

1616.

259512

Különlenyomat az „Erdészeti Lapok” 1934 I—II. számából.

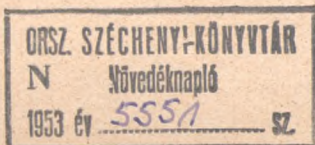
Az erdőtalaj mikrobiológiája, mint dinamikai probléma

Írta: dr. Fehér Dániel.*

Mélyen tisztelt Uraim! Azoknak a kutatásoknak során, amelyeket úgy én, mint munkatársaim az utolsó évtizedben a m. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola Növénytani Intézetében végeztünk, alapfeladatul tűztük ki annak a célnak elérését, hogy az erdő talajában lejátszódó biogén változásokat, az erdőtalaj anyagcsere-körfolyamatainak különböző mozzanatait a fák és közvetve az erdőállományok növekedésével szoros kapcsolatba hozzuk. Meggyőződésünk volt, hogy csakis ilyen módon válik lehetségessé a termőhely, a fák állományának növekedése és életviszonyai között olyan mélyebbreható összefüggéseket kideríteni, amelyek azután gyakorlati szempontból is hasznavehetőkké válnak. Nekem az a meggyőződése, mélyen tisztelt uraim, hogy a mi jelenlegi erdőgazdasági tudományunk és az erdőgazdasági termelés általában ma még biológiai és ökológiai szempontból rendkívül kezdetlegesnek mondható. Ha majd sikerülni fog az erdőgazdasági termelés egész rendszerét úgy szabályozni, hogy az az erdő talajával, a klimatikus viszonyokkal, vagyis a termőhely minden faktorával szoros vonatkozásban álljon és ha majd sikerülni fog az egyes fafajok termőhelyi igényeit exakt értelemben kifejezni, valamint ezeknek a telepítését belső igényeik és termőhelyi adottságuk közötti kvantitatív viszonyra alapítani, csak akkor leszünk majd abban a helyzetben, hogy az erdőgazdaság egész menetét és végeredményében az erdőgazdasági többtermelést a lehető legelőnyösebben és tudatosan irányítsuk.

Amint a legutóbb megjelent könyvem előszavában már részletesen kifejtettem, azoknak a vizsgálatoknak folyamán, amelyeknek kapcsán az erdőállományok élettani vonatkozásait óhajtottam szerény tehetségem szerint felderíteni, korán rá kellett jönnöm arra az elvitathatatlanul fontos tényre, hogy az erdő életébe, annak fiziológiai és ökológiai viszonyaiba mélyebb bepillantást csak akkor nyerhetünk, ha először az erdőtalaj egész össze-

* Az eberswaldei erdészeti főiskolán 1933 június 15-én és a baseli tudományegyetemen 1933 november 1-én tartott előadása.



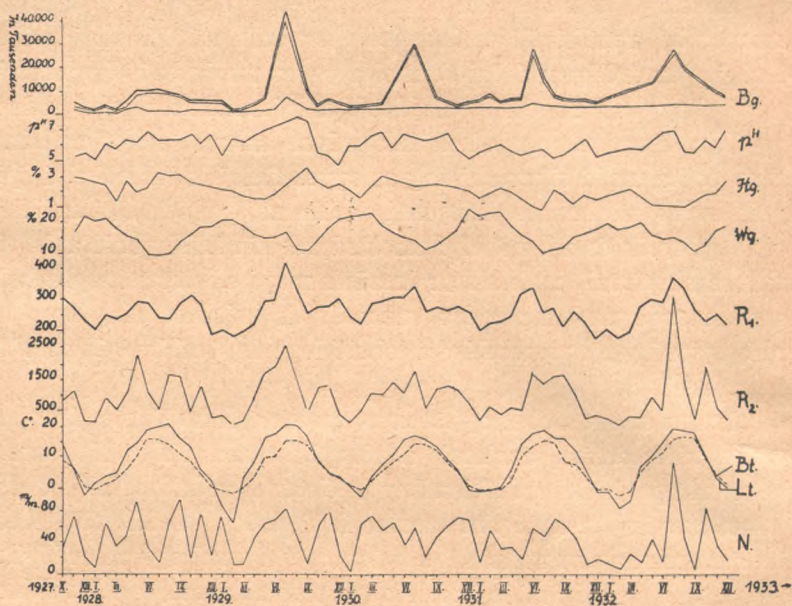
259512

R 2



tételével és az abban lejátszódó különböző folyamatokkal tisztában leszünk. Azzal a régebbi felfogással, amely a talajt állandó, alig változó kémiai vegyületkeveréknek tekintette, ma már gyökeresen szakítanunk kell. Tisztába kell jönnünk azzal, hogy a talaj él, összetételét folyton változtatja és úgyszólván alig van olyan időszak, amelyben ugyanazon talaj keretén belül is az előzőhöz hasonló kémiai, vagy biológiai összetételt és változásokat találunk.

Az eddigi kutatásaink elsősorban empirikus természetűek voltak. Kint a szabad természetben vizsgáltuk és kutattuk az erdőtalaj életét. A vizsgálatok folyamán mindenekelőtt rájöttünk arra a nagyfontosságú tényre, hogy az erdőtalaj biogén faktorai a klimatikus hatások következtében folyton változtatják összetételüket, egymáshoz való viszonyukat és megjelenési formájukat. Több éven keresztül vezetett kutatások igazolták ezt be, amelyekre vonatkozólag egy tipikus példát mutatok be önöknek. (L. 1. sz. kép.)



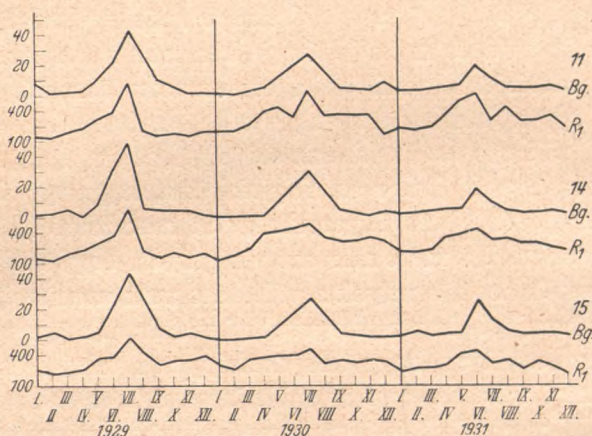
1. kép. A 15. sz. kísérleti terület 5 éven keresztül végzett vizsgálatának eredményei.

Jelmagyarázat az 1. képhez: Bg = összes baktérium szám, pH = talajsavanyúság, Hg = humusztartalom, Wg = víztartalom, Bt = talajhőmérséklet, Lt = levegőhőmérséklet, N = csapadék.

A bemutatott terület tulajdonképpen többévi megfigyelések eredményeit adja és mutatja, hogy nemcsak a baktériumszám, hanem a baktériumok működésével szorosan összefüggő többi faktorok, így a humusztartalom, a talaj savanyúsága folytonos és állandó változásoknak vannak alávetve. Ha vizsgáljuk a változások természetét, akkor azt fogjuk látni, hogy egy állandó és szabályszerű, szinte törvényszerűségnek mondható jelenséggel állunk szemben. Ha most már azt vizsgáljuk, hogy mely termőhelyi tényezők azok, amelyek a változásoknak ezen szabályszerű menetét okozzák, akkor a szorgosabb kutatás rá fog vezetni bennünket arra a tényre, hogy tulajdonképpen a talaj hőmérsékleti és nedvességi foka az, ami az erdőtalaj életét, az abban lefolyó biológiai folyamatokat és így végeredményben az erdő táplálkozásához szükséges legfontosabb kémiai anyagok vegyi körfolyamatait szabályozza.

Már az erdőtalaj lélekzésénél végzett kutatásainknál teljes joggal mutathattunk rá arra a tényre, hogy tulajdonképpen a nap sugárzó energiája az a döntő tényező, amelynek jelenlétéhez a szerves élet minden kifejlődése a földkerekségen kötve van. De a másik tényező, a víz, amely az élet minden megnyilvánulásában rendkívül fontos szerepet játszik, emellett el nem hanyagolható. Kétségtelenül a hőmennyiség is, amely különösen az erdő talajában a talaj hőmérsékletének mindenkor kifejezésében érvényesül, döntő szerepet tölt be, de befolyását és kifejlődését a talaj mindenkor nedvességtartalma, mint korrelatív tényező szabályozza. Én a magam részéről egyelőre empirikusan úgy kíséreltem meg a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának kölcsönhatását, mint szabályozó faktort kifejezni, hogy a talaj mindenkor víztartalmát százalékokban kifejezve megszoroztam a talaj hőmérsékletével és az így nyert szorzatot regulatív tényezőkomplexumnak neveztem el és R -rel jelöltem.

Az Önöknek most bemutatott 15. sz. kísérleti terület már világosan mutatja ezen R tényezőnek folytonos változásait. Az R tényezők között elkülönítjük az R_1 -et, amely a talajhőmérséklet és a talajnedvesség szorzatából származik és az R_2 -t, amelyet a mindenkor levegőhőmérsékletnek a talaj nedvességtartalmával való szorzata ad. Végeredményben kétségtelen, hogy helyesen akkor járunk el, ha a talaj hőmérsékletét vesszük irány-



