

Az organikus anyag képződéséről, annak kapcsolata a talaj anorganikus alkotórészeivel, továbbá összefüggése az éghajlattal

Írta: Vági István.

(Folytatás.)

Nézzük meg már most részletesen a *telített (enyhe)*, németül *mull* humusz és a *telítetlen* vagy *savanyú humusz* képződési körülményeit és a kettőnek hatásáról a talajnemek kialakulására.

Az *enyhe (telített mull* humusz)*. A telített humusz képződése elsősorban függ az éghajlati tényezőktől és pedig a hőmérséklettől, a csapadéktól, a párolgástól, a közet kémiai összetételétől és a növényzettől. Általában az mondható, hogy az enyhe humusz a semi arid és semi humid területek jellegzetes humusz kialakulása, de képződhet humid, de perhumid területeken is, amelyeken klimatikusan az enyhe humusz nem képződhet, kivéve azt az esetet, ha a talajban nagyobb mennyiségű Ca Co_3 és Mg Co_3 van. Így képződik az enyhe humusz a legjellegzetesebb módon az orosz *tschernesem* steppében, a semi humid és a gesztenyebarna steppében semi arid éghajlat alatt, azután a humid éghajlat alatt a *braunerde* talajokon és végül humid és perhumid éghajlat alatt a rendzina talajban, mikor a nagymennyiségű CaCO_3 okozza az enyhe humusz kialakulását. Hogy az enyhe humusz, amely a tschernosemben alakul ki, teljesen azonos-e kémiai struktúra szempontjából azzal az enyhe humusszal, amely a braunerden (barna erdei talajon) vagy a rendzinán alakul ki, azt még nem tudjuk, mert e téren hiányzanak még vizsgálá-

* Mull humusz alatt a régebbi szerzők csak azt a humuszt értik, amely a földben élő állatok ürülékéből áll.

tok. Ha azonban figyelembe vesszük, hogy a semi arid és semi humid éghajlat alatt kialakult enyhe tschernosem humusz korhadása csak a tavaszi két hónapban és őszi körülbelül két hónapig tart, míg a többi hónapokban részben az igen alacsony hőmérséklet folytán, részben a nyári meleg és szárazság folytán majdnem teljesen szünetel, míg a nyugat és közép-európai braunerden és rendzinán a korhadás a téli 2—3 hónapot kivéve, az egész esztendőn át igen intenzív, akkor igen valószínűnek látszik, hogy a kémiai struktúra szempontjából az orosz tschernosemben más humusz képződik, amelynek azonban a rendzinán és braunerden képződött humusszal együtt közös a tulajdonsága, hogy nem savanyú és Ca és Mg ionokkal többé-kevésbé telítve van. Az enyhe és telített humuszt, még bázisos humusznak is nevezik, ami szerintem nem helyes, mert pld. a Na és K ionokkal telített humusz szintén bázisos humusz, de egyáltalában nem bír azokkal a tulajdonságokkal, mint a Ca és Mg-al telített enyhe telített humusz.

Hogy az orosz tschernosem steppében az enyhe telített humusz alakul ki, az különböző körülmények összejátszásával magyarázható.

Elsősorban az éghajlat semi humid és semi arid, aminek az végeredménye, hogy a tavaszi és őszi hónapokban a kémiai elválás folytán felszabadult Ca és Mg ionok a nyári hónapokban felkerülnek a legfelső talajrétegbe, ahol a képződő humuszanyagokat telítik. Elősegíti a Ca és Mg ionok jelenlétét a feltalajban a tschernosem steppében élő rengeteg rágcsláló állat, továbbá a sok giliszta, amelyek keresztül-kasul áttúrják a talajt és a humuszt a felső talajrétegekből leviszik az alsó, mészben gazdag talajrétegekbe, míg a meszet az alsó rétegekből felhozzák a felsőbb, kevesebb meszet tartalmazó rétegekbe. Ilyen módon még azokban a csapadékdúsabb hónapokban is, amelyekben kimosás van a felsőbb talajrétegekből és esetleg mész és magneziahiány következhetne be, a humusz mindig elegendő Ca és Mg jelenlétében képződik. Elősegíti továbbá a tschernosem steppében a telített humusz kialakulását maga a steppe növényzete, amely nagyon sok bázisos pufferanyagot tartalmaz, amelyek a növényzet korhadásánál nem engedik, hogy savanyú anyagok képződjé-

nek pld. az esetben, ha valamely területen helyi viszonyokból kifolyólag a víz kimosná a feltalajból a Ca és Mg sókat. Természetesen, miután az orosz tschernosem steppében legfeljebb 3—4 hónapig tart a korhadás, míg a többi hónapokban az vagy teljesen hiányzik, vagy igen gyenge, azért az orosz tschernosem steppében, mint sehol máshol a világon, meg vannak azok az optimális körülmények, amelyek folytán nemcsak enyhe humusz képződik, hanem az hihetetlen mennyiségben meg is marad és felhalmozódik a talajban és pld. az ufai kormányzóságban a talajnak egész 20%-át alkothatja.

