

pousses, causant un effet nuisible lors du développement et la constitution du peuplement. — On aurait dû effectuer des recherches s'y référants par les glands de même provenance et non pas en lignes changeantes, mais dans des parcelles séparées.

\*

**Smaller researches of silviculture-technics on the Hungarian Great Plain. By A. de Béky.**

Some remarks to an article *Magyar's* appeared under the same title in the „Erdészeti Kísérletek“ 36. copy 3—4.

1. The most suitable time for afforestation can be verified only, when the plants and slips — set out in different periods of autumn — are tried out from the standpoint of how they are able to develop new roots respectively to cicatrize their low section.

2. For nurseries a row distance of 40—50 cm instead of 50—60 cm is advisable.

3. In contrast with *Magyar* the author prefers acorn-sowing to oak afforestations, because the plantings are carried out — as is well known — very seldom faultless and failures committed there have always a bad influence in the development and quality of the crops. Reseraches of this kind should have been made with acorns of the same origin and not with changing rows but in separated pieces of ground.

---

## Az erdőtalajban élő állati véglények (protozoák) életét meghatározó tényezők

**Írta: Dr. Varga Lajos egyetemi magántanár, Sopron.**

Az *Erdészeti Lapok* 1935. é. 74. évf. VII—VIII. füzetében (605—612. l.) ismertettem azokat a változásokat, melyeket az erdőtalajban élő állati véglények mennyiségileg az esztendő folyamán elszenvednek. Reámutattam arra, hogy az erdőtalaj protozoáinak száma egy esztendőn keresztül két maximumot mutat: egyet általában a nyár elején és egyet november vagy december havában. A kettő közül a késő őszi maximum a legkifejezettebb; rendkívül jellemző szabályszerűséget mutat nemcsak pontos megjelenésével, hanem igen magas értékszámával is. Ezzel szemben a nyár-elejei maximum mindenütt nagyon alacsony, sokszor alig jut kifejezésre és időbeli megjelenése sem szabályos.

A természet titokzatos jelenségeinek kutatója azonban nem elégedhetik meg a jelenségek és tünetmények egyszerű

leírásával. Csak akkor jár el logikusan és természettudományosan, ha a jelenségek *okait* is felkutatja s így a változásokat *megmagyarázza*. Így az erdőtalaj protozoáinak évi mennyiségváltozását sem elegendő *leírni*; a leírást követnie kell a *magyarázatnak*. Elfogadhatóan meg kell magyaráznunk azokat a *gyakorlati szempontból* is fontos kérdéseket, hogy *milyen tényezők okozzák az erdőtalaj protozoái mennyiségének nagyfokú ingadozásait*. Milyen tényezők okozzák késő őszi nagy elszaporodásukat? Milyen tényezők szerepelnek abban, hogy a nyári időszak egyes hónapjaiban az aktív protozoák teljesen hiányoznak?

Abból a célból, hogy ezekre a kérdésekre megfelelhessünk, a József Nádor Műegyetem erdészeti-növénytani intézetében éveken át nagyon sok tényezőnek évi változásait vizsgáltuk meg, *Fehér* professzor vezetésével. A következőkben sorra veszem mindazokat a tényezőket, amelyek a protozoák mennyiségének évi változásaiban szerepet játszanak s megpróbálom szerepük mértékét kideríteni. Sok esetben nem sikerült megbízható eredményre jutnunk s így több megvizsgált faktort a következő megbeszélésbe nem is vesznek föl. Ámde a vizsgálatok kiderítették, hogy így is nagyon sok *biológiai, fizikai és kémiai* tényező *együttes hatása eredményezi az erdőtalaj protozoáinak évi mennyiségváltozásait*.

A legfontosabb tényezők a következők:

1. *A talajbaktériumok szerepe*. A talajlakó protozoák legfontosabb élettársai a baktériumok, melyeknek számára és ennek változására vonatkozólag *Fehér* végzett kiterjedt vizsgálatokat. Megállapította, hogy úgy a levegőt igénylő (*aerob*), mint a levegő hiányában is megélő (*anaerob*) baktériumok a legnagyobb tömegben *nyár közepén* jelennek meg. Minden megvizsgált erdő talajában *nyár közepén* jelentkezik az egyetlen, szokatlanul magas évi tömegszám, a maximum. *A talajprotozoák* gyenge nyári maximuma mindig 1—2 hónappal megelőzi az *összbaktériumok* erős maximumát. Viszont nagyon érdekes és jellemző, hogy a talajprotozoák *főmaximuma* éppen arra az időre esik, amikor az *összbaktériumok* száma az egész év folyamán a legalacsonyabb, tehát amikor *határozott minimumukat* érik el. A

*lombos erdők* talajában néha előfordul az az érdekes eset is, hogy az összbaktériumok számának legalacsonyabb értéke előbb áll elő s amikor a talajprotozoák főmaximuma van, akkor az összbaktériumok számának némi emelkedése következett el.

Ezekből a megállapításokból azonban még nem lehet következtetni arra, hogy a talaj baktériumflórája és protozoafaunája között törvényszerű összefüggés van. Az eddigi kutatások megállapították, hogy az összbaktériumok szaporodása egyenes függvénye a talaj és a levegő hőmérsékleti tényezőinek. A talaj baktériumflórája és protozoafaunája között tehát legföljebb *csak biocönotikai* összefüggés áll fenn, amennyiben az egyik élőlénysoport bizonyos, még eddig teljesen ki nem derített összefüggésben lehet egymással, de létük és szaporodásuk nem függvényei egymásnak.

Ezért az erdőtalaj protozoafaunájára vonatkozólag nem fogadható el az *angol—orosz* iskola tanítása, mely szerint a talaj protozoái és baktériumai szoros kölesönhatásban vannak egymással és a protozoák lényegesen és aktíve befolyásolják a talaj baktériumainak életét. Az én vizsgálataimból inkább az állapítható meg, amit az *amerikai* iskola tanít, hogy t. i. a talajbaktériumok és protozoák között *semmi összefüggés sincsen*. Ámde ezt ilyen szigorúan és határozottan mégsem szabad kimondani. Említettem, hogy a biocönotikai összefüggéseket, melyek kétségtelenül megvannak, nem szabad figyelmen kívül hagynunk. Kétségtelen ugyanis, hogy minden életközösség (biocönózis) tagjai összefüggésben vannak egymással.