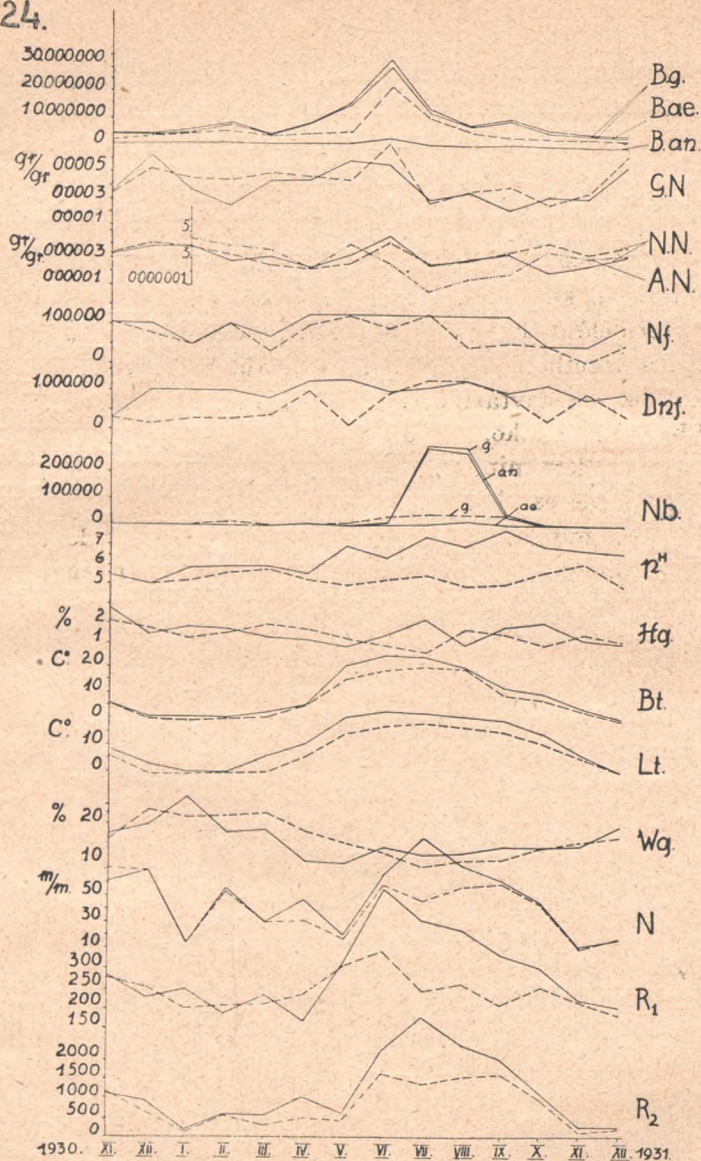
2. kép. Három kísérleti területen a baktériumszám és az R_1 faktor közötti összefüggés.

adóul, mert hiszen a talaj hőmérséklete már önmagában véve az adott levegőhőmérséklet és a mindenkori nedvességtartalommal összefüggő párolgás kölcsönhatása következtében, mint eredő jelenség jelentkezik.

A következőkben bemutatom három kísérleti területen három éven át végzett vizsgálatainkkal az R tényezőnek jól látható befolyását. Meg kell azonban jegyezni, hogy például a szabad területen, ahol az erdő hatása nem érvényesül, a biogén faktoroknak ugyanazon hatását és változását észlelhetjük. A főiskola botanikus kertjében már évek óta szabadon hagyott területen vizsgáljuk ezeknek a kölcsönhatásoknak kifejlődését és tájékozódásul most bemutatom ezen 24. számú kísérleti területünk grafikonját, összehasonlítva a 15. számú kísérleti terület adataival. (L. 3. sz. kép.)

Ezeknek a grafikonoknak szemlélésénél azonban nem szabad elfelejtenünk azt, hogy a szabad területeken való külső méreseinél természetesen rendkívül sok hibaforrással volt dolgunk, úgyhogy teljesen exakt eredményekre itt nem számíthatunk.

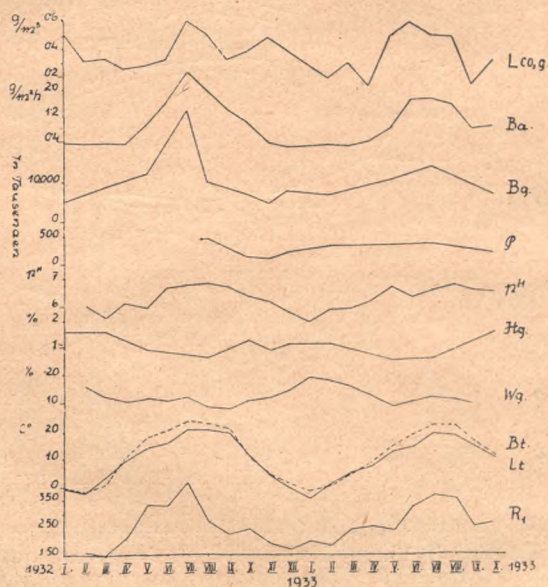
Korábbi munkáimban már 1928-ban rámutattam a talajlélekzés és az azt befolyásoló baktériummennyiség időszaki relatív változásaira. Ez a folyamat, amelynek kapcsán az erdőtalaj az asszimiláció szempontjából annyira fontos szén-savat termeli,



3. kép. Erdőtalaj (15. sz. kísérl. terület) és egy szabad terület
(24. sz. kísérl. terület) adatainak összehasonlítása.

Jelmagyarázat a 3. sz. képhez: Bg = összes baktériumszám, Bae = aerob bakt., Ban = anaerob bakt., GN = összes nitrogén, NN = nitrát-nitrogén, AN = ammoniaknitr., Nf = nitrifikáló bakt., Dnf = denitrifikáló bakt., Nb = a levegő szabad N-jét megkötő bakt., pH = talaj-savanyúság, Hg = humusztartalom, Bt = talajhőmérséklet, Lt = levegő-hőmérséklet, Wg = talaj víztartalma, N = csapadék.

szoros összefüggésben áll az erdőtalaj baktériumainak működésével, az aerob és anaerob baktériumok kölcsönös viszonyával és időszaki változása és lefolyása végeredményben szintén a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának a baktériuméletre gyakorolt indukciójára vezethető vissza. Csak tájékozással mutatok be egy kísérleti területet, ahol a talajlélekzést és a levegő szénsavtartalmát is több éven keresztül rendszeresen mértük. (L. 4. kép.) A kép mindenekelőtt igazolja azt, hogy az erdőtalaj szénsavtermelése elsősorban a baktériumok és a gombák munkásságára vezethető vissza és közvetlenül befolyásolja az erdő levegőjének szénsavtartalmát is, ami által az asszimilációra is döntő befolyást gyakorol. Különben mutatja ez a kép azt is, hogy a humusztartalom minimális értékei mindig a talajlélekzés maximális értékeivel esnek össze, vagyis beigazolja azt, hogy a talajbaktériumok munkássága elsősorban a humusztartalom feldolgozását eredményezi és a humusztartalom az az anyag, amely a



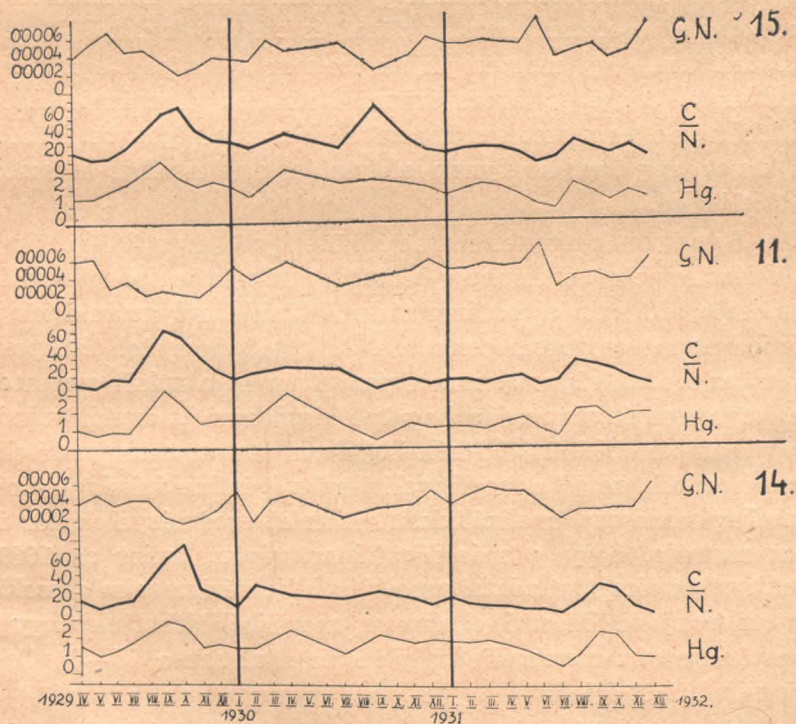
4. kép. Talajlélekzési adatok a 24. sz. kísérleti területen.

Jelmagyarázat: L — CO₂ G = a levegő szénsavtartalma, Ba = talajlélekzés, Bg = baktériumszám ezrekben, P = gombaszám ezrekben, Hg = humusztartalom, Wg = víztartalom, Bt = talajhőmérséklet, Lt = levegőhőmérséklet.

korhadás és a bomlás kapcsán a talajlélekzés alapanyagát, a ki-lehelt szénsavmennyiséget szolgáltatja.

Most tájékoztatásul a 11. sz. kísérleti területen rámutatni óhajtok arra is, hogy az erdőtalaj nitrogén anyagcseréje szintén határozott, a klimatikus befolyásokkal szoros összefüggésben álló periodikus körfolyamatot mutat. (L. 5. kép.)

Természetesen a talajban élő moszatok és gombák szintén beható vizsgálat tárgyát képezték és hasonló időszaki változásokat mutatnak. Ezek közül különösen a gombák változásai hasonlóak a talajbaktériumok mennyiségbeli változásaihoz (lásd 3. sz. kép), míg a moszatok viselkedése különleges és erre a célra be-



5. kép. A talaj N-anyagcseréjének és az azt befolyásoló tényezőknek változásai az egyik állandó kísérleti területen 4 tenyésztési időszakon keresztül.

Jelmagyarázat az 5. sz. képhez: GN = összes nitrogén, AN = amoniak nitrogén, NN = nitrátnitrogén, Bg = összes baktériumszám, Bae = aerob baktériumok, Ban = anaerob bakt., Nf = nitrifikáló bakt., Dnf = denitrifikáló baktériumok, Nb = a levegő szabad N-jét megkötő bakt., pH = talajsavanyúság, Hg = humusztartalom, Wg = a talaj víztartalma, Lf = levegő hőmérséklete, Bt = talajhőmérséklet.

állított egyéb vizsgálatok bevezetését kívánta, azonban az időszakosság ezeknél is beigazoltnak vehető. Valószínűleg csak abban különböznek a baktériumtól és a gombáktól, hogy ezeknél a talaj nedvességtartalmának és hőmérsékletének optimumhatárai egészen más formában jelentkeznek, mint az előbb említett két élőlény csoportnál.