A tschernosemban előforduló telített enyhe humusz neutralis reakciójú, vízben alig oldódik, durva diszperziót alkot és morzsás, laza szerkezetű. A talaj szerkezetére a legjobb hatással van, amennyiben ez a humuszfajta az ásványi alkotó részeket körülfogja és azokat a humusz által kisebb-nagyobb morzsákká köti össze. Nehezebb, kötöttebb talajon ez a humusz a talajok kötöttségét gyengíti, miáltal azok könnyebben megművelhetők. Laza, homoktalajon ez a humuszváltozat viszont a kötöttséget emeli, miáltal ezek a talajok jobban kötik a vizet, ami arid éghajlat alatt igen jelentőségű. A tschernosemban a kémiai elmálásnál felszabaduló kovasav, $\text{Al}(\text{OH})_3$ és $\text{Fe}(\text{OH})_3$ miután a telített (enyhe) humusz védő kolloid tulajdonságokkal nem rendelkezik, nem mosódnak ki, hanem egymást kicsapva, agyaggá (sialittá) alakulnak át, amely sialittal a telített humusz teljesen összekeveredik és az ásványi sialitekkal együtt alkotja a talaj abszorbeáló komplexumát, amely tulajdonképpen a bázis kicserélődésének a színhelye a talajban. Ez az abszorbeáló komplexum *Sokolonski* szerint két részből áll és pedig az aktív részből, amely nem stabil egyensúlyban van az adszorbeált Ca és Mg ionokkal, továbbá a passzív részből, amely mésszel nem reagál és az agyag és humusz elválaszthatatlan keverékéből áll. Ez az aktív mésztartalmú rész tulajdonképpen az oka annak a mesés fizikai struktúrának, amely olyan jellemző az orosz tschernosemre.

Az enyhe humusz a talajban és az abszorbeáló komplexumban még fontosabb, mint az anorganikus zeolit komplexum. Tudniillik a talajban az anorganikus zeolit komplexum, még el nem mállott szilikátokból képződik és miután a talaj legfelső rétegei-

ben, a szilikát tartalék elég hamar elfogy, könnyen bekövetkezhet az az eset, különösen kissé humidabb körülmények között, hogy az ásványi zeolit komplexum is szétesik és emiatt a talaj termőképessége csökkenne. A termőképesség csökkenését ez esetben az enyhe humusz akadályozza meg, amennyiben a talaj felületén, minden évben van bizonyos növénytakaró, amelyből folytonosan képződik enyhe humusz és ebből organikus abszorbeáló komplexum, amely így az enyhe humusz folytonos képződése miatt a talajban sokkal hosszabb életű, mint az abszorbeáló komplexum anorganikus része. Különösen kitűnő enyhe humuszképző anyagok, az istállótrágya és így megérthető minden bővebb magyarázat nélkül, az istállótrágya jó hatása a podzolos talajokon, amelyekben igen kevés a humusz zeolit komplexum. Még jobb enyhe humuszképző anyag a mezőségi füves vegetáció, amely pld. az orosz mezőségen teljesen kimerült talajokon már aránylag rövid idő múlva megjavítja a talajt a képződött nagy mennyiségű enyhe humusz segítségével.

Enyhe humusz képződik a mérsékelt éghajlat *braunerde* (barna erdei talaj, degradált tschernosem) területein, amely humusz még az enyhe humuszhoz számítható, habár biztosra vehető, hogy összetétele nem olyan, mint a tschernosem humusz. Ez a humusz már humidabb körülmények között jön létre és bomlása pld. Nyugateurópában, a január és február hónapot kivéve, majd az egész évben igen jelentős és azért nem halmozódhat fel a talajban olyan mértékben, mint az orosz tschernosemen. Kevés tömegénél fogva a talajnak csokoládé szint kölcsönöz.

Enyhe humusz képződik továbbá a perhumid éghajlat alatt, mikor a klimatikus szempontból savanyú telítetlen humusznak kellene képződnie, hogyha a talaj CaCO_3 vagy Mg CO_3 -ban dús. Így halmozódik fel a *rendzinán* a humusz, amely sötét fekete színű és amely a talaj ásványi alkotó részeivel a legegyszerűsebben össze van keverve. Hogy a rendzina humusz, amely perhumid éghajlat alatt is nagyon gyakori, Ca-al telítve van, az biztos, de hogy szerkezete mennyire hasonlít a tschernosem humuszra, arról még hiányoznak a vizsgálatok.

Hatalmas enyhe humuszképződmények fordulnak elő magas

hegységekben, különleges klimatikus viszonyok között. Ezeket *alpesi humusz* név alatt ismerjük.

A *telítetlen (savanyú) humusz*. Ha az organikus anyag korhadása a talajban oly körülmények között megy végbe, hogy a keletkező humuszanyag Ca és Mg ionokkal telítve nem lesz, akkor a talajképződés és talajszelvény különleges kialakulása szempontjából fontos telítetlen vagy savanyú humusz képződik. Ez a humusz a telített enyhe humusszal szemben igen nagy hatású a talaj szelvényére és a telítetlen humusz alatt a savanyúság növekedésével képződik a *szürke erdei talaj*, a *mérsékelt podzolos*; és a *jellegzetes podzolos* talajok.

A telítetlen humusz vízben igen erőteljes kolloidális diszperziót alkot, azonkívül a vízben kisebb mértékben valódi oldatot képez. Hogy a telítetlen humuszsavtulajdonságú, azon *S. Oden, Kappen, Ehrenberg* munkálatai után nem kételkedhetünk.