Itt is tehát, mint sok más ellentétes vélemény között, a *középen* van az igazság. A protozoáknak igenis fontos szerepük van a talaj biocönózisában s így a talaj életében. Igaz, hogy egyes hónapokban hiányoznak az eleven életet élő, *aktív* protozoák, ámde más időszakokban olyan magas egyedszámban lépnek föl, hogy szerepüket, a talajra való befolyásukat lehetetlen el nem ismernünk. Ámde szerepük mégsem olyan nagy, mint a hogyan az *angol—orosz* iskola állítja, viszont azt nem szabad annyira sem lebecsülni, mint ahogyan az *amerikai* talajbiológusok nagy része teszi.

Kétségtelen, hogy a talajprotozoák táplálkozásuk alkalomával felhasználják a baktériumokat is. Tapasztalataim szerint táplálékuk legnagyobb része a baktériumokból kerül ki. Amde éppen a protozoaszám évi minimumai és az össz-baktériumok maximumai, melyek csaknem összeesnek egymással, kétségtelenül azt bizonyítják, hogy az a pusztítás, melyet a talajprotozoák a baktériumok között végeznek, általában nem okoz változásokat a baktériumok elszaporodásának menetében és törvényszerű nyári maximumuk kifejlődésében. Bármilyen magas lehet az aktív protozoák száma, mégsem akadályozhatják meg azt, hogy a talajbaktériumok nyár közepére el ne érjék hihetetlen mértékű elszaporodásukat. Kissé elméleti szemmel és gondolkozással azt is ki lehetne olvasni az eredményekből, hogy éppen a baktériumok nagyfokú elszaporodása okozza a talajprotozoák számának nagy megfogyatkozását, kifejezett minimumát. Viszont meglehet, hogy a biocönotikai egyensúly követeli meg azt, hogy a baktériumok nagyfokú elszaporodása vonja maga után a biocönózis másik csoportjának, a protozoáknak számbeli erős megcsökkenését. Amde látni fogjuk, hogy ezek a tisztán elméleti megfontolások fölöslegesek, mert az erdőtalaj protozoa-faunájának számbeli változásait igen jól meg lehet magyarázni egyéb, főleg *anorganikus* tényezőkkel.

2. *A talaj humusztartalma.* *Fehér* kutatásai alapján tudjuk, hogy a talaj humusztartalma meghatározott időszaki változásokat mutat. Ezek a változások a lombhullással és az ezt követő talajbéli bomlási folyamatokkal vannak szoros összefüggésben. A humusztartalom, amint azt *Fehér* terjedelmes vizsgálatai kiderítették, *szeptember* hónapban a *legmagasabb*, ellenben *május* havában éri el *legalacsonyabb* értékeit. De voltak olyan erdőtalajok is, melyekben a humusztartalom december havában is mutat némi emelkedést.

Az erdőtalaj humusztartalmának változásait összehasonlítva a protozoák váltoásaival, rögtön láthatjuk, hogy a *legmagasabb humusztartalom idejére esik az aktív protozoák minimális száma*. Láttuk, hogy a megvizsgált sopronkönyeki erdőtalajok között a legtöbb talajfajtyában éppen szeptemberben valósággal hiányoztak az aktív protozoák. Viszont

abban a hónapban, melyben a talajprotozoák elérik főmaximumukat (nov., dec.), vagy pedig nyári jelentéktelen emelkedésüket, ugyanakkor a humusztartalom minimális értékei jelentkeznek. Ezen nem változtat sokat az a körülmény, hogy a fentebb említett néhány talajban december havában is mutatkozik csekélyfokú emelkedés. Mert éppen ezeknek a talajoknak humusztartalma decemberben mutatott egy jelentéktelen második maximumot, míg novemberben minimuma volt. És mit tapasztaltunk a protozoák főmaximumára vonatkozólag? Azt, hogy azokban a talajokban a főmaximum mindig novemberre esett.

Kétségtelen tehát, hogy a *humusztartalom* és az *aktív protozoák száma* között fordított viszony van. A humusztartalom emelkedésekor csökken a protozoák száma, viszont csökkenésekor emelkedik a számuk. Természetes, hogy itt nem lehet véletlenről szó, ámde azt sem szabad hinnünk, hogy a protozoák életében csak a humusztartalom visz döntő szerepet. Hiszen az összbaktériumok száma is lecsökken arra az időre, amikor a humusztartalom maximuma kifejlődik. De mégsem állapítható meg, hogy azt a csökkenést a humusztartalom emelkedése okozza.

A humusztartalom is közrejátszik tehát a talajprotozoák életének és mennyiségének kialakításában, de döntő tényezőnek nem lehet tekinteni. Kétségtelen, hogy a talaj humusztartalma is olyan faktor, mely a *többiekkel együtt* idézi elő azokat a körülményeket, melyek a talajprotozoák kifejezett időszaki változásainak törvényszerűségeit létrehozzák.

Érdekes, hogy a legújabb időkben *Voltz P.* is összefüggést állapított meg a *Thecamoebák* és a humusztartalom között.

3. *A talaj hidrogéniontöménységének (pH) szerepe.* A korszerű biológiának nagyon népszerű, hogy ne mondjam divatos iránya a hidrogéniontöménység szerepének vizsgálata. Természetes, hogy az erdőtalaj mikrobiológiai tevékenységének tanulmányozása alkalmával is igyekeztünk a pH állapotát és szerepét tisztázni, hiszen a korszerű biológiai vizsgálatokból kiderült, hogy az alsóbbrendű, főleg vízi

élőlények igen nagy mértékben reagálnak a hidrogénion-töménység változásaira.