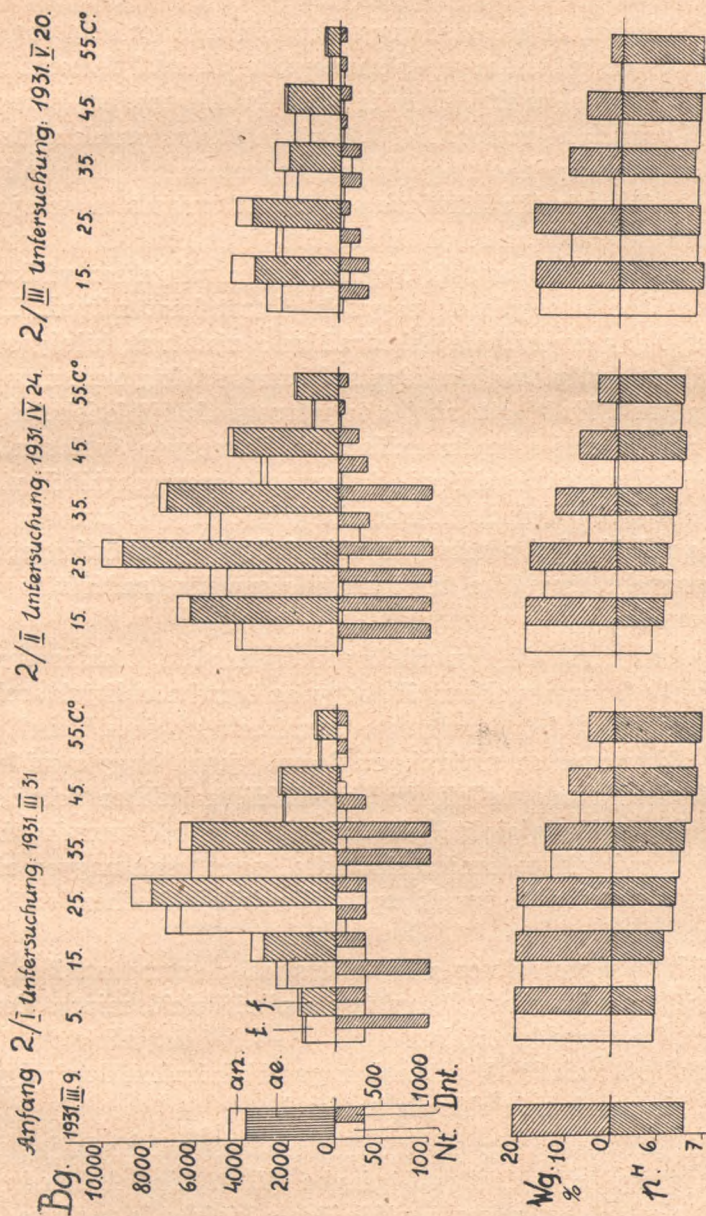
Mindezek az empirikus kutatások beigazolták azt, hogy az erdőtalaj mikrobiológiai jelenségeit elsősorban mint dinamikai problémát kell felfognunk. A régi statikai módszerek a kérdés vizsgálatánál tehát csak korlátozott mértékben alkalmazhatók.

A továbbiak során, minthogy láttam a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának döntő és evidens befolyását, elhatároztam, hogy megvizsgáljuk ezeknek a fontos biogén faktoroknak befolyását laboratóriumi kísérletek kapcsán is. Ezek a kísérletek természetesen hosszabb időt vettek igénybe. Közöttük nem egy van, amelynek lefolytatása egy évnél is hosszabb időre terjed.

Egy ilyen kísérletet mutat a következő (6. sz.) kép. Ez a kísérlet, amely két hónapig tartott, egyike a legjobbaknak és eredményei feltűnően határozottak. A kísérlet folyamán a talajpróbákat két csoportra osztottuk. Az egyik csoportot tíznaponként az eredeti víztartalomra egészítettük ki, a másik csoportot a maga természetes útján hagytuk kiszáradni és azután mindegyik csoportot különböző hőmérsékleten tartott termosztátokban kezeltük, majd a megfigyelési idő végén biológiailag és kémiailag gondosan analizáltuk. A kísérlet eredménye először is azt mutatja, hogy a második hónap végén, amint az 1931. május 20-i vizsgálat adatai mutatják, a baktériumszám abszolút megkisebbedik. De ettől eltekintve, nagyjából láthatjuk, hogy a baktériumszám maximális kifejlődését általában a 25—30 Celsiusfok között éri el.

Nagyon érdekes, ha megfigyeljük a savanyúság változását. Az eredmények azt mutatják, hogy a talaj savanyúsága a növekedő hőmérséklet arányában fokozatosan kisebbedik és a közömbös oldat felé közeledik. Ezen jelenség okát abban kell keresnünk, hogy a talajbaktériumok az elégtelen korhadás miatt az erdő talajában felhalmozódott savanyú félkorhadási termékeket

Versuch: 2.



Jelmagyarázat: Bg = baktériumszám ezekben, ae = aerob, an = anaerob, Nt = nitrifikáló bakt., Dnt = denitrifikáló bakt., Wg = víztartalom, t = szárazon és f = nedvesen kezelt próbák.

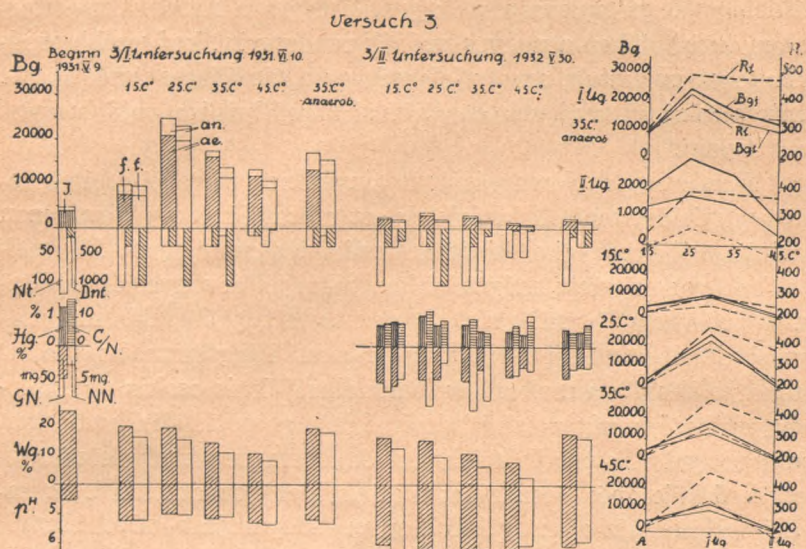
feldolgozzák és ez a feldolgozás, amelynek egy jelentékeny részét a cellulózebontás képezi, a magasabb hőmérséklettel intenzívebbé válik és végeredményben a savanyú természetű félbomlási termékeknek a teljes eltűnésére és a pH-értékek emelkedésére vezet.

Gyakorlati szempontból különösen fontos ennek a kísérletnek az az eredménye, hogy amíg a nedvességet, tehát a talaj víztartalmát optimális körülmények között tartjuk, a talajbaktériumok száma és az aerob és anaerob baktériumoknak viszonya azokban a próbákban, illetőleg azokban a talajokban válik a legkedvezőbbé, amelyeknek nagyobb víztartalmat adtunk. Látjuk tehát, hogy az erdőtalaj kiszáradása a zárlatnak túlságos megbontása folytán tulajdonképpen bizonyos fokig nem mondható előnyösnek. Ezért ott, ahol a természetes felújítás lehetséges és ott, ahol a talaj a kopárosodásra hajlik, nagyon óvatosan kell a záródás bontásánál eljárni. A tarvágás szempontjából viszont ezt az eljárást csak ott alkalmazhatjuk jó eredménnyel és káros hatás nélkül, ahol a tarvágás után fellépő gyomnövényzet és az alacsonyabb cserjék a talajnak túlságos kiszáradását megakadályozzák.

Van azonkívül egy másik fontos megállapítása is ennek a kísérletnek, amely abban áll, hogy ha összehasonlítjuk azokat a talajhőmérsékletet, amelyek a természetben jelentkezni szoktak, akkor arra az eredményre fogunk jutni, hogy a mi közép-európai klímánk mellett, ha az alföldi, erősebben felmelegedő homokos erdőtalajainktól eltekintünk, a szabad természetben a talaj hőmérséklete rendszerint soha, vagy csak nagyon ritkán éri el a talajbaktériumok optimális kifejlődéséhez szükséges fokot.

Tanulságos volt ez a kísérlet abból a szempontból is, hogy sikerült megállapítani, hogy úgy a nitrifikáció, mint a denitrifikáció a legelőnyösebben a 25—35 fok hőmérsékletek között folyik le. Az ezután következő magasabb hőmérsékletek úgy látszik, nincsenek már előnyös hatással.

A következő kép egy kísérlet eredményeit mutatja, amely kísérlet egy teljes évet vett igénybe. (*L. 7. kép.*) A hőmérséklet és a talajnedvesség szempontjából ez a kísérlet is mutatta, hogy a talajbaktériumok optimális kifejlődésüket úgy a nedves, mint a száraz próbákban egyaránt, 25—35 fokos hőmérsékletnél



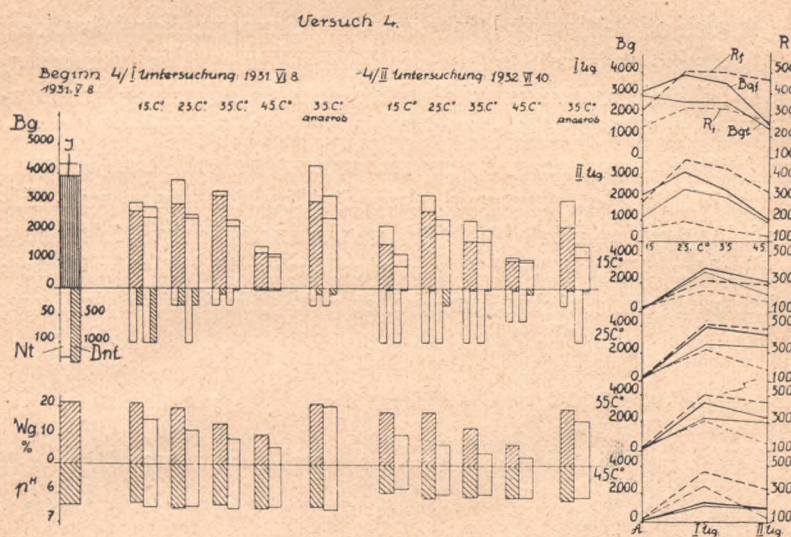
Jelmagyarázat: Bg = baktériumszám ezrekben, Nt = nitrifikáló, Dnt = denitrifikáló bakt., Hg = Humusztartalom, GN = összes nitrogén, NN = nitrátnitrogén tartalom, WG = víztartalom, f = nedves, t = száraz, ae = aerob, an = anaerob, A = kezdet, Ug = vizsgálat.

