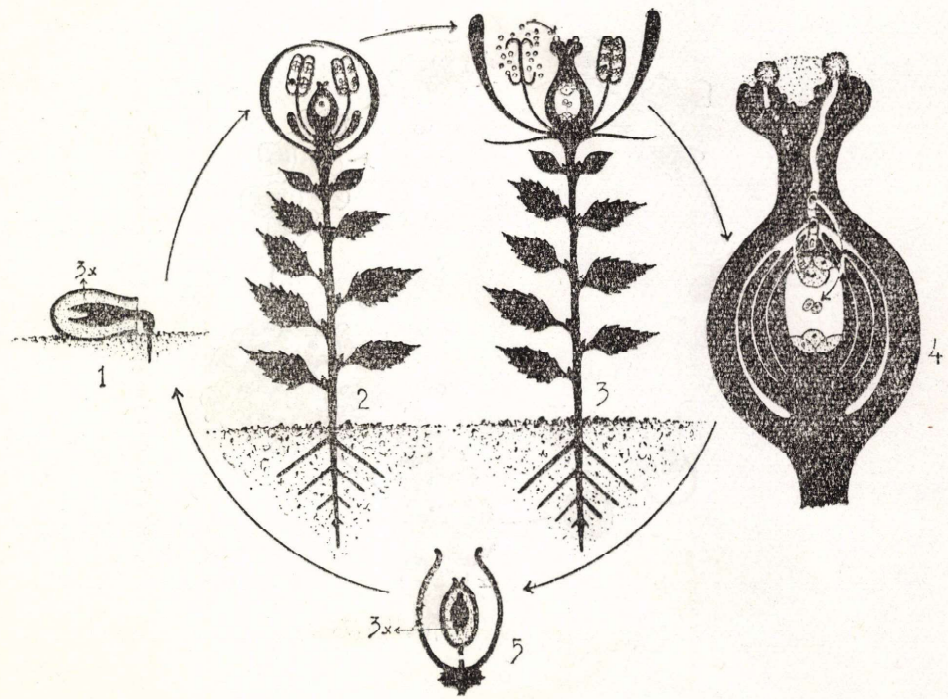
11. A mezei zsurló (*Equisetum arvense*) fejlődésmenete



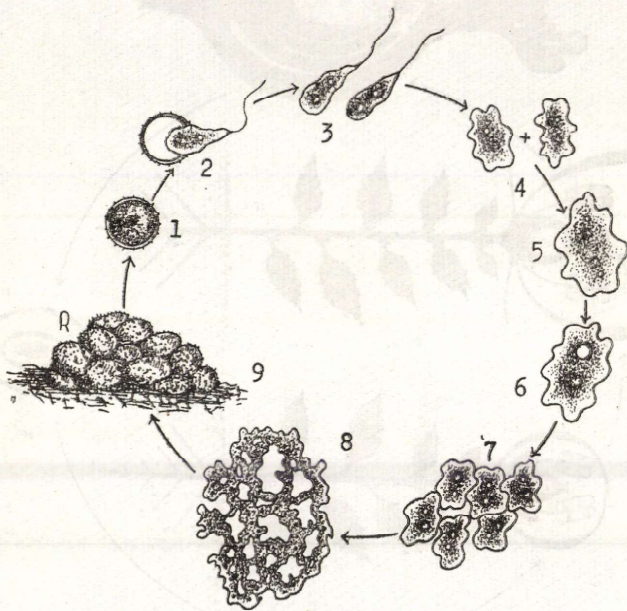
12. Az édesgyökerű páfrány (*Polypodium vulgare*) fejlődésmenete