Egész biztos, hogy a telítetlen humusz COOH gyököket tartalmaz, de hogy a telítetlen humuszban olyan vegyület van-e, amelyben két COOH gyök van, vagy pedig több COOH gyök, esetleg 4, ez még egyáltalán nincs tisztázva. A telítetlen humusz savanyúsága tehát a COOH gyök disszociált hidrogénjétől származik, tehát valódi savakkal állunk szemben, amelyekben a H atom kémiai kötés alakjában fordul elő. Ezért olyan erős a savanyúsága a telítetlen humusznak. Egész bizonyos azonban, hogy a telítetlen humuszanyagok savanyúságának egy része nemcsak a carboxyl gyökökben talál magyarázatot, hanem nagyon valószínű, hogy a humusznak az a része, amely az abszorbeáló talaj komplexumát alkotja, a humid éghajlat alatt elveszíti a Ca és Mg ionokat és ezek helyett H lesz abszorbeálva a humusz által, miáltal az savanyú tulajdonságokat vesz fel. Tehát organikus eredetű utramikronok tisztán abszorpció útján kötik le a H iont, ahogy ez az anorganikus abszorbeáló komplexumban s előfordul, miáltal hidrogén ultra ionok képződnek. Szintén úgy, egész bizonyosra vehető, hogy a telítetlen humusz COOH gyököket tartalmazó részének nemcsak a gyökök folytán különbözik a telített enyhe humusztól, hanem valószínű, hogy carbon váza is egészen más kell, hogy legyen, mint a telített humuszé. És ha mi erősen telítetlen humuszt — mondjuk — CaCo_3 segítségével

neutralizálunk, akkor ugyan ez a humusz elveszti savanyúságát, amennyiben a Ca belép a carboxil gyökök hidrogénje helyett, továbbá kicseréli az organikus abszorbeáló komplexumból az abszorbeált H, azonban az ilyen humusz még távolról sem azonos a tschernosem mésszel telített humuszával.

Tudniillik *Oden* vizsgálataiból kitűnik, hogy a savanyú humusz szerkezetileg is erősen eltér az enyhe humusztól, amelynek carbon-tartalma eléri a 62%-ot, míg a savanyú humuszban ez a százalék 55 körül van, de még ennél is kevesebb lehet.

Az erdei állományban a telítetlen humusz kialakulásánál először az *almod* különböztetjük meg, amely még csak a humifikáció legeslegesítő stádiumában van. Ez alatt van a *nyers humuszréteg*, amely a különleges humifikációs körülmények alatt még olyan szerkezetű, hogy benne a növényi alkotó részek felismerhetők, de még egyáltalában nem tözeges tulajdonságú. A nyers humuszréteg igen savanyú és rajta fekszik az ásványi talaj rétegén. Extrém körülmények között ez a nyers humuszréteg egészen átalakul, amennyiben erősen tömött lesz úgy, hogy a víz alig vagy egyáltalában nem megy rajta keresztül és a növényi maradványok, gomba myceliumokkal egészen átszövődnek. A nyers humusz különleges viszonyok alatt átalakulhat *száraz tözeggé*, amely név helyett *Albert* (Auflagetorf) nevet ajánl. A nyers humuszréteg és a száraz tözeg tartalmazza a telítetlen (savanyú) humuszt, amelyet a csapadék túlnyomórészt kolloid oldat alakjában belőlük kiold és ez a kolloid oldat beszűrődik az ásványi legfelső talajrétegekbe (az A rétegbe) és azoknak sötét fekete színt kölcsönöz.

Továbbá előfordul ez a telítetlen humusz a talajszelvény B rétegében nagyobb mennyiségben, ha abban kőfok alakult ki. A telítetlen humusz a legfelső talajrétegbe és kőfokba csakis a csapadék oldóhatása folytán kerül és annak a talajba való hozatalánál a talajban élő állatok semmi módon nem működnek közre és pld. a nyers humuszrétegben talajtűrő állat alig fordul elő. Tehát itt a humusznak a ta'ajba való kerülése egész más körülmények között történik, mint az esetben, ha az erdőben telített humusz képződik. Itt is először az *alomréteg* alakul ki, de alatta nem nyers humusz, vagy száraz tözegréteg alakul ki, hanem a

*móder** réteg, mely nem savanyú és amely gyors humifikáció folytán jött létre és egynemű laza és szerkezet nélküli fekete földes anyag benyomását teszi. A móder alsó rétegéből különböző állatok a humuszt leviszik a vele érintkező ásványi talajrétegbe, abból pedig az ásványi részeket a móderbe hozzák fel, miáltal a móderből lassú átmenet alakul ki az ásványi talajrétegbe, amelynek legfelső rétegei legtöbb organikus anyagot tartalmaznak, mikor az esetben, ha a talajban elég Ca és Mg van, tulajdonképpen mull humusszal állunk szemben. A telített humusznál tehát az ásványi talajrészek és az organikus anyag finom összekeverését az állatok végzik, míg a savanyú humuszt tartalmazó talajoknál azt egyedül a csapadékvíz hozza be a talajba.

Hogy a savanyú humuszt tartalmazó talajokban miért képződik a podzolos talajszelvény, ezt csak az újabb vizsgálatok tudják megmagyarázni. A talajban tudniillik a kémiai elmálás folytán a szilikátokból kolloidális kovasav ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ és $\text{Al}(\text{OH})_3$) képződik, amelyek egymást kicsapják, miáltal gel keverékek képződnek, amelyek a talaj abszorbeáló komplexumának nagy részét alkotják. Ha azonban a talajba a kolloidális oldat alakjában a savanyú humusz kerül, akkor az védő kolloid gyanánt veszi körül az előbb említett talajkolloidokat és azok a talaj legfelső rétegéből kimosódva, kedvező körülmények között a B rétegben csapódnak ki, ahol homokos talajban a *kőfok* képződik, ami nem más, mint hogy a humusz és a $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a homokszemeket cement gyanánt összeköti, mikor *humuszos vashydroxidos homokkő* képződik. Miután pedig a legfelső talajrétegekből ilyen módon a $\text{Fe}(\text{OH})_3$ kimosódik, az megszürikül és esetleg egész fehérszínű lesz, mikor kialakul az A_2 réteg, amely a humusztartalmú A_1 réteg alatt fekszik és amely réteg olyan jellemző minden talajra, amelyben savanyú humusz alakul ki.