Az eddigi talajvizsgálatok megállapításaival szemben *Fehér* mutatott rá arra, hogy a talajsavanyúság megállapításához nem elég egyetlen, vagy csak néhány próbavétel: a talaj pH-ját az egész éven át kell rendszeres és összefüggő megfigyelésekkel és vizsgálatokkal megállapítani. Az ország különböző vidékein vett erdőtalajok hidrogénion-töménységének vizsgálataiból megállapította, hogy az erdőtalaj pH-ja az esztendő folyamán törvényszerű időszaki változásokat mutat. *Legalacsonyabb* értékei a *téli* hónapokban vannak, s ilyenkor az erdőtalajok feltűnően *savanyú* kémhatást mutatnak. *Legmagasabb* értékei a *nyári* hónapokban vannak, amikor erősen *bázikus* kémhatást lehet kimutatni. A maximális és minimális értékek között pedig igen nagy, sokszor 90%-os különbségeket is lehet találni.

A megvizsgált hazai erdőtalajok pH-ja úgy változik, hogy átlag egy fél esztendeig a *bázikus* kémhatás területén s egy él évig a *savanyú* kémhatás területén marad. A késő téli hónapoktól kezdve a savanyú kémhatásból lassan, egyenletesen felemelkedik a bázikus kémhatás területére s szeptemberre eléri maximális, azaz legbázikusabb értékeit. Ettől kezdve nagyon gyorsan (egy hónap alatt!) visszatér a savanyúság állapotára s ezen a területen marad februáriusig.

Ha most ezt a változást összehasonlítjuk az aktív protozoák már ismert változásaival, akkor érdekes eredményre jutunk. Tudjuk, hogy szeptemberben van a protozoaszám minimuma s szeptember folyamán a legtöbb erdőtalajban egyáltalában nincs aktív protozoa. Ugyanekkor pedig a pH a legbázikusabb értékeket éri el. De novemberben és decemberben, amikor a pH minimális értékeihez, tehát legsavanyúbb kémhatásához közeledik, a protozoaszám egyszerre eléri évi főmaximumát!

Az összehasonlítás után kétségtelenül felismerhetjük az aktív protozoák száma és a talaj hidrogénion-töménysége közötti összefüggést. Ez pedig abban áll, hogy *a talaj protozoáinak száma a savanyú kémhatástól függ*, ellentétben a talaj baktériumaival, melyek inkább a talaj bázikus kémha-

tású állapotában érik el legnagyobb mennyiségüket. A talajlakó protozoák tehát — legalább is az erdőben és az erdő melletti réten — meglehetősen savanyú talajállapotot követelnek meg. Az aktív protozoák eltűnnek mindenkor, amikor az erdőtalaj hidrogéniontöménysége a bázikus kémhatás területére lép.

Természetes, hogy a talajlakó protozoák számának kialakításában nemcsak a pH játszik egyedül szerepet. Nem lehet csak a hidrogéniontöménységet felelőssé tenni az erdőtalaj protozoáinak számbeli változásaiért. De kétségtelen, hogy szerepe az erdő talajában élő protozoák életében igen nagy. Bár a vizsgálatok erre feljogosítanak, mégsem mondhatom ki általános érvényű törvényszerűségként, hogy a pH a talaj protozoáinak számát döntő módon befolyásolja. Ehhez laboratóriumi vizsgálatok végzése szükséges. Annyit azonban máris meg lehet állapítani, hogy az erdőtalaj protozoáinak számára a gyengén savanyú kémhatás a legkedvezőbb életfeltétel, míg a pH-nak 8, vagy ezen felüli értékei — tehát az erősen bázikus kémhatás — károsan hatnak rájuk.

4. A talaj víztartalmának szerepe. Említettem már, hogy az erdőtalajban lakó protozoák, úgy a *Rhizopoda*, mint a *Mastigophora*- és a *Ciliata*-csoportok fajai kimondottan vízi élőlények. Természetes tehát, hogy a talaj víztartalma döntő szerepet játszik a talajprotozoák életében. A vizsgálatok kiderítették, hogy a talajvíz nemcsak a növényzet életében nélkülözhetetlen, hanem a talajban élő protozoák életének meghatározásában is. Csakhogy, míg a víz a növények táplálkozásában játszik végtelenül fontos szerepet, addig a protozoák életében azért nélkülözhetetlen, mert számukra valójában az életteret, biotopot jelenti. A talaj víztartalma adja meg a protozoáknak az életükhöz szükséges környezetet. Ha nincsen a talajban elegendő víz, akkor a par excellence vízi élőlények élete lehetetlenné válik. A száraz talajban ennek következtében nem találhatunk sok aktív protozoát, legfeljebb tokokat, cisztákat, melyek azután rögtön aktív életű protozoákká lehetnek, ha a talaj víztartalma elegendő az életükhöz.

Ismeretes, hogy a talaj az esős időszakok csapadék-vizeinek nagy részét a) *higroszkópos*, b) *kapilláris víz* alakjában tartja vissza még a szárazabb évszakokban is. Mert a talajtan megállapításai szerint a talaj *száraz* időszakokban sem szívja magába a levegő vízpáráját, mint ahogyan *Liebig* is gondolta. Víz mennyiségének legfőbb forrása a légköri *csapadék*. A talajvíz előfordul még ú. n. „*tapadó víz*“ és „*kondenzált víz*“ alakjában. Ezek között a vízformák között vajjen melyek játszanak szerepet a talajprotozoák életében?

*Higroszkópos* vizen értjük azt a végtelenül vékony vízréteget, mely *adhéziós erők* hatására a talajszemek felületére tapad. Vastagsága csak 2·5 millimikron, tehát a mennyisége rendkívül csekély. A talaj málladékszemeckéinek nagy részénél csak a külső felületre tapad, kolloidoknál azonban a szemésék közé is bevonul. A kolloidok sok vizet szívhatnak magukba és ezt nagy erővel tartják meg.

Természetes, hogy a *higroszkópos víz* a talajprotozoák életében nem játszhatik fontos szerepet. Hiszen a legkisebb *amoebafélék* is már néhány mikronnyi nagyságot érnek el. Igaz, hogy testük rendkívül ellaposodhatik s így a higroszkópos víz parányi vastagságában is odatapadhatnak a talajszemesékhez. Mozgásuk azonban már alig lehetséges.