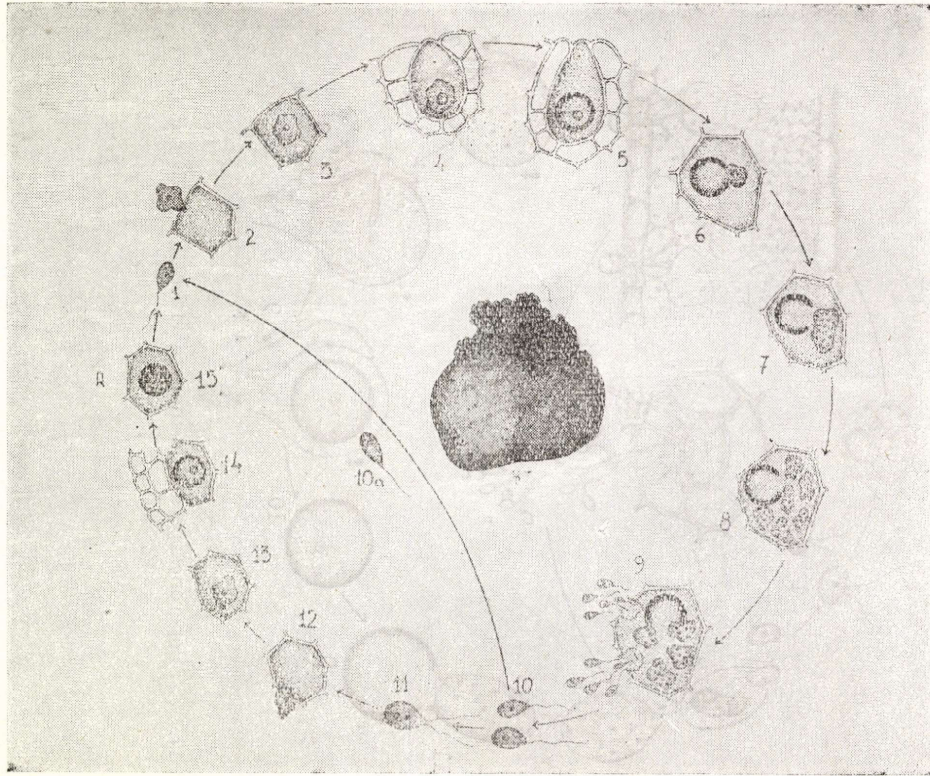
13. A fenyők fejlődésmenete



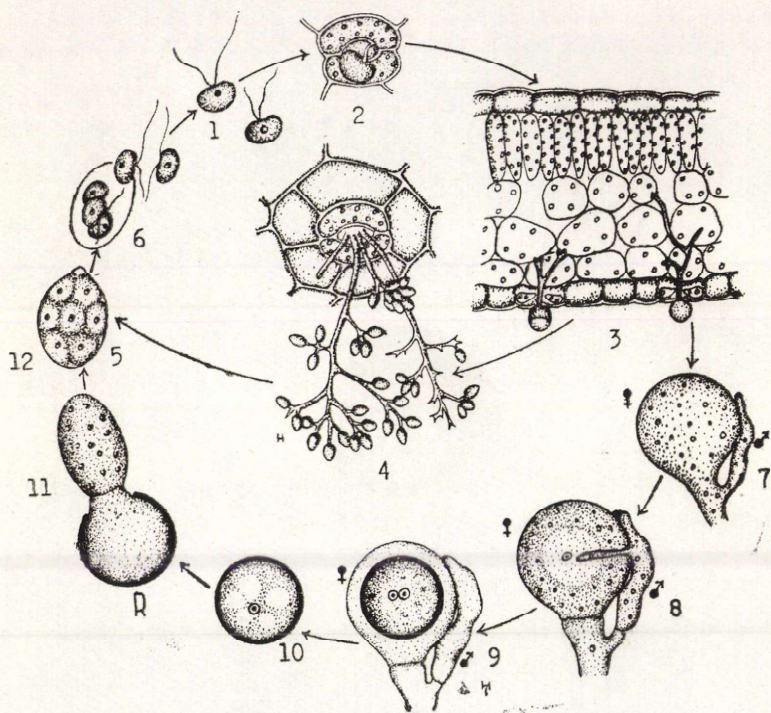
14. A zárva termők fejlődésenete



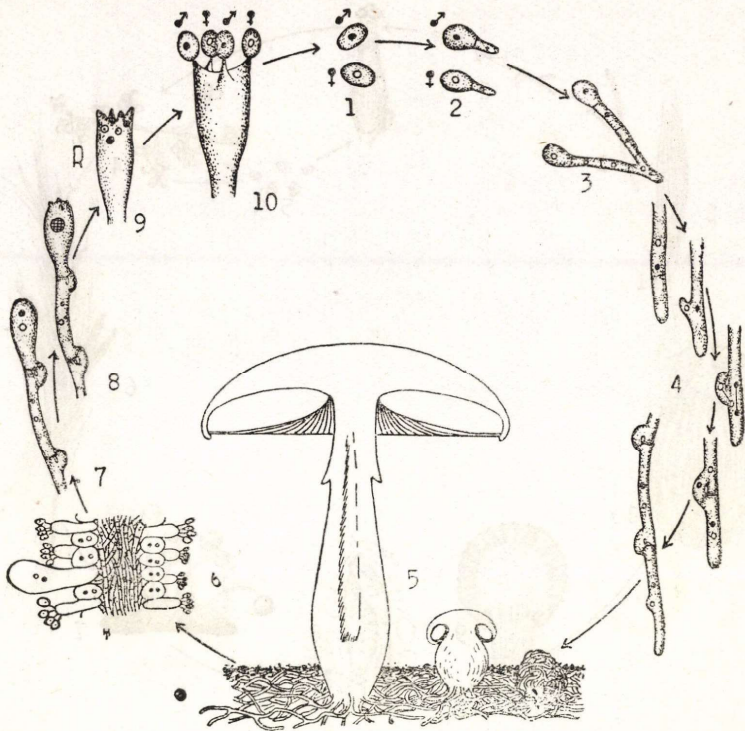
15. A Fuligo nyálkagomba fejlődésmenete



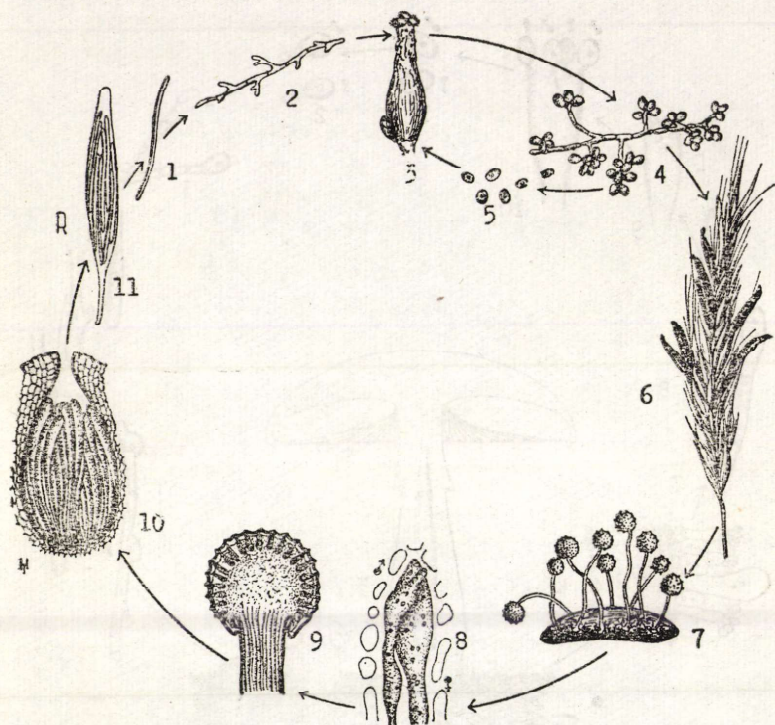