Erdőgazdasági szempontból a telítetlen humusz kétféleképpen érezteti a hatását. Először úgy, hogy az esetben, ha *kőfok* réteg alakul ki, az nem engedi át a fásnövények gyökereit és így fiatal erdősítések, ha gyökérzetükkel elérik a *kőfokot*, azt át-

* A móder elnevezés alatt régebbi szerzők (*Ramann*) csak azt a humuszt értik, amely különböző állatok által teljesen szét van morzsolva és amelyen makroszkopikusan a növényi szerkezet nem vehető ki.

törni nem tudván, lassanként elpusztulnak. Másodszor pedig az esetben, ha a nyers humuszréteg vagy a száraz tőzeg nagyobb vastagságot ér el, akkor az a természetes felújítást megakadályozza, amennyiben a nyers humuszrétegen kifejlődött apró csemeték gyökereikkel nem tudják elérni az ásványi talajréteget és alpusztulnak. Legjobban látható ez a vastag, nyers humuszréteggel bíró dániai ősbükkösökben, ahol a fák alatt még nyomokban sem található fiatal bükkcsemeték. Németországi és dániai kőfokos területeken az erdőnek a felújítása körülbelül olyan nehéz feladat, mint a mi száraz homokterületeinknek a beerdősítése. Itt a nyers humuszterületeket előbb úgy erdősítették, hogy a nyers humuszréteget alászántották, azt gondolván, hogy a nyers humusz el fog korhadni. Évtizedes gyakorlat azonban azt mutatta, hogy a nyers humusz alászántva még egy évtized múlva sem korhad el, sőt ellenkezőleg azokat a talajrétegeket, amelyekbe alászántották, még jobban megsavanyította, továbbá nagy víztartó képességénél fogva olyan nedvesen tartotta, hogy azokban a facsemeték kipusztultak.

Újabban Dániában a nyers humuszterületeket úgy erdősítik, hogy 3—4 évig mezőgazdasági művelés alá veszik, miközben nagy mennyiségű műtrágyát, azután hatalmas mézsmennyiségeket alkalmaznak, miáltal a humusz savanyúságát neutralizálják, mikor aztán a több éves mezőgazdasági művelés folytán olyan biológiai processzusok alakulnak ki a talajban, amelyek a nyers humuszt annyira átalakítják, hogy az elveszíti káros tulajdonságait. Mezőgazdasági, több éves művelés helyett a nyers humuszt még olyan módon is távolítják el, hogy azt az egész területen elégetik és a hamut szétszórják. Csak miután a nyers humusz eltűnt a talaj felületéről, jöhet szóba a kőfoknak a kellő kezelése. Régebben a kőfokot azon a helyen, a hol a csemetéket ültették, feltörték. Ma tudjuk, hogy ez az eljárás nem helyes, mert a feltört foltokon nagyon hamar újból eltömődik a talaj. Újabban a kőfokot úgy kezelik, hogy mélyen szántó ekékkel feltörik és felhozzák a talaj felületére, ahol nagyon hamar szétesik. Ennél a mély szántásnál azonban óvakodni kell attól, hogy a kőfok alatti talajréteg kerüljön a talaj felületére, mert az egyáltalában nincs kémiaiilag elmálva és így a feltalaj termőképessége erősen csökken. Ha azon-

ban a nyers humusz kötöttebb, agyagos talajon alakul ki, amikor a *B* rétegben nem kőfok, hanem csak kötöttebb réteg alakul és akkor erdősítés esetén ennek a rétegnek a meglazítása mély szántással nem sokat segít. Tudniillik egynehány évig ez a meglazított talajréteg laza marad és az elültetett csemeték benne gyönyörűen fejlődnek. Egynehány esztendő múlva ez a meglazult talajréteg azonban megint fokozatosan összeesik és a benne levő csemeték *O* hiányában kezdenek szenvedni, nem fejlődnek tovább és végül elpusztulnak. Északnyugat-Németországban már sok ilyen módon települt és egynehány évig erőteljesen fejlődött, fiatalos ment így tönkre.

A telítetlen humusz képződési körülményei. A telítetlen humusz kérdésének hatalmas irodalma van és azt sokféle szempontból világították meg, azonban dacára ennek, a kérdés még egyáltalában nincs tisztázva. Egész biztos, hogy a telítetlen humusz kialakulásánál elsősorban működik közre az éghajlat, azután a talaj mésztartalma és végül a vegetáció és a két utóbbi faktor sok esetben az éghajlatnak a telítetlen humusz kialakulására való hatását gyengítheti, sőt teljesen meg is szüntetheti, ami különösen az igen sok CaCO_3 -ot tartalmazó talajokon fordul elő.