érték el. Ennél a kísérletnél már egész világosan ki tudtuk fejezni egy év múlva a humusztartalom alapos megfogyását, amelynek eredményeképpen ugyanazon időszak végén természetesen a talajbaktériumok száma szintén erősen megkisebbedett. Ennél a kísérletnél egyébként egy fenyőerdőnek sterilizált talaját oltottuk kisebb talajmennyiséggel. A baktériumok természetesen bizonyos idő múlva, a jelen esetben 4 hét múlva, a kedvező feltételek mellett erőteljes szaporodásnak indultak és ezért van az első megfigyelési időszak végén jelentkező baktériumtöbbség. Különösen érdekes, hogy a talaj nitrogéntartalma és nitrátnitrogéntartalma, dacára az időközben kétségkívül igen intenzíven beálló denitrifikációnak, nem kisebbedett meg jelentékenyen. Ennek az okát egyedül és kizárólag az erdő talajában élő, a levegő szabad nitrogénjét megkötő baktériumok tevékenységére vezethetjük vissza. Általában itt is látszott, hogy a nitrifikáció és a denitrifikáció a legélénkebben a 35 Celsiusfokig folyik le és azon túl a magasabb hőmérsékletek gátló hatást gyakorolnak.

Általában megállapíthatjuk, hogy különleges a nitrátnitrogéntartalom tekintetében a nedves próbák rendszerint kedvezőbb eredményeket mutattak, amely jelenség az optimális határok között tartott talajnedvességnek a nitrifikáció lefolyására való kedvező voltát jelzi.

A már az előzőkben vázolt R tényezőnek szerepét itt is igyekeztünk felderíteni. A kísérletek azt mutatták, hogy a szárazon tartott próbáknál, ahol tehát a kiszáradás minden akadály nélkül bekövetkezhett, még 25 fokon túl is jól érvényesült az általunk felállított összefüggés. A nedvesített próbáknál már nagyobb az eltérés, ami természetesen azzal függ össze, hogy az R szabályt általában csak addig használhatjuk és csakis addig érvényesíthető, amíg a talaj hőmérséklete az optimális határokon belül marad és a talajhőmérséklet és a talajnedvesség között jelentkező kölcsönös összhatást mesterséges beavatkozás nem zavarja. Különben a vizsgálatok egyes időpontjait véve alapul, szintén kiválóan láthatjuk, hogy a különböző időszakokban beállított baktériumszám és az ugyanazon időszakokban kiszámítható R tényező kvantitatív értékei között a száraz próbáknál határozott összefüggés mutatható ki. Ez a kísérlet bebizonyította nekünk az erdő talajában lejátszódó N-kötés rendkívül nagy fontosságát és általában megerősítette és beigazolta az előző kísérleteink adatait. Különösen hangsúlyoznom kell, hogy a pH értékekre vonatkozólag szintén beigazolást nyert az előző kísérleti eredmények alapján kimondott tételünk és ennél a vizsgálatunknál még határozottabban lehetett kimutatni, hogy a humusztartalom megfogyásával fordított arányban milyen nagy mértékben közeledtek próbáink pH értékei a közömbös határ felé.

A 4. sz. kísérletet (*l. 8. kép*) 1931 május 8-án állítottuk be és 1932 június 10-én fejeztük be. Ezt a kísérletet csak tájékoztató közlöm, miután általában eredményei megerősítik a korábbi kísérleteknél nyert adatainknak és az azokból levont következtetéseknek a helyességét. Ennél az utóbbi kísérletnél egyébként már másként jártunk el, mint az előzőknél. Itt szinte tápanyagtól teljesen megfosztott és sterilizált homokba oltottunk baktériumokat, miután ezt a homokot előzőleg talajkivonattal telítettük. A kísérlet elején feltüntetett baktériumszám nem a



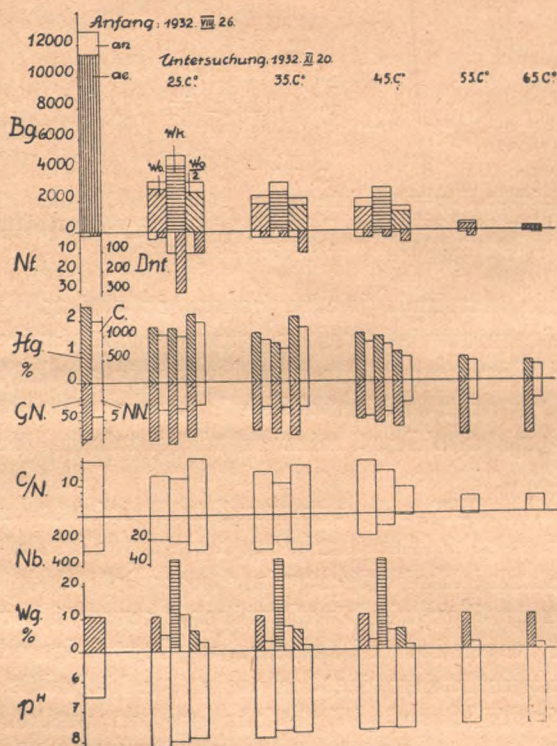
Jelmagyarázat: Bg = baktériumszám ezrekben, I = inkubálva, Nt = nitrifikáló, Dnt = denitrifikáló baktériumok, Wg = víztartalom, f = nedves, t = száraz, A = kezdet, Ug = vizsgálat.

homok baktériumszámát jelenti, hanem az oltásra felhasznált talaj baktériummennyiségét adja grammokra átszámítva. Ez utóbbi körülmény magyarázza meg, hogy már az első leolvasásnál, ellentétben az eddigi próbáinkkal, alacsonyabb baktériumszámot kaptunk általában, mint az eddigi talajbaktériumszám volt.

Mindezeken felül még egy rendkívül érdekes eredményt szolgáltatott ez a kísérlet. Amíg az előző vizsgálatainknál, ahol savanyú erdőtalajokkal dolgoztunk, a vizsgálat végén az intenzív baktériumtevékenység következtében a savanyú bomlási termékek általában fel lettek használva, úgyhogy végeredményben a pH értékek emelkedése, illetőleg ezeknek a közömbös oldal felé való eltolódása állott be, addig a jelen esetben, amikor egy erősen közömbös, homokos talajt oltottunk baktériumokkal és telítettük savanyú természetű talajkivonattal, a pH értékeknek a csökkenése, illetőleg ezeknek elsavanyodása állott elő. Ez a kísérlet is kitűnően mutatja, hogy az erdő a maga talaját a talajban lejátszódó, általában savanyú természetű korhadási folyamataival többé-kevésbé mindig a savanyú reakció felé tereli.

Ennek a kísérletnek lefolytatása után most már a következő kísérletben a magas hőmérsékleteknek a hatását tanulmányoztuk a baktériumszám, a talaj nitrogéntartalmának és humusztartalmának kifejlődésére. Ez a kísérlet 1932 augusztus hó 26-án kezdődött és ugyanazon év november havának 20. napján végződött. (L. 9. kép.) Tartama tehát körülbelül 3 hónap volt. Három hónap múlva a talaj baktériumszámának bizonyosfokú megkisebbedése állott itt elő. Ez a megkisebbedés körülbelül fedi azokat a tapasztalatokat, amelyeket a 2. számú kísérletnél sze-

Versuch. 5



9. kép.

Jelmagyarázat: Bg = baktériumszám ezrekben, Nt = nitrifikáló, Dnt = denitrifikáló baktériumok, Hg = humusztartalom, C = carbontartalom, GN = összes nitrogén, NN = nitrátnitrogén-tartalom, Nb = nitrogénkötő baktériumok, Wg = víztartalom, ae = aerob, anac = anaerob, Wo = eredeti víztartalommal, Wk = vízkapacitás és $\frac{Wo}{2}$ = az eredeti víztartalom felén kezelt próbák.

reztünk. De ez a kísérlet is világosan mutatta, hogy 35 fokon túl, különösen azonban 45° utáni magasabb hőmérsékletek ugyancsak káros és gátló hatással vannak a talajbaktériumok kifejlődésére. Itt láttuk egyúttal azt is, hogy a nitrifikáló és denitrifikáló baktériumok a 45 fokos hőmérsékleten túl általában szintén erősen gátolva vannak a kifejlődésükben. Ezen baktériumok szempontjából kétségkívül a mi közép-európai erdőtalajaink nincsenek hátrányos állapotban, ha az évenként esetleg fellépő túlságos savanyú reakciótól eltekintünk. A humusztartalom általában csökken és a 45 fok után a nitrátnitrogéntartalom is erős csökkenést mutat, ami kétségkívül a nitrifikáló baktériumok működésének gátolt voltára mutat. Hogy 55 és 65 foknál az össznitrogéntartalom tulajdonképpen a kiinduláshoz viszonyítva nagyobb eltolódást nem mutatott, az arra a körülményre vezethető vissza, hogy ennél a hőfoknál a denitrifikáló baktériumok működése minimálissá válik, úgyhogy a talaj eredeti N-tartalma alig ment változáson keresztül.

A C/N viszony általában a magasabb hőfokok felé erősen eltolódik, mégpedig fokozatosan kisebbé válik. Ennek az oka abban áll, hogy a humusz és C-tartalom, különösen 35 és 45 fok után a cellulózebontó baktériumok rendkívül intenzív munkája következtében erősen megkisebbedik. Ezeknek a baktériumoknak a jelentékeny részét ugyanis a magasabb hőmérsékleteket elibíró úgynevezett thermophil-baktériumok teszik, amelyeknek működése úgylátszik eltérőleg a nitrifikáló és denitrifikáló baktériumoktól éppen ezeken a magasabb hőfokokon válik intenzívebbé. Kitűnően mutatja ez a példa is, hogy az erdőtalaj korhadási folyamatainak gyorsítása céljából a záródásbontás és az ezzel kapcsolatos talajfelmelegedés milyen kitűnő jótékony hatással bírnak. A N-kötő baktériumok 35 fok után már erősen gátolva vannak kifejlődésükben és működésükben és 55, majd 65 foknál működésük minimális lesz, majdnem a 0-ával válik egyenlővé.

Most tájékozássul még egy kísérletet vezettünk be, amelynek kapcsán a gombákat vizsgáltuk, mégpedig elsősorban az erdő talajában a korhadási folyamatoknál oly nagy szerepet játszó mikroszkopikus gombákat. Általában ez a kísérlet is azt mutatta, hogy a gombák optimális kifejlődésüket szintén a 25—35 fok között érik el. A magasabb hőmérsékletek iránt nagyon érzé-

kenyek, úgy hogy 45 fokon túl az esés feltűnővé és nyomatékossá válik. Különösen jól látszik a kísérletnél a gombáknak a talaj mindenkori nedvességtartalmával szemben tanúsított viselkedése, úgy hogy ezek növekedését a talajnak különböző optimális határok között tartott nedvességtartalma még a baktériumokénál is hatékonyabban mozdtja elő.

Általában ennél a kísérletnél arra a nagyon fontos eredményre jutottunk, hogy a talajban élő, ott fontos biológiai tevékenységet kifejtő, mikroszkópikus talajgombák növekedésének optima nagyjából ugyanazon hőmérsékleti határok között mozog, mint a talajbaktériumoké.