16. A burgonyarák (*Synchytrium endobioticum*) fejlődésmenete.



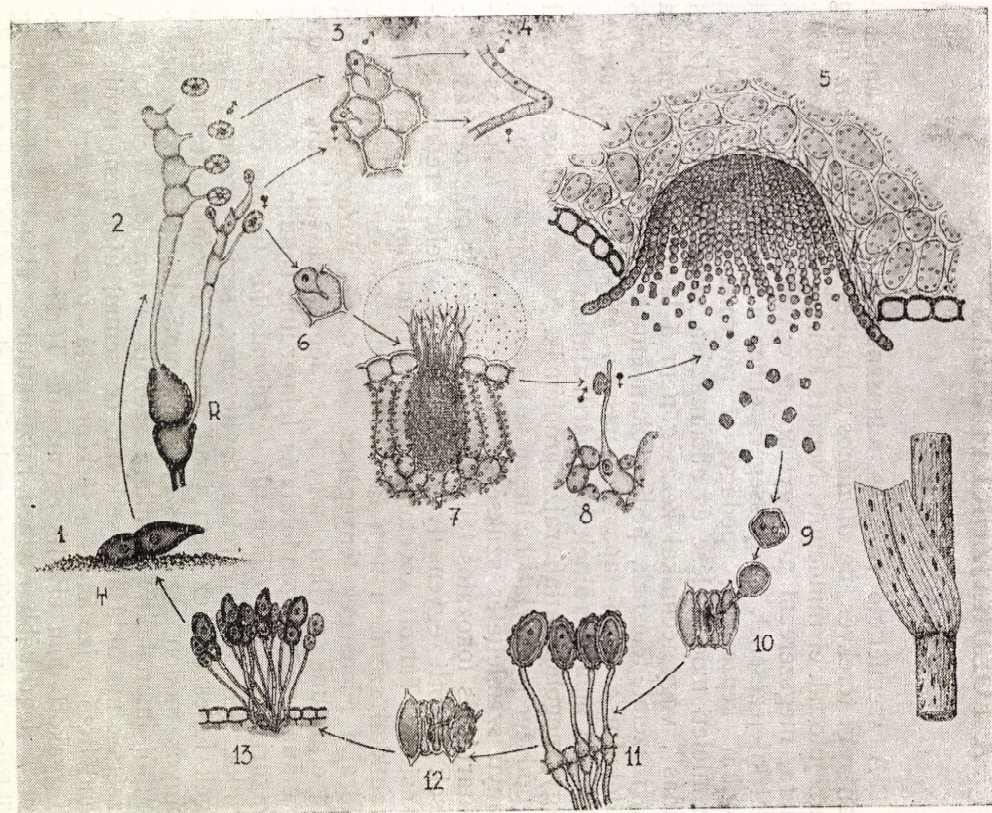
17. A szőlőperonoszpóra (*Plasmopara viticola*) fejlődésmenete



18. Az anyarozs (*Claviceps purpurea*) fejlődésmenete



19. Egy kalaposgomba fejlődésmenete.



20. A búza feketeterzdájának (*Puccinia graminis*) fejlődésmenete