Ami az éghajlati övet illeti, amelyben a telítetlen humusz képződik, arra jellemző, hogy az évi csapadék erősen túlhaladja az évi párolgást, tehát erősen humid, úgynevezett perhumid éghajlattal állunk szemben. A telítetlen humusz kialakulásánál azonban az alacsony hőmérséklet, mint például a mérsékelt égöv hideg részében, csak annyiban játszik szerepet, hogy az alacsonyabb évi középhőmérséklet mellett kevesebb csapadéokra van szükség, hogy perhumid legyen az éghajlat és az a felfogás, hogy a telítetlen humusz kialakulásánál az alacsony hőmérséklet szintén döntő a telítetlen humusz képződésénél, egészen helytelen és ez csak a mérsékelt hideg éghajlatra érvényes, mert hiszen *Vageler*, ismert trópusi talajkutató vizsgálatai azt mutatják, hogy a trópusokban az esős, erdős éghajlat alatt, ahol $26\text{--}28^\circ\text{C}$ az évi középhőmérséklet, hatalmas kiterjedésű, telítetlen humuszkialakulások vannak, *úgy a nem mocsaras, trópusos őserdőben, mint a trópusos, erdei lápokban.*

Ezért ezeken a területeken hatalmas podzolképződmények

alakulnak ki és téves például *Lundegardh*-nak megállapítása, hogy a trópusokban podzoltalajok csak kivételesen fordulnak elő, amely megállapítást a „Handbuch der Bodenlehre” című, egyedül álló munka VII. kötetének 365-ik oldalán tesz.

A különbség a trópusos, telítetlen és mérsékelt égöv telítetlen humusza között csak az, hogy a trópusokban a telítetlen humuszréteg az ásványi talajréteg felett alig egynéhány centiméter vastagságú, ami azzal magyarázható, hogy a magas hőmérsékletnél a humusz elbontása igen erőteljes s az egész esztendőben és az ásványi talajréteg felett nem halmozódhat fel, míg a mérsékelt hideg éghajlat alatt a késő őszi, téli és kora tavaszi, alacsony hőmérséklet miatt ezekben az évszakokban a humusz elbomlása egészen szünetel és a nyers humuszréteg igen sokszor az 50 centiméter vastagságot is meghaladja, ahogy ezt az Északnyugateurópai *fenyér* területeken látható.

A perhumid éghajlatban a telítetlen humusz kialakulása szorosán azzal van kapcsolatban, hogy ilyen éghajlatban a talaj legfelső rétegeiből a csapadékvíz kimossa a meszet és magnéziát, továbbá az organikus anyag korhadásánál képződött Ca és Mg ionokat is, úgy hogy emiatt a humusz telítetlen lesz. Hogy ez valóban így van, igazolja, az a tény is, hogy a legextrémebb, vagy humid-éghajlatban is, ha a humuszképződés mészkövön, vagy dolomiten, magneziton megy végbe, akkor az esetek túlnyomó részében *telített (enyhe) mull-humusz* képződik, ahogy ez látható a podzolövben előforduló *rendzina*-talajokon. Mészkő-talajon is képződhet telítetlen humusz, de csak az esetben, ha az igen humid éghajlatban a csapadékvíz a felső talajrétegekből egészen kimossa a meszet és magnéziát, amelyek aztán mélyebb rétegekbe kerülnek, amint ez például a németországi északnyugati *fenyér* területeken látható, ahol 50 cm vastag, nyers humuszréteg alatt, 1:5—2 méter mélységben mészkőpadok alakulhatnak ki. Ez azonban csak olyan éghajlat alatt lehetséges, ahol még a nyári hónapokban is annyi csapadék van, hogy a talaj felületén fellépő párolgás folytán a mélyebb talajrétegekben levő víz nem emelkedik fel a talaj legfelső rétegeibe, mert ha ez a víz, mely mésszel telítve van, felfelé emelkedne a nyári hónapokban a legfelső talajrétegekbe, akkor ez a telítetlen humusz képződését megakadályozná.

Tisztán mikrobiológiai szempontból véve, a telítetlen humusz kialakulásánál, túlnyomórészt gombák, penészek (*Cladosporium*, *Trichoderma*, *Mucorinæek* és különböző kalapgombák) működnek közre, amelyek myceliumai keresztül-kasul átfonják a humifikáció alatt levő organikus anyagot a talajban. Talajbaktériumok a savanyú humifikációnál alig működnek közre, ami részben a nagy savanyúsággal, részben azzal magyarázható, hogy a csapadékvíz kimosta a sókat, amelyeket ezek a mikroorganizmusok tápanyagul követelnek. Feltűnő a nyers humuszban a nitrifikáció teljes hiánya.

A perhumid éghajlat alatt kialakult nyers humuszrétegek erősebb vagy gyengébb podzolos jelenségeket idézhetnek elő, ami a humusz savanyúságának fokától is függ. A savanyúsági fokozatok kialakulása függ a talajon növekvő növényzettől is, különösen azok a növények képeznek erős, nyers humuszrétegeket, amelyek elhalt maradványaiban és az ezekből képződött alomban sok a savanyú pufferanyag és igen kevés a bázisos pufferanyag. Ilyen növény a *Calluna vulgaris*, a *Vaccinium vitis idaea*, a *Vaccinium myrtillus*, amely növények bokros nagyságot érnek el. Kevés bázisos puffer van a lucfenyő tűiből képződött alomban is és azért lucfenyő alatt hatalmas, nyers humuszrétegek képződnek, ahogy ez például a több százezer km² területű szibériai *Taigában* észlelhető. Ha lucfenyő-erdőben nyers humusz alakul ki, akkor az alatta levő podzolos jelenség mértéke függ az aljnövényzettől. Így *Cajander* megfigyelései Finnországból azt mutatják, hogy az úgynevezett *friss* erdőkben, amelyek túlnyomórészt lucfenyőből állnak, amelyhez kisebb mértékben csatlakozik az erdei fenyő, a nyír, az éger, a nyár, nyers humuszrétegekkel bírnak, azonban ezalatt a podzolos jelenség akkor a legerősebb, ha a *Vaccinium myrtillus* az erdőben igen el van terjedve. A *Vaccinium myrtillus* tudniillik igen erős nyers humuszképző növény, amely nyers humusz nem szokott átalakulni nyers tőzeggé. Ez a növény tulajdonképpen a nyers humuszrétegben él és rengeteg kúszó hajtással bír, amely kúszó hajtások a nyers humuszréteg és az ásványi réteg között valóságos hálót képeznek, miáltal a nyers humuszréteg az ásványi talajrétegtől el van választva. Elősegíti a myrtillus típusú, friss erdőben a nyers humuszképződést az ebben az