Ha most az előadásom első felében felvázolt, a szabad természetben megtalált biológiai törvényszerűségeket a kísérleti úton nyert eredményekkel egybevetjük, úgy arra az eredményre kell jutnunk, hogy általában a laboratóriumban végzett kísérletek eredményei a külső megfigyelések helyes és megfelelő voltát beigazolták. Megállapíthatjuk tehát, hogy az erdő talajában élő baktériumok növekedését mint döntő tényező, a talaj hőmérsékletének változása szabályozza, míg a hőmérséklet hatását a talajnak mindenkori víztartalma, amely a talaj hőmérsékletével korrelatív viszonyban áll, mint limiting-faktor befolyásolja. Vagyis a talajélet egész mivolta, annak összes mozzanatai bizonyos mennyiségű hőenergiához vannak kötve, még pedig oly módon, hogy a 25—55 fok között levő talajhőmérséklet adja meg legoptimálisabb mértékben a talajbaktériumok növekedési feltételeit. Ennek a tényezőnek a hatását azonban a talaj mindenkori víztartalma úgy befolyásolhatja, hogy általában, ha a víztartalom optimális határok között mozog, ami erdőtalajonként változó mérvű lehet, a talajbaktériumok a legkedvezőbb kifejlődésüket érik el. Ez áll különösen nyáron. Ha azonban ugyanazon időszakokban száraz periódusok lépnek fel, úgy a talaj víztartalma elégtelenné válik, nem engedi meg a baktériumszám optimális kifejlődését és mint szabályozó tényező működik. Viszont ősszel és télen, amikor a talajnak elég nedvesség áll a rendelkezésére, az alacsony hőmérsékleti fokok azok, amelyek a baktériumok működését a minimumra fokozzák le, vagy pedig ennek létrejöttét egyáltalában, különösen kisebb hőmérsékleteknél, gyakorlati értelemben többé-kevésbé lehetetlenné teszik. Ennek a két faktor-

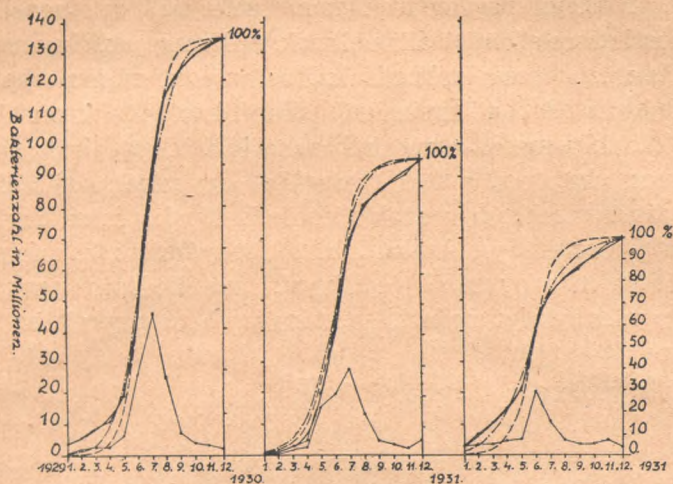
nak korrelatív úton létrejött hatását legjobban úgy fejezhetjük ki, ha egyelőre egy empirikus viszonzszámot alakítunk, amelyet a talaj hőmérsékletét és a talaj nedvességtartalmát kifejező relatív értékek szorzatából képezünk. Hogy mindezen eredményeknek mi a gyakorlati jelentőségük és lehet-e most már ezeket, illetőleg az így nyert megismeréseket az erdőgazdaság szempontjából is hasznosítani, arról az előadásom végén még külön kifejezetten szólni fogok.

A következőkben néhány szóval megkísérlem a nyert korrelatív természetű összefüggések matematikai értelemben való kifejezésének lehetőségét vázolni. Az élettani jelenségek kvantitatív viszonyainak mennyiségtani kifejezése a tudományos kutatás egyik fontos célját képezi. Természetesen be kell látnunk, hogy a fiziológiai törvényszerűségek akkor lennének jók és minden tekintetben kifogástalanok, ha ezeket éppúgy kifejezhetnénk, amint pl. a kémiában vagy a thermodynamikában az egyes reakciók kvantitatív lefolyását mennyiségtani egyenletekkel juttatjuk kifejezésre. Az élettani kutatás mai stádiumában azonban mindenki, aki az életjelenségek matematikai formulázásával, kifejezésével foglalkozik, csakhamar rá fog jönni arra, hogy olyan értelemben és olyan célzattal, ahogy a kémiai, fizikai, vagy fiziko-kémiai reakciókat exakt mennyiségtani alapon ki tudjuk fejezni, az életjelenségek körülírása és kifejezése nagy nehézségekbe ütközik. A nehézségek első sorban abban lelik magyarázatukat, hogy úgy a szabadtermészetben, amikor az egyes élettani megfigyeléseket végezzük, mint pedig a laboratóriumokban, ahol az élettani kutatások induktív részét folytatjuk, nem tudjuk mindazokat a tényezőket mennyiségileg kifejezni és érzékelni, amelyek valamilyen életjelenség lefolyását döntően szabályozzák. Amellett még az ismert tényezők is kölcsönösen befolyásolják egymást, úgyhogy végeredményben az életjelenségek lefolyása nemcsak az őket közvetlenül befolyásoló tényezők eredője alapján jelentkezik, hanem ezenfelül bennük még az ezen tényezők kölcsönhatásaképpen létrejövő komplex jelenségek szintén kifejezésre jutnak. Éppen ez az oka annak, hogy valamely életjelenségről mennyiségtani alapon ma még nem tudjuk előre megmondani annak kvantitatív lefolyását a tényezők ismerete alapján. Vagyis nem

tudjuk soha egy fiziológiai folyamat lefolyását mennyiségtani alapon előre determinálni. Ehhez, eltekintve attól, hogy az egyes tényezőket és ezeknek fontos kölcsönhatását ma még teljesen alig ismerjük, olyan komplikált mennyiségtani egyenletek, képletek, eljárások lennének szükségesek, hogy az ilyen jelenségeknek pontos kifejezése, egyelőre legalább, lehetetlennek mondható.

Egész más a helyzet azonban, ha valamilyen életjelenség-sorozatot, vagy a természetben már lejátszódott jelenségeket akarunk empirikus alapon, egymással való összefüggésükben bizonyos mennyiségtani formában kifejezni. Ezek az összefüggések természetesen csak egy, a természetben, vagy a laboratóriumban megfigyelt jelenségsorozatra empirikus, tapasztalati alapon vonatkoznak és az ilyen mennyiségtani összefüggéseknek alapján nem lehet abszolút mennyiségtani értelemben következtetni valamilyen fiziológiai reakciónak, vagy reakcióknak a más körülmények között való jövőbeni lefolyására. Sőt, ha mi igyekszünk is lehetőség szerint másodszor ugyanazokat a körülményeket beállítani, még akkor sem tudunk előre ilyen reakciósorozatnak, vagy életjelenségnek kvantitatív lefolyására úgy következtetni, ahogy azt pl. a fizikában, vagy kémiában megcselekedhetjük, miután mindig számolnunk kell olyan tényezőknek fellépésével, amelyeket megismerni, számokban kifejezni egyelőre még nem tudunk és amelyek az illető mennyiségtani összefüggéseknek kvantitatív úton előre való alkalmazását lehetetlenné teszik. Éppen ezért, ha a következőkben mégis megkísérlem az általam elért kutatási eredményeknek mennyiségtani kifejezését, úgy hangsúlyozni kívánom az elért összefüggéseknek és kifejezéseknek szigorúan vett empirikus voltát és általános tájékoztató jellegét. Nincs ezeknek egyéb céljuk, mint az, hogy nagy vonásokban ki tudjuk mutatni, hogy tényleg vannak bizonyos mennyiségtani exakt összefüggések az általunk megvizsgált és kikísérletezett jelenségcsoportok között.

Sorrendben a legelső, amit ilyen értelemben megvizsgáltam, a talajbaktériumok mennyiségbeli változásainak az évszakok szerint való kialakulása. A következő 10. számú ábrán bemutatatom 3 kísérleti terület átlagai alapján a talajbaktériumok időszaki változásait és közlöm egyúttal az ezen időszaki válto-



10. kép. A talajbaktériumok növekedési görbéje 1929., 1930. és 1931. években, három kísérleti terület átlagadatai alapján.

zásokat kifejező integrálgörbét is. Ezek úgy jöttek létre, amint ezt a növekedés általános mennyiségbeli kifejezésénél megcselekedjük, hogy az egyes időszakokban elért baktériumszámokat fokozatosan egymáshoz adjuk. A kép világosan mutatja, hogy eltekintve az egyébként egymástól eltérő baktériummennyiségektől, amelyek az egyes években előfordultak és a meglehetősen változó talajnedvességgel és hőmérséklettel vannak összefüggésben, a talajbaktériumok időszaki változását az úgynevezett **Robertson-féle** egyenlettel egészen jól ki tudjuk fejezni. Ezt a Robertson-féle egyenletet, amelyet általában valamely élő szervezet, vagy az élő szervezet egy részének növekedése kifejezésére használják, igen jól lehet alkalmazni a talajbaktériumok életjelenségeire is, miután az élő szervezetek, vagy azok egy részének növekedése egy bizonyos időszakon belül kezdetben gyenge, majd erősebbé válik és a végén megint legyengülő növekedési erélyt mutat, ami teljesen hasonló a baktériumok növekedéséhez, amely kezdetben, a téli hónapokban gyenge, a nyári hónapokban erősebb és az őszi és a téli hónapokban megint gyengülő kifejlődésű.

Miután ezeket a tényezőket, amelyek a növekedésnek ilyenképpen való lefolyását befolyásolják és akadályozzák, tulaj-

donképpen teljes egészükben nem ismerjük, de legalább is bizonyos határok között állandóknak kell vennünk, úgy a talajbaktériumok időszaki változásainál is az ezen változásokat előidéző hőmérsékleti változásokat állandóknak tekinthetjük és így a két folyamatot azonosnak vehetjük. Meg kell azonban jegyeznem, hogy ez a Robertson-féle egyenlet nemcsak az egyes szervezetek, vagy azok részeinek növekedésére érvényes, hanem a mesterséges kultúrákban kitenyésztett baktériumok, gombák és más egysejtű élőlények növekedését, ugyanazon tápanyagmennyiség mellett, szintén ezzel az egyenlettel lehet kifejezni.

