

gazdasági viszonyok mellett a maga kereseti lehetőségeit, illetőleg kereseti igényeit is mérsékelnie kell; akkor a kivezető utat sohasem találjuk meg.

Ha ellenben nem az egymás keresetét nézzük féltékeny szemmel, hanem mindnyájan arra az álláspontra helyezkedünk, hogy elsősorban itt benn fedezzük a szükségleteinket, támogatjuk egymást a belföldi termelés védelmében és iparkodunk, ha kisebb haszonnal is, minél többet termelni és eladni, akkor megkezdődhetik az első javulás, mert megtaláltuk azt az egyetlen erkölcsi indító okot is, amelyik a mai viszonyok között még áldozatkészségre is indíthatja a fogyasztót: a nemzeti gondolatot.

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

Írta: Vági István.

A talajban élő növények és állatok elhalása után a növényi és állati maradványok aránylag rövid ideig tartják meg eredeti külső morfológiai kinézésüket és a talajban végbemenő mikrobiológiai jelenségek folytán átalakulnak és belőlük sötétszínű alakatlan, nagy részben kolloidális anyagok képződnek, ahogy ezt a fokozatos kialakulást a mesterséges komposzt-kupacokban igen jól észlelhetjük. *Ezeket a sötétszínű anyagokat, amelyek nagyobb mennyiségben erősen befolyásolják az ásványi származású talajtömeg színét, humusznak nevezik.* Hogy a humusz kémiai szempontból micsoda, erre sajnos, még ma sem tud a talajtani tudomány kielégítő választ adni és ebben a kérdésben a legkülönbözőbb felfogások a legmerevebben állanak egymással szemben és valószínű, hogy még igen sok kutató munkára lesz szükség, hogy az ellentétes felfogások némileg kiegyenlítődjenek.

Itt meg kell emlékeznem arról, hogy a humusz nemcsak a talajban előforduló organikus anyagot jelenti, ahogy ezt előbb kifejtettük, hanem a humusz gyűjtőfogalom is, amely alatt nemcsak a mezőgazdasági és erdőgazdasági értelemben vett humuszt értjük, hanem a humusz fogalma alá tartozik a *tőzeg* is.

A tőzeg szintén növényi maradványokból képződik, tehát ugyanazokból az anyagokból keletkezik, mint a talajban lévő humusz, azonban egész más körülmények között. Ha mi a talajban lévő humusztól beszélünk, akkor mindig arról az organikus anyagról beszélünk, amely a talaj ásványi alkotó részeivel a leg-tökéletesebben össze van keverve, ahogy ez pl. az orosz tschernosemben, a barna erdei talajban, a braunerdében, a podsoltalajoknál, azután a rendzinánál észlelhető, mikor ez az organikus anyag a talaj többi részeitől semmiféle segédeszközzel el nem választható. *Ha azonban tőzegekről beszélünk, akkor mindig arról az organikus anyagról beszélünk, amely az ásványi talajrétegtől élesen el van választva és rajta réteg gyanánt reáfekszik.* Ez a réteg kialakulhat vizes felületeken a vizinövényzet maradványai-ból, mikor a réti és magas lápok tőzegje képződik. De képződhet a tőzeg vizinövények közreműködése nélkül is, mikor a talaj felülete felett különleges klimatikus viszonyok alatt a növényi maradványok nem korhadnak úgy el, mint pl. a tschernosemben, hanem többé-kevésbé vastagabb réteg gyanánt beborítják a talajt, mikor *száraz tőzeg* képződik. Ez a tőzeg észlelhető a humid éghajlatok alatt, így a fenyér területeken, továbbá kimosott talajú bükkösökben és fenyvesekben. Ha a vízben keletkezett tőzeg és a száraz tőzeg fiatalabb, akkor benne a növényi szerkezet még igen jól látható. Idősebb korban azonban egészen egyenletes anyaggá alakulhat át és benne a növényi alkotórészek makroszkopikusan többé nem vehetők észre. Tehát a tőzeg kritériumára nem fontos a tőzegnek azon tulajdonsága, hogy esetleg benne a növényi maradványok észrevehető-e vagy nem. Hogy a tőzegben az organikus anyag olyan különleges változáson megy át, miáltal olyan élesen különbözik a termőtalajok organikus anyagától, az a vízben képződött tőzegnél azzal magyarázható, hogy a víz megakadályozza, hogy a levegő az organikus anyaghoz hozzájáruljon, miáltal a tőzegedési folyamat áll be, amelynél tulajdonképpen először kevés O van jelen, amely később teljesen hiányzik. Viszont a nem víz alatt képződött száraz tőzegnél egy különleges vegetáció maradványainak különleges fizikai és kémiai tulajdonságai karöltve különleges éghajlati körülményekkel idézik elő a tőzegedési folyamatot.

Hogy mennyire nem tudjuk még, hogy a talaj humusza

tulajdonképpen micsoda, kiviláglik legjobban abból, hogy a nemzetközi talajtani társaság egy külön bizottságot küldött ki, hogy ebben az igen bonyolult kérdésben fényt derítsen, miután a humusz-kérdés a talajok termőképességének és megművelésének kérdésében igen nagy jelentőségű.