erdőféleségben kialakult mohréteg is, amely szintén igen kevés bázisos, de sok savanyú puffert tartalmaz. Ilyen mohok a *Hylacomium* félék.

Ha azonban a friss erdőkben a *Vaccinium myrtillus* mellett még nagyobb mennyiségű *Oxalis acetosella* fordul elő, akkor ez a nyers humusz már csak mérsékelt savanyú és a talajban a podzolos jelenség sem olyan erős.

Ha az erdőkben a *Vaccinium vitis idaea* szaporodik el, akkor az annak a jele, hogy a képződő humusz nagyon savanyú és a belőle képződő nyers humusz száraz tőzegbe megy át, mert a kúszó hajtások hiánya miatt a nyers humuszréteg igen sűrű lesz és így könnyen alakul át *száraz tőzeggé*.

Igen erős nyershumusz és száraz tőzégképző-növény a *Calluna vulgaris*, amely sötét, feketeszínű, szalonnaszerű nyers humuszréteget alkot, amely a vizet nem engedi át. A *Calluna* a fenyéren a domináló növény, amely fenyér Északnyugat-Németországban, Dániában óceáni perhumid-éghajlat alatt alakul ki. A *fenyéren alakul ki a legsavanyúbb és legerősebb podzolos hatású telítetlen humusz* és itt hatalmas, sokszor 1 méter vastagságot is meghaladó kőfok-képződmények alakulnak ki. A fenyéren képződik tulajdonképpen a legextremabb, telítetlen humusz, amin nem is csodálkozhatunk, ha a klimatikus viszonyokat vesszük figyelembe. A Jütlandi félsziget nyugati részén és a Nordsee déli partjain, a két leghidegebb hónapot kivéve, mikor a kimosás szünetel, az egész esztendőben igen nagy mértékű a kimosás, úgy, hogy a humuszképződés teljesen sóhiány mellett megy végbe. Továbbá, miután a fenyéren nincs erdő, az egész csapadékvíz belekerül a talajba, nem úgy, mint erdővel borított területen, ahol az állomány koronája a leeső csapadék tekintélyes részét lefogja és elpárologtatja.

A lomberdőkben a bükk és a tölgy lehullott levelei kevés savanyú, de sok bázisos puffert tartalmaznak és azért az esetben, ha a talajban van még elég Ca és Mg ion, anélkül azonban, hogy a talaj mészkőből állana, az esetek túlnyomó részében a mull alakul ki. *Ilyen esetekben a bükk a legjobb talajjavító fanemnek minősíthető.*

Humidabb éghajlat alatt (Dánia, Holstein), mikor kimosódik a talajból a Ca és Mg, akkor a bükk alatt is hatalmas, *nyers humusz*, sőt *száraz tőzeg* képződik. Itt tehát az éghajlat hatása olyan erős, hogy dacára annak, hogy a bükk lehullott leveleiben elég bázisos puffer van, mégis telítetlen humusz képződik.

Hogy Dániában, Holsteinban még a tölgyállományok alatt is hatalmas, nyers humuszréteg képződik, az azzal magyarázható, hogy ezekben az igen kiritkult tölgyesekben, fenyér vegetáció telepszik meg és ebből képződik a nyers humusz, nem pedig a tölgy lehullott leveleiből.

Az előbb említett bokros növényeken kívül ismerünk egyes fűféléket is, amelyek nyers humuszréteget idéznek elő. Ilyen növények az *Aira flexuosa*, *Molinia coerulea*, *Trientalis Europea*.

A forró égőv alatt a telítetlen humuszt és kőfok kialakulását az indiai *Alang-Alang* nevű dudva segíti elő olyannyira, hogy egyes dudvák, vagy dudva-csoportok alatt miniatűr kifejlődésű kőfokképződmények mutathatók ki.

Vízalatti humuszképződményekről. Ha a talaj felületét víz takarja, akkor a vízben élő növényzet- és állatvilág-maradványai-ból szintén humusz képződik, amelynek képződési körülményei azonban mások, mint a vízzel nem borított területen, amennyiben kevés levegő vagy teljesen levegő közreműködése nélkül keletkezik a víz alatti humusz, amelyet *tőzegnek* és *muddenak* (*sapropelnak*) nevezünk.