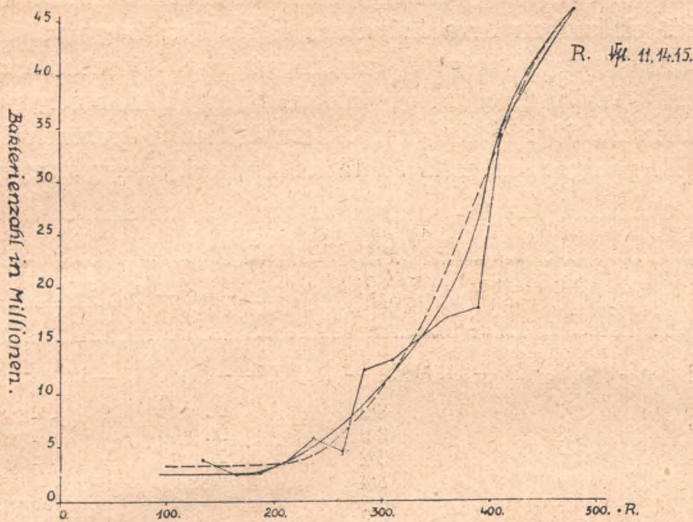
Az egyenletet a következőképpen írjuk:

$$\log \frac{u}{A-y} = k(x-x_1)$$

Ebben az egyenletben x a teljes kísérleti időt jelenti, míg x_1 azt az időszakot mutatja, amely alatt a kísérlet félig be lett fejezve, y viszont azt a mennyiséget, terméseredményt, vagy növekedési kvantumot adja, amelyet valamilyen élő szervezet, vagy élő szervezetek összessége a reakció ideje alatt elért. A és k konstans értékek. A egyébként az összes kísérleteknél a tenyésztési időszak végén elért mennyiséget %-okban fejezi ki és ezt 100 %-al jelöltük, úgyhogy maga y %-okban kifejezve mindig A -nak egy bizonyos részét képezi.

A közölt képlettel most már felhordtuk y -nak az értékét, még pedig oly módon, hogy az ezen értékek felhordásához a k állandókat háromféle módon képeztük. Kiszámítottuk először a k értékeket a hozzájuk tartozó x és y alapján, azonfelül az egyes k értékek alapján kiszámítottuk ezen értékek átlagát és ezzel is felhordtuk y értékeit, végül kiszámítottuk a tényleges értékeknek megfelelő y -görbe középpontján fekvő k értéket ($y=50\%$) és ezzel is felhordtuk y értékeit.

Nagyon természetes, hogy a jelen esetben, amikor szabadföldi megfigyelésekkel dolgoztunk, teljesen lehetetlen volt minden tekintetben kielégítő és egymással hajszálnyira egyező y értékeket nyerni és felhordani. Azonban a görbék vizsgálata azt mutatja, hogy a tényleges k értékek alapján szerkesztett y görbétől a görbe kezdetén negatív, a végén pedig pozitív



11. kép. A baktériumszám és az R -tényező közötti összefüggés három kísérleti terület átlagadatai alapján, 1929., 1930. és 1931. években.
 — befektetett görbe, ----- számított görbe.

értékben térnek el, úgyhogy a kilengés pozitív és negatív volta a görbének nagyvonásokban való helyes lefolyását igazolja.

A következőkben most már megkíséreltük az R faktor és az ennek megfelelő baktériumszámok között való összefüggést szintén kvantitatív matematikai úton kifejezni. Amint a 11. számú ábra mutatja, az x tengely mentén az R értékeit és ennek megfelelően három kísérleti területen eszközölt mérések alapján az egyes R értékeknek megfelelő baktériumszámokat felhordtuk és lerajzoltuk az ezt kiegyenlítő görbét, amelynek lefolyását többféle módon kíséreltük meg kifejezésre juttatni. Meg kell még jegyeznem, hogy az R faktor képzésénél akkor, amikor a talaj víztartalmát %-okban kifejezve, a talaj hőmérsékletével szoroztuk, hogy a 0° alatti hőmérsékletet is tekintetbe vehessük, általában minden egyes hőmérsékleti fokot $+10$ egységgel nagyobbítottuk.

Már az empirikus görbe lefektetésénél, majd az itt eszközölt számításoknál láttuk, hogy a Robertson-féle képlettel nagyon nehezen menne a görbe lefutásának a helyes kifejezése.

Tekintettel arra, hogy mi úgy ennél az esetben, mint a későbbiekben elsősorban arra helyeztük a fősúlyt, hogy valamilyen formában a mennyiségbeli összefüggéseket kimutathassuk, a görbének lefutását olyan egyenlettel fejeztük ki, amely minden erőltetés nélkül a görbe eredeti lefutásához a legközelebb fekszik. Ez pedig, mint az 1. sz. táblázat mutatja, egy negyedfokú

1. sz. táblázat

X	y' befektetett empirikus görbe	Számított görbe y	$\Delta y = y - y'$ o/o	$\frac{100 \Delta y}{y'} = \Delta y$ o/o
$y = -0.0103 X^4 + 11.608 X^3 - 4109 X^2 + 586.880 X - 26,168.000$				
135	2.7	3.3	+0.6	+22.2
166	2.7	3.3	+0.5	+18.5
188	3.0	3.2	+0.2	+6.6
213	3.4	3.4	0	0
239	5.0	4.2	-0.8	-16.0
265	7.2	6.0	-1.2	-16.7
287	9.3	8.3	-1.0	-10.7
312	12.2	11.9	-0.3	-2.5
363	18.8	21.8	+3.0	+16.7
394	26.0	28.9	+2.0	+11.2
417	35.1	34.3	-0.8	-2.3
483	46.4	46.1	-0.3	-0.6

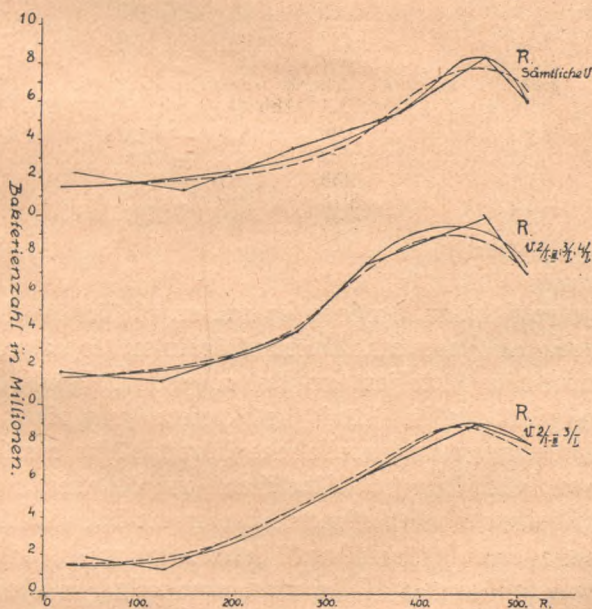
y = milliókban

parabola. Természetesen itt sem lehet exakt értelemben vett azonosságról beszélni, ha az empirikus görbét a parabolával kiszámított görbével összehasonlítjuk. Egyet azonban ez a görbe és a hozzátartozó egyenlet világosan beigazol, nevezetesen azt, hogy az R faktor, tehát a talaj hőmérsékletének és víztartalmának korrelatív mennyiségi kifejezése és az ennek kapcsán kifejlődő baktériumszámok között határozott irányú mennyiségbeli összefüggés van, amelyet megközelítőleg is valamilyen formában ki lehet fejezni.

Ezzel a talált összefüggések nagyvonásokban most már törvényszerűséggé váltak. Ez a most lefektetett görbe azt is mutatja, hogy a kulminációs pont a görbe ezen lefutásával elérve nem lett. Ez azt jelenti, hogy a szabad természetben, a kísérleti területeken mért talajhőmérséklet mellett a baktériumszám, illetőleg a baktériumok számának kifejlődése a maximális érté-

két még nem érte el. Ez az eredmény tökéletesen fedi azt a megállapításunkat, amelynek értelmében a talajbaktériumok maximális optimális növekedésüket 25—35 fok hőmérséklet mellett érik el, amely hőmérséklet a mi erdeink talajában rendszerint alig, vagy egyáltalában nem jelentkezik.

A következőkben most már logikus követelmény volt, hogy összehasonlítsuk az R értékek változása és az ezeknek megfelelő baktériumszám kifejlődése között levő viszonyt a laboratóriumi kísérleteink alapján is. Mindjárt meg kell jegyeznem, hogy laboratóriumi kísérleteinkben általában ugyanazon R értékek mellett kevesebb baktériumszámot kaptunk, mert a kísérletek folyamán a humusztartalom erősen elhasználódott, úgy-hogy különösen az egy éves kísérletek végén már nagyon kis baktériumszámmal volt dolgunk. Éppen ezért ebből a szempontból nem lehet a szabadtermészetben eszközölt megfigyeléseket, ahol a talaj humusztartalma a feldolgozatlan, nyers lombtakaróban állandó tartalékkal rendelkezik, ezekkel a kísérleti ered-



12. kép. A baktériumszám és az R-tényező közötti összefüggés a végzett Jelmagyarázat: Sämtliche V. = összes kísérletek. V = kísérletek.
 — befektetett görbe, - - - számított görbe.
 kísérletek alapján.

ményekkel összehasonlítani, csak az általános lefolyás és az általános mennyiségbeli összefüggések azok, amelyek az összehasonlítást megengedik.