Sokkal fontosabb azért a *kapilláris víz* a rögöcskék közötti hajszálcsovekben, ahol a higroszkópos vízhez kapcsolódik. A hajszálcsovéesség törvényei tartják vissza a talajban. Minthogy pedig a kapilláritás és adhézió erői nagyobbak, mint a föld vonzási ereje, azért sem a kapilláris, sem a higroszkópos víz nem vándorol alá a talaj mélyebb részeire.

A talaj kapilláris vize mellett megkülönböztetik még a *tapadó vizet* is. *Tapadó vizen* értjük a talajnak azt a vizét, „amely a talajszemekhez tapad és rendes vagy kisebb nyomás alatt van, láthatólag nem szívárog és nincsen a talajvízzel kapcsolatban“ (I. *Vági—Fehér: A talajtan elemei*, 187. lap). Ennek a víznek a mi szempontunkból azért van igen nagy fontossága, mert vékony rétegben beborítja a talajszemeckéket és megtölti a szemésék közötti üregéket vagy részben, vagy teljesen. Rendesén a higroszkópos vízhez kapcsolódik, melytől abban különbözik, hogy a vízmolekulák



úncsenek sűrítve, hanem normális, esetleg alacsonyabb nyomás alatt vannak.

Könnyen beláthatjuk, hogy a talajban a *kapilláris* és a *tapadó víznek* van a legnagyobb szerepe a talajprotozoák életének szempontjából. *Ezek adják meg részükre az igazi élettereket, biotopokat, ahol élettevékenységeiket elvégezhetik.*

Amde természetes, hogy a talajnak egyéb vizei is kitűnően hozzájárulhatnak a talajlakó protozoák életének fenntartásához. Ezek között a vizek között jelentős lehet az ú. n. *szivárgó víz*, vagyis a csapadékvíznek az a része, melyet a talaj nem tarthat vissza s amely a föld nehézségi erejének engedve, a talaj alsó rétegei felé szivárog. Ha a szivárgó víz olyan át nem bocsátó réteghez ér, melyen át nem haladhat tovább, akkor keletkezik a gyakran mozdulatlan *talajvíz*.

Mind a szivárgó víz, mind a talajvíz alkalmas biotopokat nyújtanak a talajlakó protozoák életéhez. Minthogy azonban az esztendő különböző időszakaiban mind a két vízfajta nagy változásoknak van alávetve, azért természetesen nem igazi, megbízható életterek. Nagyon sok lehetőség zavarja meg fizikai-kémiai viszonyaikat. Azért mondjuk, hogy a nagyobb állandóságot felmutató *kapilláris* és *tapadó víznek* van a legnagyobb jelentősége a talajlakó protozoák életében.

A *különböző talajok vízmennyisége* azonban rendkívül változó, és függ a *talaj szerkezetétől*. Általában „a talajnak azt a tulajdonságát, hogy bizonyos mennyiségű vizet tarthat magában anélkül, hogy a víz kicsöpögne belőle, *vízkapacitásnak*, vagy a talaj víztartó erejének nevezzük“ (Vági—Fehér, id. m. 187. l.). Világos, hogy a talajprotozoák száma egyenes arányban van a vízkapacitással. *Minél nagyobb a talaj vízkapacitása, egyéb kedvező életfeltételek mellett, annál nagyobboknak kell lennie a protozoák mennyiségének.*

A talaj vízkapacitása függ a talajszemcsék nagyságától, a talaj morzsás szerkezetétől, a talajszemek ülepedésétől és a talajalkatrészek milyenségétől, főleg pedig a humusztartalomtól. Természetes, hogy közvetve ezek a tulajdonságok is

mind közrejátszanak a talajprotozoák életének és mennyiségének kialakításában.

Ezeknek a talajtani adatoknak rövid ismertetését azért tartottam szükségesnek, mert ismeretük nélkül nem tudjuk elképzelni azt, hogy a talajlakó protozoák, mint kimondottan vízi élőlények, miképpen tudnak *megélni* a talajban és *el-szaporodni* sokszor hihetetlen tömegben. Mert bár az erdőtalajok 1 grammnyi mennyiségében átlag 25.000 egyed tekinthető a legnagyobb számnak, azért mégis sok adat van a még sokszorta magasabb számra. Hiszen *François—Pérey* szerint 1 grammnyi *kerti* földben 1,193.000 talajlakó protozoát sikerült kimutatni.

Az erdőtalajok protozoafaunájának vizsgálatai alkalmával azért súlyt vetettünk a kísérleti talajok víztartalmának pontos mérésére. Ezek a mérések arra az eredményre vezettek, hogy a víztartalom tekintetében a különféle erdőtalajok lényegesen különböznek egymástól. A víztartalom *évi változása* is feltűnő különbségeket mutat. A soproni *lúcos erdők* talajának víztartalma általában nagyon egyenletes, az esztendő folyamán maximumok és minimumok alig különböztethetők meg. A *tarvágás*, a *sarjerdő*, a *lomboserdő* és az erdőkövezte *rét* víztartalma azonban az esztendő folyamán lényeges változásokat mutatott. Legtöbb víz volt természetesen a rét talajában. És ennek megfelelően az egész esztendő folyamán ennek talajában lehetett találni a legtöbb aktív protozoát. A többi erdőtalaj víztartalma már lényegesen kevesebb volt s a legkevesebb, de ugyanakkor az egész éven keresztül a legegyenletesebb volt a lúcos erdők talajában. És érdekes, hogy éppen a lúcos erdőkben mutatkozott a talajprotozoák számának legnagyobb változékonysága is.

Ebből arra lehet következtetni, hogy a talaj víztartalmának állandósága megengedi a protozoák számának az időben gyorsabb változékonyságát is, ami pedig egyéb faktorok hatásainak jobban való érvényesülésére vezethető vissza.

Egyébként a *víztartalom* és a *protozoaszám* között okozati összefüggést nem lehet mindig kimutatni. A mi szempontunkból ez nem is lényeges. Hiszen az a fontos, hogy a megvizsgált erdőtalajokban *mindig volt kimutatható víztar-*

*tulom.* A legtöbb erdőtalaj víztartalmának minimumai alkal- mával pedig mindig meg voltak a talajprotozoák, főleg az aktív protozoák számának minimumai, illetőleg az utóbbiak- nak teljes hiánya is.