A víz a talaj felületére úgy kerül, hogy vagy a talajvíz ki jön a talaj legfelső rétegei fölé, vagy pedig ez a vízfelhalmozódás tisztán a csapadékvízzel van szoros kapcsolatban, amely humid éghajlat alatt a talajfelület mélyebb részeit kitölti. A víz alatti humusz-képződmények szempontjából a vizes felület keletkezési körülményei igen fontosak. Tudniillik, ha a talajvíz borítja el a talajt akkor ebben a vízben mindenféle földalkali és alkali, fémsók fordulnak elő és azért az ilyen talaj *vízalatti humuszképződményekből képződött humuszsavak telítődnek* és az ilyen vízalatti képződmények nem lehetnek savanyúak. Továbbá jellemző az ilyen vizes felületekre, hogy ezek függetlenek az éghajlat humid voltától és semi humid, de semi arid, sőt igen arid éghajlat alatt

is képződnek, ha a talaj reliefje olyan, hogy a talajvíz kijöhet a talaj felületére. Az ilyen vizes felületeket, amelyekben a benne élő vízinövényzet elhalása folytán víz alatt organikus anyag halmozódik fel, *lápoknak* és pedig *alacsony, síma, réti lápoknak* (németül: *niederungsmoornak, Riedmoornak*) nevezték el és azok jellegzetes reliefképződmények, amelyek a forró éghajlattól egészen a hideg éghajlatig terülnek el, tehát *azonális* képződmények.

Ha azonban a vizes felületek, a nedves éghajlat következménye gyanánt mutatkoznak és azok a talajvízzel nincsenek kapcsolatban, akkor belőlük *magas lápok* (*mohalápok, Hochmoor*) képződnek és a bennük képződött humuszanyag nem telítődhet bázisokkal és azért az igen savanyú. Az ilyen vízalatti, organikus anyag azért olyan savanyú, mert a magas lápok vize a csapadék-víztől eredvén, sókban igen szegény, de a talaj is, amelyen a láp kialakul, a humid éghajlat hatása alatt ki van lugozva, úgy, hogy innen sem kerülhetnek sók a láp vizébe. A magas lápok jellegzetes *epigenetikus* és *zonális* képződmények, amelyek csak a megfelelő humid éghajlat alatt alakulhatnak ki.

A réti lápok és azok humusz-képződményei. A réti lápok előfeltétele, hogy a bennük levő víz elég bázist (Ca Mg) tartalmazzon, mert csak ilyen körülmények között képződik vízalatti, telített, organikus anyag, amely túlnyomórészt tőzegből áll. Mielőtt azonban a réti lápban tőzeg képződne, az ásványi talajréteg felett a vízben egy sötétszínű, iszapos szerkezetű, organikus anyag válik le, amelyet a német irodalom *Mudde*-nak, *Potonié* viszont *sapropel*-nek, *rothadó iszapnak* nevezett el. A muddet egyes szerzők májtőzegnek is nevezik. A mudde egészen úgy néz ki, mint a friss máj és beszáradva rendkívül összezsugorodik. Ez a mudde az ásványi talajréteggel összekeverődik és így a láp alján vastag humusztartalmú réteg alakul ki. Így képződtek nálunk az Alföldön a humusztartalmú *réti agyag* és *cotus talaj*, ha a víz a lápról elfolyt. Egyes esetekben a mudderéteg felett nem is képződik tőzeg, hanem a mudde kitölti az egész vízmedencét tőzeg nélkül. Az ilyen láp lecsapolása nehézségekbe ütközik, mert a szívós, iszapos maszsa nehezen engedi el a vizet, *de ha már a víz el van vezetve, elsőrangú termőtalajok képződnek.* A vizsgálatok azt mutatják, hogy a muddeban van elég legfinomabb ásványi, talajalkotó rész

(iszap), viszont az organikus anyag benne túlnyomórészt nem a tőzegképző növényekből veszi eredetét, hanem a vízben élő algákból és más olyan növényekből képződik, amelyek a gyökerekkel nem érik el az ásványi talajfelületet. Ha a muddeban a tőzegképző növények maradványai is előfordulnak, akkor a mudde *tőzegmuddevá* alakul át.

Potonié a mudde név helyett *sapropel* nevet használt és azt élesen megkülönbözteti a tőzegtől. Szerinte a sapropel a planktonból, azután olajtartalmú alagkából, *Diatomaceakból*, *Infuzoriákból* képződik, amelyekhez csatlakoznak a különböző fásnövények himpora, azután a *Lycopodiaceák* spórái. *Potonié* szerint a sapropel egy rothadási termék, amely ha elveszti vizét, *saprokollá* alakul át, továbbá ha desztilláljuk, akkor egy olajos kátrány képződik, amely az egész desztillatumnak a negyedét képezi. Legújabb vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy *Potonié* sapropel elmélete tarthatatlan, miután a mikroszkópiai vizsgálatok igazolják azt, hogy a sapropel nem túlnyomó részt olajos algákból, diatomáékból és infusoriából képződik, továbbá a desztillációnál sem képződnek más anyagok, mint a tőzeg desztillációjánál.

A réti lágban a mudderéteg felett alakul ki a *tőzeg*, amely különböző tőzegképző-növények vízalatti maradványaiból képződik.

Ilyen tőzeg lehet *phragmites* tőzeg, *carex*-tőzeg, *cladium*-tőzeg, *hypnum*- vagy *barna moh*-tőzeg. Ezek a tőzegek mind olyan növényekből, képződnek, amelyek sok bázist követelnek a vízben.