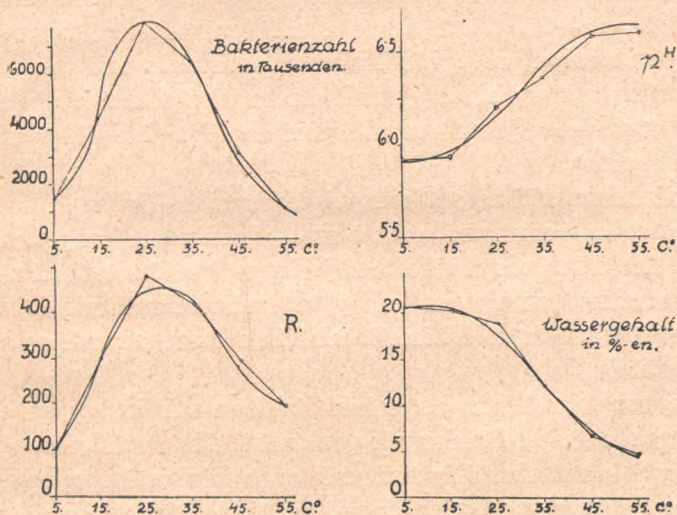
2. sz. táblázat

\bar{X}_i	X	y empirikus	y' számított	$\Delta y = y - y'$	$\Delta y \% \frac{\Delta y \cdot 100}{y'}$
R az összes kísérletek alapján					
$y = -0.0028352 X^4 + 3.08144 X^3 - 1108.012 X^2 + 163732.8 X - 6242000$					
1	100	1.75	1.75	0	0
2	200	2.30	2.19	+ 0.11	+ 4.7
3	300	3.50	3.23	+ 0.22	+ 6.3
4	400	6.20	6.49	- 0.29	- 4.7
5	450	8.00	7.50	+ 0.50	+ 6.3
6	500	6.80	6.50	+ 0.30	+ 4.4
R a 2/I—III, 3/I, 4/I. sz. kísérletek alapján					
$y = -0.0018417 X^4 + 1.65295 X^3 - 436.346 X^2 + 50322.5 X - 378380$					
1	100	1.75	1.75	0	0
2	200	2.30	2.50	- 0.20	- 8.7
3	300	5.15	5.15	0	0
4	400	9.10	8.56	+ 0.44	+ 4.9
5	450	9.20	8.75	+ 0.45	+ 10.7
6	500	7.80	7.20	+ 0.60	+ 7.7
R a 2/I—III. és a 3/I. sz. kísérletek alapján					
$y = -0.00102 X^4 + 0.85 X^3 - 180 X^2 + 24800 X - 352000$					
1	100	1.50	1.68	- 0.18	- 12.0
2	200	2.60	2.88	- 0.28	- 10.7
3	300	5.20	5.38	- 0.18	- 3.5
4	400	8.00	8.16	- 0.16	- 2.0
5	500	8.40	7.75	+ 0.64	+ 8.2
y = milliókban.					

A következő 12. sz. ábrában és a 2. sz. táblázatokban közöljük most már az idevonatkozó számításainkat és azoknak grafikus ábrázolását. A teljes vonallal meghúzott görbe itt is a valóságban talált adatok közé befektetett empirikus görbét jelenti, míg a szaggatott vonallal meghúzott görbe a számítások alapján nyert görbét adja. Általában mindenképp kimondhatjuk azt, hogy a szabadtermészetben nyert kvantitatív összefüggések és a hasonló természetű laboratóriumi kísérletek között megvan az összefüggés, mert hiszen mind a két baktériumszám változását jelző görbe lefolyását egy negyedfokú parabolával fejezzük ki. A táblázat mutatja, hogy tekintetbe véve az ilyen empirikus kísérleteknél mindig következetesen jelentkező

hibaforrásokat, a számított és a valóságban talált görbék között kitűnően szembetűnő hasonlóság áll fenn. A szabadföldön történt megfigyeléseknek és a laboratóriumi kísérleteknek ezen összehasonlítása most már világosan mutatja azt, hogy helyes úton jártunk akkor, amikor a talajhőmérsékletnek és a víztartalomnak korrelatív hatását egy közös faktorról igyekeztünk empirikus úton kifejezni és másodszor beigazolták a laboratóriumi kísérletek azt is, hogy a szabadtermészetben eszközölt megfigyeléseink helyesek és az ebből levont következtetések nagy vonásukban kivétel nélkül megállják a helyüket.

Ez után a megállapítás után most már néhány szóval még egyes kiegészítő jelenségekkel is óhajtottunk foglalkozni és különösen szeretném bemutatni a 2. számú kísérlet eredményei alapján, hogy vajjon a különböző hőmérsékleti kísérleteknél eszközölt megfigyelések hogyan fejezhetők ki kvantitatív értelemben. Itt meg kell jegyeznem, hogy azért választottuk azt a kísérleti technikát, amely a talaj nedvességtartalmának bizonyos változását megengedte, hogy ezzel a talaj hőmérsékle-



13. kép. A talaj baktériumszámának, az R-tényezőnek, a pH-értékeknek és a talaj víztartalmának változásai a 2. sz. kísérlet alapján.

----- befektetett görbe, ----- számított görbe.

Baktériumszám görbéje: $y = +15.85 x^4 - 1711 x^3 + 48.855 x^2 - 141.295 x + 1,239.100$

R-görbe: $y = 0.00029 x^4 - 0.0245 x^3 + 0.0328 x^2 + 32.41 x - 55.37$

pH-görbe: $y = 0.0000183 x^3 + 0.0016475 x^2 - 0.0236 x + 6.01$

víztartalom-görbe: $y = 0.000316 x^3 - 0.03263 x^2 + 0.5773 x + 18.49$

tének és a talaj víztartalmának korrelatív hatását jobban megfigyelhessük és később hatékonyabban kifejezésre juttathassuk. A 13. sz. ábra megmutatja a különböző hőmérsékleteken az R-nek és a baktériumszámnak változását, azután a hőmérsékletnek hatását a pH, tehát a talajsavanyúságnak és a víztartalomnak a változására.

Mindenekelőtt rá kell mutatnom arra, hogy ezen kísérlet eredménye alapján is feltűnő kongruenciát és összefüggést találunk a baktériumszám és az R különböző értékeit kifejező görbe lefutása között. Mind a kettő egy negyedfokú parabola szerint halad. Egyike a legérdekesebb eredményeinknek a pH görbék lefutása, amely mindazokat a szabadtermészetben nyert eredményeinket és az azokból levont következtetéseinket, amelyek a korábbi értékezéseimben kifejezésre jutottak, megerősíti. Látniuk ugyanis ebből, hogy az emelkedő hőmérsékletek mellett a félig feldolgozott C-tartalmú savanyú természetű humuszanyagok korhadásával és fokozatos feldolgozásával az eredetileg savanyú talajértékek lépésről-lépésre közömbösekké válnak, úgyhogy a 45—55 C°-nál, ahol a cellulosebontás a legnagyobb intenzitását éri el, a legközömbösebb értékeket találjuk. Rendkívül érdekes, hogy a talajpróbák savanyúságának és víztartalmának görbéje teljesen hasonló matematikai összefüggés szerint változik.

Ezekkel az utóbbi eredményekkel akartam önöknek, mélyen tisztelt uraim, bemutatni azokat az — ismételten hangsúlyozom — egyelőre általános tájékoztató jelleggel bíró kvantitatív megállapításainkat, amelyeket eddig a szabadtermészetben nyert megfigyeléseink és a kísérleti adataink összehasonlítása alapján nyertünk.

Nagyon természetesen, mint általában minden olyan elméleti irányú kísérletnél, amely a gyakorlati élettel többé-kevésbé összefügg, önkéntelenül is felmerül az a kérdés, hogy vajjon a nyert eredményeket hogyan és milyen módon lehet a gyakorlati gazdasági termelés szempontjából hasznosítani és vannak-e már közöttük olyanok, amelyek az erdőgazdálkodás szempontjából a használható eredmények közé tartoznak. A magam részéről ezen a téren éppen arra a rendkívül sok kudarcra való tekintettel, amely a gyakorlati erdőgazdaságot elméleti eredményeknek, vagy

kellően meg nem alapozott spekulatív teóriáknak minden meg-gondolás nélkül a gyakorlati életbe való átvitelénél érték, a legnagyobb óvatosságot tanusítom. Amilyen fontosnak tartom azt a körülményt, hogy az állomány életét, annak a talajában lefolyó különböző fizikai, kémiai és biológiai reakcióival való kapcsolatot minden vonatkozásában pontosan megismerjük és a gyakorlati erdőgazdasági rendszabályaink végrehajtásánál megfelelően alkalmazzuk, sőt, mélyen tisztelt uraim, ezeknek ismerete nélkül racionális és helyesen a többtermelésre irányított erdőgazdaságot el sem tudok képzelni, — annyira óva intenem kell mindenkit attól, hogy be nem igazolt elméleteket, teóriákat túlkorán a gyakorlatba átvigyenek és akár a tekintély, akár a kérdés elméleti, burkolt vonatkozásainak a kidomborításával tudva-akarva, vagy nem akarva, a gyakorlati szakembereket félrevezessék és végeredményben a hibás intézkedések és a csalódások bekövetkezésekor az elméleti kutatás hitelét megrendítsék.

Ezek a vizsgálatok, amint azt már annyiszor kifejtettem, nehezek és körülményesek. Ezeknek a folyamán úgyszólván állandóan kölcsönös, komplex hatásokkal állunk szemben. Éppen ezért lelkiismeretes elvégzésük rendszerint hosszabb időt igényel és keresztülvitelüknél nagyon sok olyan elméleti, még pedig tisztán elméleti jelentőségű problémát kell tisztázni, amelynek tisztázása kimutathatólag nem áll közvetlen kapcsolatban a gyakorlati irányú erdőgazdaság irányításával és az annak kezelésével járó igényekkel.

A magam részéről azonban most már nyugodt lelkiismerettel és teljes joggal rá kell mutatnom arra, hogy ezek a vizsgálatok mindenekelőtt beigazolták azt a rendkívül nagyfontosságú tényt, miszerint azzal az elmélettel és felfogással, amely a talajt általában holt tömegnek tekintette és tisztán kémiai és fizikai módszerekkel kívánta annak a jelenségeit felkutatni — a jövőben gyökeresen szakítanunk kell. A talajt élő szervezetnek, még pedig meglehetősen komplikált összetételű és bonyolult életfolyamatokat végző, rendkívül érzékeny szervezetnek kell tekintenünk, amelynek összetétele és felépítése csak bizonyos tág határok között tekinthető állandónak, egyébként pedig elsősorban a klímabehatások következtében állandó ingadozásnak van kitéve. Számolnunk kell tehát azzal, hogy a klímának és általa-

ban a termőhelynek, így nevezetesen a csapadéknak, a hőmérsékletnek, talajaink táplálóanyagban való gazdagságának vagy szegénységének egy bizonyos adottsága van, amelyen belül, ha a mesterséges trágyázástól, vagy talajműveléstől eltekintünk, az erdőgazdaság mai keretén belül alig van módunk arra, hogy jelentékenyebb változásokat eszközölhessünk. Azonban ha tisztába jövünk a talaj életének azon jelenségeivel, amelyeket éppen ezek a vizsgálatok legalább nagy vonásokban már fel is derítettek, úgy meglesz a módunk és lehetőségünk arra, hogy a klíma és általában a termőhelyi viszonyoknak egy bizonyos adottsága mellett a termelést, az erdőgazdasági műveleteinket úgy irányítsuk, hogy az ismert tényezők legjobb és legökölógikusabb kihasználásával a lehető legjobb gazdasági eredményeket érjük el. Az erdőgazdaságban általában számolnunk kell elsősorban azzal, hogy a talaj termőerejét mindig a maga eredeti állapotában tartsuk meg.