Ezek alapján joggal kimondhatjuk, hogy a talajproto- zoák száma nagy mértékben függ a talaj víztartalmától s ez a függés egyenes arányú mind az erdők, mind az erdőövezte rétek talajában.

De megállapítható az is, hogy a hazai erdők talajá- ban az aktív protozoák csak akkor jelennek meg, ha a talaj- víztartalma átlag 5—8%-on felül van. Mihelyt ezen a meny- nyiségen alul süllyedt, a talajprotozoák legfontosabb élet- feltétele megszűnt s betokozódásra, vagy pusztulásra vannak ítélve. Ámde ez a jelenség csak a mi éghajlatunk alatt ész- lelhető s ez a törvényszerűség csak a mi erdőink talajára ér- vényes. Mert mind a Szahara északi eserjés bozótjaiból, mind Líbia tüskés növényzetű „erdőiből“ hozzánk küldött talajokban nagyszámú protozoát találtam, pedig a talajok víztartalma alig volt 1%! Azokon a kimondottan „száraz“ vidékeken tehát a talajlakó protozoák vízigénye sokkal kisebb, mert kevesebb vízzel is beérik, jobban alkalmaz- kodtak a nagyon száraz talajokhoz.

Előfordult azonban az az eset is, hogy a sopronkörnyéki erdőkben még a megadott legalacsonyabb %-szám fölötti víz- mennyiség (15—40%-os víztartalom) mellett sem tudtam ki- mutatni aktív protozoákat. Ez különösen a téli hónapokban volt gyakori. Ebben az esetben az aktív protozoák hiányát a talajvíz befagyására lehet visszavezetni. Nyáron pedig két- ségtelenül a túlságosan magas hidrogénionkoncentráció (lú- gos kémhatás) akadályozta meg az aktív protozoák meg- jelenését.

Ebből is látható, hogy az aktív protozoák életfeltételei- hez nem csupán egy faktor jelenléte, hanem a különböző faktorok összeműködése szükséges.

5. *A talaj összenitrogéntartalma.* Ennek az erdőtalaj éle- tében annyira fontos faktornak változásait szintén hosszú időn keresztül mértük. Évi változásait Fehér már leírta és részletesen tárgyalta. A változások törvényszerűségét és mi-

benlétét így foglalja össze: „Az erdőtalaj N-anyagcseréje kifejezett változásokat mutat. Az erdőtalaj össznitrogéntartalma maximális értékeit a nyári hónapokban (június, július) éri el; ősszel rohamosan esik és minimumát szeptember hó folyamán éri el. Október folyamán azonban az össznitrogéntartalom görbéje ismét emelkedést mutat.“

Az előbbieken láttuk, hogy az erdőtalajban élő aktív protozoák is szeptemberben érik el minimumukat, tehát a talaj össznitrogéntartalmának minimumával együtt. Ez nagyon érdekes jelenség, mert látható, hogy az össznitrogéntartalom süllyedése összefügg az aktív protozoák számának csökkenésével.

Az össznitrogéntartalom azután októbertől kezdve megint emelkedik s rendszeresen december vagy januárius folyamán kis maximum jelentkezik, tehát mindig abban a hónapban, mely az aktív protozoák maximumának hónapja (december) után következik. Ebből a jelenségből jogosan lehet arra következtetni, hogy az erdőtalaj össznitrogéntartalmát az aktív protozoák számának maximuma után bekövetkező elpusztulás, elhalás növeli. Hiszen vizsgálataimból kiderült az a jelenség, hogy az aktív protozoák, miután késő ősszel elérték maximumukat, nem tokozódnak be mind, hanem nagy részük elpusztul. Hulláik pedig tetemesen szaporítják a talaj össznitrogéntartalmát. Ez pedig az erdőtalajban lakó *protozoák hasznosságát* mutatja.

Ezek alapján kimondhatjuk, hogy a protozoák azért vannak az erdőtalaj hasznára, mert elpusztulásuk után hulláik fehérjeanyagainak elbomlása emeli *a talajban annyira fontos össznitrogéntartalmát*. Nem oszthatom azért azoknak a talajbiológusoknak a véleményét, akik azt tanítják, hogy a talajlakó protozoák csak kárára vannak a talajnak. Pontos mérések bizonyítják, hogy egyenesen hasznára szolgálnak!

Az a körülmény, hogy a talaj össznitrogéntartalmának nyári maximuma nem segíti elő a talajprotozoák nagyobbarányú elszaporodását, csak azt jelentheti, hogy a nyári protozoaszám csekélyfokú elszaporodását más faktorok megakadályozzák. Kétségtelen azonban, hogy a talaj össz-

nitrogéntartalma nem gátló faktor a protozoák életére vonatkozólag.

6. *A talaj nitrát-nitrogéntartalmának szerepe.* Ennek a faktornak változásait szintén *Fehér* írta le részletesen. A következő törvényszerűséget állapította meg: „A nitrát-nitrogén görbéje az össznitrogén-görbéjével egyező viselkedést mutat azzal a különbséggel, hogy maximumát a tavaszi hónapok folyamán, mégpedig április—májusban éri el.“

Ennek megfelelően az aktív protozoák közötti összefüggés általában olyan lesz, mint az össznitrogéntartalomnál. A *lúcos erdőkben* a nitrát-nitrogén maximumával egybeesik az aktív protozoák számának emelkedése, annak csökkenésével pedig ezeknek igen erős megfogyatkozása, sőt teljes eltűnése is.

Nagyon érdekes az a jelenség, hogy a nitrát-nitrogén a *téli hónapokban* ismét tetemesen emelkedik, még pedig az aktív protozoák maximumának hónapja utáni időben. Mit jelent ez? Kétségtelenül azt, hogy az elpusztult protozoák hullaik fehérjéinek bomlástermékeivel megnövelik a talaj nitrát-nitrogéntartalmát is, tehát *hasznára vannak a talajnak.*

Arra a kérdésre, hogy a talaj nitrogéntartalma milyen biológiai hatással van az aktív protozoákra, pontos feleletet adni nem tudok, nem akarva *elméleti* fejtegetésekbe bocsátkozni. Erre vonatkozólag laboratóriumi kísérletek lesznek hivatva minden tekintetben elfogadható feleletet adni.