A *phragmites* tőzeg. Ez a tőzeg a *Phragmites communis* nevű vizinövényből képződik, amely még 2.5 m mély vízben is kitűnően fejlődik. Úgy a melegebb, mint a hidegebb éghajlat alatt fordul elő és a hegységekben egészen az erdő határáig terjed el. A tőzeg túlnyomórészt a növény szárából képződik és benne könnyen megkülönböztethetők a csomók, amelyek a száron fordulnak elő. A vezérnövényen kívül ebben a tőzegben a *Scirpus lakustris*, *Phalaris arundinaceae*, *Typha latifolia* maradványai is előfordulnak. A tőzegréteg vastagsága több méter is lehet. A tőzegréteg fiatalabb része világos sárgaszínű és benne a növényi maradványok igen jól kivehetők. Megszárvítva csak kevéssé zsúgoródik össze és a

vizet újból csak lassan veszi fel. Az idősebb phragmites tőzeg erősen el van bomolva; színe sárga, de ha a levegőre jut, igen hamar sötétszínű lesz. Az idősebb tőzeg víztelenítés után nem ad jó termőtalajt, viszont a víztelenített fiatal tőzegeből a legjobb lápos talaj keletkezik. Ha a phragmites tőzeg brack vízben képződik, akkor *Darg* a neve és ez sokszor FeS_2 tartalmaz. A FeS_2 az édesvízi igen érett phragmites tőzegeben is előfordul, mikor a lecsapolás után oxidációs jelenségek miatt kénsav keletkezik a lápos talajban, amelynek növénymérgező hatása ellen CaCO_3 -tal védekeznek.

A carex tőzeg. Ez különböző *Carex*-félékből (*Carex stricta*, *C. acuta*, *C. filiformis*, *C. paludosa*, stb.) képződik. Ezek a növények már nem élnek olyan mély vízben, mint a phragmites és azért sokszor a phragmites tőzeg által feltöltött sekélyebb medencében szoktak elszaporodni, mikor hozzájuk a *Menyanthes trifoliata* is csatlakozik. A carex tőzeg vastagsága rendszerint nem nagy és igen sok esetben a művelés alatt álló réti láp legfelső rétegét alkotja. Ha erősen el van bomolva, akkor kitűnő tüzelőanyag, állatok alá alomnak nem alkalmazható.

A cladium tőzeg. Ez a tőzegfajta a *Cladium mariscus* rhizomaiból, gyökereiből és száraiból keletkezik. Sokszor tetemes vastagságot ér el. Benne igen sok mészsav és sok N. van. Meliorálja az ilyen tőzeg csak igen lassan alakul át termékeny talajjává.

A hypnum tőzeg. (Barna moh. tőzeg.) Különböző hypnaceákból képződik és sokszor phragmites és carex tőzeggel össze van keverve. Érett állapotban sötét, feketeszínű és elég savanyú. A barna mohtőzeg már sokkal kevesebb anorganikus hamualkotó részt tartalmaz és az rendszeren már ásványi sókban szegényebb vizekben fordul elő és sok esetben a hypnumtőzeg a réti láptőzeg kialakulásánál a befejezést jelenti, vagyis a barna mohtőzeg eléri a víz felületét.

Ha a réti lápban a tőzegképződés befejeződött, amennyiben a tőzeg a víz felületét elérte (legyen ez a tőzeg akármelyike az előbbieknél), akkor a további tőzegképződés a vízinövények által megszűnik és a láp felülete kihál és a legfelső tőzegrétegek az éghajlati tényezők hatása alatt bomlásnak indulnak, rajta különböző tőzegebontó növények szaporodnak el (*Molinia coerulea*, *Nardus*

stricta, *Scirpus caespitosus*), amelyek a réti tőzeget tetemes mélységig mechanikailag szétbontják, miáltal ez a megtámadott tőzegréteg teljesen sötét, feketeszínű (moderrá) alakul át, amelynek további átalakulását még különböző giliszták és más alacsonyabbrendű állatok folytatják. Az ily módon átalakult tőzegfelületen most már elszaporodik a nyír, az éger, amelyek elhalása után a fák maradványaiból egy humuszréteg alakul ki, amelyre most már a luc, az erdei fenyő, de más lombfák is letelepednek és így a réti lúp felett erdő alakul ki, amely alatt alnövényzet gyanánt a *Rhamnus frangula*, a *Rubus*ok, de különösen a fenyértképző növények szoktak elszaporodni, amelyek aztán elsősorban közreműködnek abban, hogy elősegítik az erdőben egy magas lálnak a kialakulását, ahogy azt majd később hallani fogjuk.

(*Folytatjuk.*)

A modern erdőművelés talajbiológiai problémái*

Mélyen tisztelt Uraim! Amióta a világ fakészletének megkisebbedésével mind nagyobb és nagyobb mértékben terelődött rá a figyelem az erdőgazdasági többtermelés égető problémáira, nagyon természetes, hogy ennek következtében az a régi irányzat, amely a fősúlyt kizárólag a fa kitermelésére és hasznosítására fektette és az erdők felújításával, továbbá azoknak a művelésével nagyon keveset, vagy semmit sem törődött, lassanként elégtelennek bizonyult arra, hogy az erdőgazdasági termeléssel szemben jelentkező igényeket kielégíthesse. Így terelődött rá a figyelem fokozatosan az erdők állományát alkotó fáknek az életjelenségeire, mert hiszen a közelfekvő cél az volt, hogy ezen életjelenségek megismerésében végre abba a helyzetbe juthassunk, hogy azokat az élettani folyamatokat, amelyek végső eredmény-

* Dr. Fehér Dánielnek a stockholmi Erdészeti Főiskolán 1932 április 16-án a Svéd Talajtani Társulat előtt és 1932 április 23-án a Finn Erdészettudományi Társulat előtt a finn Tudományos Akadémia nagytermében tartott előadása.