Ismételten rámutattam már arra, hogy hibás felfogás az, amely szerint az erdő mint olyan, abszolút értelemben, különösen az ásványi anyaggazdálkodás tekintetében, ha a levegőből történő szabad nitrogénkötéstől eltekintünk, — a talajnak akár a foszfor, akár a káliumtartalmát gazdagítani tudná. Ez állandó fogyásnak és elhasználásnak van kitéve. A gyakorlati erdőgazdaságnak, mélyen tisztelt Uraim elsősorban inkább az a feladata, hogy elhárítson az erdő életéből minden olyan felesleges használatot, így az alomnak, a fiatal ágaknak kihordását, ami gazdasági előnyt nem jelent, de az ezen anyagnak a korhadástól való elvonása következtében végeredményben a talajt természetes tartalékjától megfosztja.

A másik célja az öntudatos és rentábilis erdőgazdaságnak az kell, hogy legyen, hogy a gyakorlati művelés a természetes, vagy mesterséges felújítás megválasztását, ennek a gyakorlatban való keresztülvitelét, azután a gyérítéseket, áterdöléseket, a fiatal állomány felszabadítását úgy vezesse, hogy az mindenben alkalmazkodjon a termőhely, illetőleg a talajban lefolyó fizikai-kémiai változásokhoz és reakciókhoz. Különösen fontosnak tartom azt a körülményt, hogy éppen az erdő tömegnövekedése szempontjából, amit tudvalevőleg az asszimilációra vezethetünk vissza, a gyakorlati erdőgazdának megvan az a lehetősége, hogy

a talajban lefolyó korhadási folyamatokat úgy szabályozza, hogy ez az erdő levegőjének szénsavtartalmát optimális körülmények között tartsa. Idevonatkozólag nem térek ki itt a részletekre, csak utalok azokra a kutatási eredményekre, amelyeket a vezetésem alatt álló intézetben én és munkatársaim az elmúlt években végeztünk.

Különösen a természetes és mesterséges felújításnál van meg a lehetősége annak, hogy a fény, a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának a gyérítések tudatos és helyes keresztülvitelével, vagy szabályozásával hatékonyan és a termelés előnyére, beavatkozassunk az erdő életébe. Ugyanígy állunk a talaj savanyúságának a kialakulásával is, amelyről ma már tudjuk, hogy szintén változó tényező és éppen az intézetemben végzett kutatások mutatták meg, hogy kitartó és szorgos megfigyelésekre van szükség, hogy róla helyes képet kapjunk. Az világos, hogy egy északon fekvő humid erdőterület talaját nem fogjuk tudni olyan közömbössé átalakítani, mint egy közép-európai erdőterületnek a már amúgy is a közömbös felé hajló sajátosságait, de amint már ismételten említettem, az adott klimatikus viszonyok mellett mégis minden lehetőségünk megvan arra, hogy az erdő életébe tudatosan beavatkozassunk és itt a talaj savanyúságát is bizonyos fokig szabályozni tudjuk.

Ezen a téren kutatásaink szintén pozitív eredménnyel zárultak. Hasonlóképpen rá kell mutatnom arra, hogy az erdőtalaj nitrogén anyagcseréje szempontjából is most már tudjuk éppen az intézetemben végzett kutatások révén, hogy a nitrifikáció és a denitrifikáció egymással milyen kölcsönhatásban működnek és a különböző termőhelyi tényezők hogyan szabályozzák ezt. Minthogy pedig a termőhelyi tényezőkre a gyakorlati erdőművelési szabályaink keresztülvitelénél szintén befolyást tudunk gyakorolni, úgy világos, hogy közvetve az erdőtalaj nitrogénanyagcseréjének irányítását is már a kezünkbe tudjuk venni. Az erdő talaját állandóan figyelniünk kell. A gyérítéseket úgy kell alkalmazni, — ha egyébként a gazdaságosság viszonyai ezt megengedik, — hogy az erdő talaját olyan optimális állapotban tartsuk, amely mellett a víztartalom az ott lefolyó korhadási és bomlási folyamatokra a legjobb hatást gyakorolja és ennek eredménye-

képen a nitrifikációt illetően elősegíti, másrészt pedig a korhadási folyamatok is éppen a fény- és hőviszonyoknak a gyérítés szabályozásával való különböző erősödésével úgy fognak alakulni, hogy azok lehetőleg kevés savanyú féltermékeket produkáljanak és inkább a jóindulatú közömbös bomlási termékeket hozzák létre.

Befejezésül még arra is rá kell mutatnom, hogy amint azt önök, mélyen tisztelt Uraim, bizonyára a nemzetközi irodalomban már közölt értekezéseimből tudják, éppen ezen időszaki vizsgálataink segítségével a tarvágás és a mesterséges felújítás problémájába is mély, az eddiginél sokkal intenzívebb betekintést nyertünk.

Nemcsak a külső, szabadtéri megfigyelésekkel, hanem belső, laboratóriumi kísérletekkel is beigazoltuk azt, hogy az a tévhit, hogy a nap közvetlen besugárzása a talajok mikroflórájára oly kártékony hatást gyakorolna, amely miatt a tarvágást ab ovo káros és veszélyes beavatkozásnak kell minősíteni, nem áll fenn. Ez a tévhit arra vezethető vissza, hogy az elméleti bakteriológiának egy-két általános alapelvét az erdőgazdasági viszonyokra, főleg az erdőtalaj életére is alkalmazták anélkül, hogy annak helyességéről és igazságáról meggyőződtek volna. Korántsem szándékom az, mélyen tisztelt Uraim, hogy talán a tarvágás mellett lándzsát törjek, ellenkezőleg, éppen utalnom kell itt *Wittich* hasonlóirányú kiváló vizsgálataira, amelyek nagy vonásokban a mi vizsgálataink eredményeit igazolták és ezeknek az alapján főleg arra kívánom az önök figyelmét felhívni, hogy véleményem szerint az erdőművelési szabályok fogantatásánál uniformizálásnak, egyesítésnek nincsen helye. Először meg kell ismerkedni a termőhelyi adottságokkal, fafajainknak tápanyag-, fény- és vízigényével, tisztába kell jönnünk azzal, hogy milyen mértékben állanak ezek az adott termőhelyen a rendelkezésünkre, tekintetbe kell vennünk ezeknek az alapján a fiatal csemeték fejlődési lehetőségét, a gyomosodásra való tekintettel figyelmet kell fordítani a talaj humuszcétegében felhalmozott tartaléktápanyagok helyes korhadására és mindezeknek figyelembevételével, ha tekintetbe vesszük, ami elvégre az erdőgazdaságnál, mint haszonra berendezett üzemnél döntő fontosságú, a fák értékesítési viszonyait is és főleg az egyes gazdaságokkal

szemben támasztott pénzügyi igényeket és a gazdálkodás rentabilitását, csak akkor szabad dönteni a mesterséges és természetes felújítás kérdésében.

Az erdőgazdának éppúgy, mint a mezőgazdának, meg kell ismerkednie végre azokkal a tápanyag készletekkel, amelyeket a termőhely raktároz és magában rejt. Itt, mélyen tisztelt Uraim, határozottan azon véleményemnek kell kifejezést adnom, hogy a termőhelyi osztályoknak az eddigi primitív meghatározása ma már a modern haladó kor igényeit nem elégíti ki. Közismert dolog, hogy már hosszú évtizedek óta az erdőrendezés keretén belül a termőhelyi osztályokat valamilyen fafajnak az évenkénti növekedése szerint határozzuk meg. Ez alapján véve helytelen eljárás. Helytelen pedig azért, mert a különböző fafajoknak a termőhelyben felraktározott hő, fény, de főleg ásványi anyagtartalommal szemben más és más, mégpedig egymástól nagyon különböző és divergáló igényei vannak. Könnyen lehetséges tehát, hogy az a termőhely, amely pl. a lúcfenyő növekedésével a II—III. termőhelyi osztályra fog reagálni, a bükknek talán I. termőhelyi osztályt ad.

Bár tisztában vagyok azzal, hogy ez ma még nehéz feladatnak számít, mégis meg kell lassan kezdenünk az erdőgazdaság belterjesebbé tételével, főleg a talajok ásványi anyagkészletének, vízgazdálkodásának stb. és az egyes fafajoknak ezen faktorokkal szemben tanúsított viselkedésének a vizsgálatát. Tekintetbe kell vennünk a talajokban lefolyó életjelenségeket és ezeket kell összhangba hoznunk az egyes fák által támasztott igényekkel. Ezen a téren kétségtől a talajjellemző növényzetnek is bizonyos fontosságot kell tulajdonítanunk. Mindenesetre azonban ki kell jelentenem, amint ezt egyébként 1926-ban a Cjander-féle erdőtípusok vizsgálatánál is kijelentettem, hogy az erdőtípusok felállításával és a talajjellemző növényzet még oly lelkiismeretes analizisével sem tudnám ezeket az eljárásokat teljesen kielégítőnek tekinteni. Nagyon sok olyan növényünk van, amelyek a lehető legkülönbözőbb talajokon előfordulnak és éppen a talaj-jellemző növények gyökereik váltakozó hosszúsága következtében ezek vajmi ritkán adnak pontos felvilágosítást azoknak a mélyebb talajrétegeknek ásványi anyag tartalmáról, ahonnan az erdő tápláló anyagait felveszi.

Korántsem akarom ezzel azt mondani, hogy a talajjellemző növényeknek ismerete felesleges volna. Ellenkezőleg, igen hasznos, sőt tájékoztató útmutatást nyújtanak addig, amíg a pontos analizisek nem állanak rendelkezésünkre. Végleges, exakt megoldásnak azonban ezeket nem tekinthetjük és a magam részéről határozottan és joggal kell kifejezést adnom azon véleményemnek, hogy a termőhely megismerésére irányuló út a fizikai-kémiai vizsgálatok nehéz, néha bizony kissé akadályokkal tele-rakott, de egyedül eredményes és biztos útján vezet.

Ezzel a magam részéről előadásomat befejeztem. Nagyon szépen köszönöm, önöknek, mélyen tisztelt Uraim, azt a szíves figyelmet és türelmet, amellyel fejtegetéseimet végighallgatni szívesek voltak. A magam részéről meg vagyok győződve arról, hogy az a nemzetközi együttműködés, amelynek a megindításánál különösen a német, de azután a svéd és a finn, majd a francia és olasz erdőgazdaság részéről oly nagymértékben volt részem, alaposan hozzá fognak járulni ahhoz, hogy az erdőgazdaság alapproblémáit az eddiginél szélesebb alapokon, magasabb nézőpontokból vizsgálhassuk és lassan közeledünk ahhoz az ideális állapothoz, ahol az erdőgazdálkodás mindennapos intézkedéseit a gyakorlati szakembereink is az erdő életének és a talajnak alapos ismeretével fogják irányítani.