7. *A levegő hőmérsékletének és a talajhőmérsékletnek szerepe.* Ezeknek a faktoroknak rendszeres mérése kiderítette, hogy az erdők *talajának* hőmérséklete is követi a *levegő* hőmérsékletét, de alacsonyabb értékekkel; májusban hosszú ideig ugyanabban a magasságban marad, ami minden talajnak jellemző, nevezetes tüneménye, a mi éghajlatunk mellett. Ámde az *erdőtalaj* nagyon ritkán melegszik föl 15° C-on felül, télen pedig alig süllyed a fagypontra alá. A *levegő* hőmérséklete így természetesen semmi közvetlen szereppel sincsen a protozoák életére. Bennünket ezért *csakis a talaj hőmérséklete* érdekel.

Jellemző jelenség, hogy a talaj hőmérsékletének júliustól szeptemberig tartó maximuma idején vagy semmi, vagy

a legkevesebb aktív protozoa található az erdő talajában. Amde akkor, amikor a talaj hőmérséklete erősen közeledik a fagyponthoz, az aktív protozoák maximuma következik be. Kimondhatjuk tehát, hogy az erdőtalaj protozoái az alacsony hőmérsékletet kedvelik, tehát hideg-sztenothermás élőlények. Érdekes azonban, hogy az erdőtalajban is vannak olyan protozoa-fajok, melyek a nagyobb meleget kedvelik, tehát meleg-sztenothermás állatok. Így pl. a *Vahlkampfiák* és egyes *Ciliáták* főleg a nyári hónapokban találhatók meg a mi talajainkban, míg télen csak azok bújnak elő, melyek tisztáinkból kerültek a tenyésztő oldatokba. A legtöbb talajlakó protozoa azonban hideg-sztenothermás állat. Biológiai szempontból ez azért érdekes, mert éppen a véglényekre vonatkozólag állapították meg azt, hogy nagy részük a változó hőmérsékletet kitűnően elviseli, azaz eurithermás állatok.

Feltűnő az a jelenség, hogy az erdőtalajban akkor is található aktív protozoa, amikor a talaj hőmérséklete a fagyponthoz alá süllyedt. Egyedül a tarvágás és a sarjerdő talajában nem volt januárius és februárius havában aktív protozoa. Az öregebb és zártabb erdőkben, sőt a füves rét talajában ilyenkor is volt aktív állati véglény. Igaz, hogy ezekben a talaj hőmérséklete alig süllyedt valamivel a  $0^{\circ}\text{C}$  alá. A legnagyobb hideg  $-1.5^{\circ}\text{C}$  volt 1929 februáriusában, és mégis a legtöbb megvizsgált erdőterület talajában találtam aktív protozoát. 1930 téli hónapjaiban  $-0.8^{\circ}\text{C}$  volt a legalacsonyabb hőmérséklet s ennek ellenére az említett év téli hónapjaiban mindig találtam aktív protozoát.

Ebből úgy látszik, hogy az erdőtalajok protozoái a  $-2^{\circ}$ -os hőmérsékletet is könnyen elbírják és aktív életet is képesek élni, még pedig eléggé nagy számban. Valószínű, hogy a rögök közötti kapillárisok vize nem fagy meg teljesen; de az is valószínű, hogy a talajprotozoák a jégben, igen közel a fagyponthoz, befagyva is megtartják még aktív életüket s csak akkor tokozódnak be, ha a talaj hőmérséklete az említett hőfok alá süllyed. Ez az eset azonban ritkán s a mi földrajzi fekvésünk mellett csak nagy és tartós hideg alkalmával fordul elő.

8. Az évi csapadék szerepe. A talajprotozoák életében

ennek a tényezőnek nincsen semmi közvetlen szerepe. Fontossága abban áll, hogy a talaj víztartalmát egyensúlyban tartja. Nagyobb csapadékhullás idején rendszeresen emelkedik is a talajprotozoák száma, ámde ez csak rövid ideig tartó, mert a talaj rendes víztartalma rövidesen kiegyensúlyozódik, ami viszont a protozoaszám egyenletes emelkedését idézi elő.

Kutatásaim idején a csapadékhullásnak volt egy téli, egy júliusi és egy novemberi maximuma. Kétségtelen, hogy a novemberi nagy csapadékmennyiség tetemesen emelte a talaj víztartalmát és így elősegítette a protozoák mennyiségének jellemző novemberi, esetleg decemberi maximumát a kifejlődésben. Ezzel szemben a csapadéknak erősen kifejezésre jutó szeptemberi minimuma nagy mértékben hozzájárult a protozoaszám szeptemberi minimumainak kialakulásához.

\*

Annak az érdekes és feltűnő szakaszosságnak a megmagyarázásában, mely az erdőtalaj protozoafaunájának számában megnyilvánul, természetesen nem elégedhetünk meg a pontosan megvizsgált és már leírt faktorok alapos figyelembevételével. Feltétlenül tekintetbe kell vennünk még olyan faktorokat is, amelyeknek fizikai és kémiai mérése rajtunk kívül álló okok miatt nem volt lehetséges.

Még néhány ilyen tényezőre óhajtok rámutatni a következőkben.

9. *A napfény hatása.* A talajprotozoák élettere, a talaj, olyan környezet, melybe aránylag nagyon kevés fény jut; tehát a benne élő lények, akár növények, akár állatok, *csekély fényvel beérő, vagy állandó sötétséget kedvelő* lények. Mondhatjuk, hogy a talajprotozoáknak nincsen szükségük fényre. Hiszen hosszú idő óta tartó kísérleteim alatt kitűnően záró termosztátokban tartom a tenyésztett protozoákat, állandó és teljes sötétségben. Mégis igen jól érzik magukat és hónapokon át kifogástalanul tenyésznek, szaporodnak stb.

Igaz, hogy ebben a tekintetben eredményeim nem egyeznek Richards O. W. adataival. Ez a szerző ugyanis 3 éven keresztül a lehető leghasonlóbb viszonyok között tartotta a *Blepharisma undulans*, *Paramecium aurelia* és *Histrio complanatus* nevű protozoák tiszta tenyészetének tömegeit s

ezek osztódási adatainak feldolgozásával arra az eredményre jutott, hogy az osztódás menete évi ritmust mutat, egy júliusi maximummal. Ezt pedig *Richards* szerint a napsugárzás okozná. Vele ellentétben láttuk, hogy az erdőtalaj protozoái éppen novemberben mutatják a maximális virulenciát.

*Scheitz*-nek a mi intézetünkben végzett kísérleteiből is az derült ki, hogy a napfénynek és ultraibolya-sugaraknak kitett fenyészetekben az aktív protozoák száma tetemesen megfogyatkozott, amiből az ultraibolya-sugaraknak a talajlakó protozoákra gyakorolt káros hatására lehet következtetni.

Természetes, hogy az erdőben a fényviszonyok mások, mint az erősebben megvilágított mezőgazdasági talajokban. Ősi tapasztalat, hogy az erdőbe kevesebb fény jut, mint a fátlan talajokba. Nyáron a lombzat borítja sűrű árnyékba az erdőt, télen pedig — főleg a lombos erdőkben — a napállás miatt van kevés fény. Ezek az állapotok tehát kedvező hatással volnának a protozoafaunára. Ámde mégsem magyarázzák meg a késő őszi maximum kifejlődését. Hiszen úgy a túlevelű erdőben, mint a lombos erdőben és a tarvágáson, valamint a réten pontos szabályszerűséggel jelentkezik a késő őszi maximum.

Régebben figyelembe vettük és egész éven keresztül mértük az erdőben lévő fényintenzitást is. Kiderült, hogy az erdőben a lombhullás után van a legmagasabb fényerősség, sőt a túlevelű erdőkben is ilyenkor mérhető a fényintenzitás maximuma. Úgy látszik tehát, hogy az erdei fényerősség és a protozoaszám maximuma időben összeesnek. Ebből arra is lehet következtetni, hogy a fény bizonyos körülmények között hasznára van a protozoák szaporodásának, ha az a késő őszi, nagyon rövid nappalok idején, rövid ideig hat, már csak azért is, mert ekkor az ibolyántúli sugarak hatása tetemesen megesőkent. Ezekre a föltevésekre azonban csak rendszeres kísérletek adhatnának kétségtelen felvilágosításokat.

10. *A táplálék szerepe.* Kétségtelen, hogy a talajlakó protozoák táplálékának legfontosabb része a baktériumokból kerül ki. Tenyészeitemben a mikroszkóp alatt minden vizsgálat alkalmából láthattam, amint az *Amoeba*- és *Masti-*



*gophora-félék* a baktériumokat bekebelezik. Abban a tenyészetben, amelyben nagyon elszaporodtak, bizonyos határt szabtak a baktériumok elszaporodásának. Legújabb *tenyésztőoldataimban* pedig sokszor teljesen ki is irtották az addig nagyon gazdag baktériumflórát.

Amde sok esetben megfigyeltem a kannibálizmust is, amikor ugyanis egyes protozoafajok, főleg a *gyökérlábúak* (*Rhizopoda*) kisebb fajtársaikat is felfalták. Bizonyos, hogy ez a jelenség a természetben is előfordul.

Tenyésztőoldataimban azonban akkor is vígan tenyésznek a protozoák, amikor azokban a baktériumok, bacillusok és kokkusok kipusztultak már. Világos, hogy ilyenkor táplálkozásukra azokat a *szerves anyagokat* használják fel, melyek a tenyésztőoldatokban vannak. Ebből jogosan lehet következtetni arra, hogy *a talaj protozoái a talaj vizében lévő formált organikus anyagokat is bőségesen felhasználják táplálkozásuk céljaira.*

Fontos kérdés már most az, hogy *mikor van a talajban a legtöbb formált szerves anyag?* Kétségtelen, hogy *összel*, a lombhullás és a talajt borító növényzet elpusztulása után. A korhadás munkája azt eredményezi, hogy az erdőtalajba éppen novemberben kerül a legtöbb formált szerves anyag. Minthogy pedig a mi éghajlatunkon rendszeren ebben az időben a legnagyobb a talajnedvesség, azért ez bőségesen képes a bomlástermékeket fölhalmozni, szállítani és a talaj állati véglényeinek rendelkezésére bocsátani. Ez a talajnedvesség pedig azért lehet bőségesebb és ami a legfontosabb, azért lehet *állandóbb*, mert az erdő és a rétek növényzete is becsüntette vízfelvevő tevékenységét, megszüntette vízpárolgató működését s így a talaj víztartalmát a növényzet nem veszi többé igénybe.

Kétségtelen azért, hogy a korhadás és rothadás miatt a talajban lévő formált organikus anyagok mennyiségének elszaporodása nagy mértékben hozzájárul az erdőtalajok protozoáinak nagyfokú őszi elszaporodásához és az annyira jellemző, kifejezett őszi maximum létrejöttéhez.

Minthogy a talaj gazdagabb őszi víztartalma a korhadás által keletkező szerves anyagoknak *oldott* állapotú

részeit is bőségesen tartalmazza, azért a *Pütter*-féle elmélet figyelembevételével arra is gondolhatunk, hogy a talajprotozoák esetleg a *vizben oldott szerves anyagokat* is hasznukra fordítják. Ámde éppen a *Pütter*-elmélet helyességének ma annyira vitatott volta erősen óvatosságra int az *oldott szerves anyagok* ilyen módon való hasznosításának gondolatában. Itt is gondos kísérletek végzésére volna szükség.

Számos biológiai, fizikai és kémiai faktornak változásait soroltam fel az előző sorokban. Megpróbáltam velük megmagyarázni az erdőtalajok protozoáinak évi változásait. Be kell vallanom, hogy ez teljesen elfogadhatóan még nem sikerült. További kutatásokra van még szükség. Addig is olyan titokzatos marad ez a kérdés, mint amilyen titokzatos, rejtelmes maga a legszebb természeti adottság: *az erdő!*

#### Die lebensbestimmenden Faktoren der Protozoen des Waldbodens. Von Dr. L. Varga.

In einer früheren Arbeit (Erdészeti Lapok 74. Heft VII—VIII) besprach Verfasser die jährlichen quantitativen Veränderungen der Protozoenfauna des Waldbodens und erbrachte den Beweis, dass der Frühsommer-Höchstwert der Protozoenzahl, — hochbezfert und regelmässig erscheinend, — vielmehr bezeichnend als das Spätherbst-Maximum ist.

Für diese Gesetzmässigkeiten eine exakte Erklärung zu finden war die Aufgabe weiterer Untersuchungen, die zu nachstehenden Ergebnissen führten:

1. Das Verhältniss der Protozoen und Bodenbakterien ist eine rein biocönotische, ohne wesentlichen gegenseitigen Einfluss. Die Bakterien dienen zwar als Nahrung der Protozoen, doch wird dadurch ihre Zahl nicht verringert.

2. Humusgehalt des Bodens und Protozoenzahl stehen zu einander im verkehrten Verhältniss, bei steigender Humusanhäufung sinkt die Protozoenzahl.

3. Die H-ionenkonzentration (pH) des Bodens ist ein sehr wichtiger Faktor. Die Protozoen bevorzugen entschieden die niedrigeren Säuregrade, sind also acidophile Organismen; bei alkalischer Reaktion des Bodens gedeihen sie sehr schwach.

4. Die Bodenfeuchtigkeit — in erster Linie das Kapillar- und Adhäsionswasser — ist von ausschlaggebender Bedeutung, da die Protozoen durchwegs Wasserorganismen sind.

5. Der Gesamtstickstoff- und Nitratstickstoffgehalt des Bodens

wird nach Absterben der Protozoen durch die Zersetzungsprodukte ihres eiweisshaltigen Körpers erhöht, besonders nach dem Wintermaximum.

6. Bezüglich der Bodentemperatur wurde festgestellt, dass die Protozoen die niedrigeren Grade (43°—46° C) bevorzugen.

7. Die Niederschläge bedeuten ein Anwachsen der Bodenfeuchtigkeit, bei niederschlagsreicher Witterung erhöht sich also die Protozoenzahl.

8. Das Sonnenlicht übt auf die Protozoen einen schädlichen Einfluss aus.

9. Als Nahrung der Protozoenfauna kommen in erster Linie die Bodenbakterien und die aus Zersetzung der Laubstreu hervorgehenden organischen Stoffe in Betracht.

\*

„Facteurs déterminant la vie des Protozoaires du sol forestier.“ Par. le *Dr. L. Varga*.

Dans une étude antérieure paru dans les *Erdészeti Lapok* (74, Fasc. VII—VIII) l'Auteur s'exprima sur les changements annuels de la quantité de la faune de Protozoaires du sol forestier fournissant la preuve que le maximum du nombre des Protozoaires de l'été en est de beaucoup plus caractéristique par ses valeurs élevées et son apparition régulière, que celui de l'automne.

Pour arriver à une explication exacte de ce fait, on venait d'étendre les recherches, dont les données les voici:

1. La relation des Protozoaires aux Bactères du sol est purement biocœnotique sans une influence essentielle mutuelle. Quoique les Bactères fournissent nourriture aux Protozoaires, leur nombre ne se réduit pas sensiblement.

2. La quantité de humus et le nombre des Protozoaires est en relation indirecte par le fait qu'avec l'augmentation de celui-ci, le nombre des Protozoaires se diminue.

3. La concentration ionique de H (pH) du sol est un facteur très important. Les Protozoaires préfèrent distinctement les degrés acides plus bas, et sont donc de ce fait de nature acidophile. Dans un sol de réaction alcalique, leur prospérité est très faible.

4. Quant à l'humidité du sol, c'est l'eau capillaire et l'eau d'adhésion qui est d'une grande importance, puisque tous les Protozoaires sont des organismes hydrophiles.

5. Le contenu en azote et en azote — oxydique du sol augmente avec le dépérissement des Protozoaires par les quantités de protéines provenant de leur désintégration surtout après le maximum d'hiver.

6. Quant la température du sol, il est à établir que les Protozoaires préfèrent les degrés plus bas. (+3, +4 C°).

7. L'humidité du sol découle des intempéries, avec les pluies donc, le nombre des Protozoaires s'augmente.

8. Le soleil est nuisible pour les Protozoaires.

9. Comme matière nutritive figurent pour les Protozoaires les Bactères du sol et les matières organiques de désintégration de la couverture de feuillage.

**The life-deciding factors of protozoa of the forest-soil. By Dr. L. Varga.**

In a former publication (issued in the „Erdészeti Lapok“ 74. copy VII—VIII.) the author has discussed the annual quantitative changes of protozoa-fauna in the forest-soil and pointed out, that the maximum of the protozoa numbers — appearing strongly and regularly at the beginning of summer — is by far, more characteristic than the winter-maximum.

It has been the task of further investigations to win exact accounts for this appearance and the results obtained are as follow:

1. The relation of protozoa and soil-bacteria is merely a biocönotic one without any influence to each other. Protozoa are consuming bacteria but they are not able to diminish the number of them to a high extent.

2. The relation of the humus-content of soil and of the protozoa number is a reciprocal one, when the former increases, the latter shows a diminution.

3. The H-ion concentration (pH) of soil must be looked upon as a very important factor. Protozoa prefer the lower degrees of soil-acid, they are acidophil organisms and their development is a very weak one, under alcalic réaction of soil.

4. The moisture of soil — principally the capillar and adhäsional water — is of a very great importance, being protozoa on the whole water organisms.

5. The whole N-, and the nitrat N-content of soil will be increased by protozoa reaching the soil after perishing with the albumen content of the decomposition-products of their bodies, principally after the winter-maximum.

In reference to the soil-temperature the protozoa prefer the lower grades of them (+3° — +6° C).

7. Rainfalls cause an increase of soil-moisture and in consequence of that a higher number of protozoa.

8. Sunshine is of a noxious influence to protozoa.

9. The nourishment of protozoa-fauna are in the first place the soil-bacteria and the organic substances springing from decomposition of leaf-litter.