Hogy a talajban előforduló humusz-anyagok az organikus kémia szempontjából milyen vegyületcsoportba tartoznak, ezt nem tudjuk, dacára, hogy 100 éve tartanak már azok a kísérletek, amelyek odairányulnak, hogy ebben a kérdésben fényt derítsenek. Így már *Detmer* 1871-ben arra az álláspontra helyezkedett, hogy a talaj humusza tulajdonképpen csak egy anyag és pedig a $C_{60} H_{54} O_{27}$ összetételű huminsav. *Detmerhez* hasonlóan *Sven Odén* és *Hissink* európai kutatók szintén azon a nézeten vannak, hogy a talaj humusza, ha nem is egy anyagból áll, ahogy ezt *Detmer* feltételezte, hanem az több, jól definiálható kémiai anyagból, úgynevezett *speciális humuszanyagokból* épül fel. Ezzel szemben az amerikai iskola arra az álláspontra helyezkedik, hogy tulajdonképpen speciális humuszanyagok egyáltalában nem léteznek, miután *Shorey*, *Waksman-nak* sikerült a humusz-anyagokból igen sok egyszerű vegyületet elkülöníteni és ők azt vallják, hogy a humusz nem egyéb, mint egy anyagkeverék, amelynek látszólagos individuális tulajdonságai nem egyebek, mint a keverékeknek csoporttulajdonságai és hogy a látszólagos individuális tulajdonságok alapján állították fel a régebbi kutatók a különböző humusz-anyagoknak a képleteit. Sajnos, az amerikai és európai felfogás egy alapra még nem hozható, amin nem is csodálkozhatunk, mert hiszen egyes kutatók még azon a nézeten vannak, hogy az összes eddigi munkák, amelyek a talajhumusz anyagaival foglalkoznak, eredményt ebben a kérdésben elérni nem is tudnak, mert a talajban nagyon sok ismeretlen és nem szabályozható körülmény uralkodik, továbbá, mert a szerves vegytan még nem végezte el az alapvető kutatásokat a humifikált, növényi és állati anyagok világában.

Hogy a humusz-anyagokkal való eddigi kutatás, dacára a sok részletmunkának, még megfelelő eredményt nem adott, az előbb megemlített nehézségeken kívül még azzal is magyarázható, hogy a kémiai eljárásoknál, amelyekkel a humusz töme-

géből egyes választékokat elkülönítettek, sohasem voltak biztosak abban, hogy a leválasztott anyag a kémiai művelet alatt szerkezeti változáson nem ment-e keresztül és azért legújabbán a humusz-anyagok vizsgálatánál már csak olyan kémiai eljárásokat alkalmaznak, amelyek a humusz-anyagokat igen kevésbé változtatják meg.

Ezen tanulmány keretén belül meg fogom kísérelni, hogy az újabb eredmények alapján összefoglaljam nagyjában mindazt, amit ma a humusz-anyagok mibenlétéről ismerünk, továbbá ki fogom mutatni a humusz szerepét az egyes éghajlati övekben, különösen a trópusos és szubtrópusos égöv alatt, ahol ezen a téren az eddigi felfogásokat részben meg is kell változtatni.

Mielőtt egyáltalában a humusz-anyagokkal közelebb foglalkoznánk, vizsgáljuk meg először azokat az anyagokat, amelyekből a növényi maradványok felépültek és amelyekből visszamarad a humusz a talajban. Tudniillik igen valószínű, hogy a növényt képző kémiai alkotórészek közül több van, amely a talaj mikroorganizmusai által igen gyorsan elbomlik és természetes, hogy ezek nem fognak adni humuszt, viszont valószínű, hogy a legnehezebben szétbomló alkotórészek aránylagosan fel fognak halmozódni a talajban és ezek fogják adni túlnyomórészt a humuszt.

Hogy a növényi alkotórészeket egymástól elválasztjuk, erre a célra alkalmazzuk a *Waxsmann* által alkalmazott eljárást, amelynek segítségével a növényi maradványokat először aetherrel 10—24 óráig extraháljuk, mikor kioldódnak a *zsírok*, a *viaszok*, a *resinok*, *cserzőanyagok* (tanninok), *alkaloidok*, *terpenek*, *növényi festékananyagok* (pigmentek).

Az aetheres extrakció után a növényi maradványokat hideg vízzel 24 óráig kezeljük, mikor kioldódnak belőlük a *cukrok*, egyes *aminósavak*, *vízben oldódó fehérjék*, *szerves savak*. Ennek megtörténte után a növényi maradványokat forró vízzel kezeljük úgy, hogy 2 órán át vízfürdön melegítjük őket, mikor az oldatban megtalálható a *keményítő*, a *pektin*, különböző *szerves savak* és *aminósavak*. A forró vízzel való kezelés után az anyagot 95%-os alkohollal extraháljuk, 2 órán át, mikor hasonló anyagok kerülnek oldatba, mint az aetheres extrakciónál.

Az alkoholos extrakció után a növényi maradványokban

most már csak a *hemicellulozék*, a *celluloze-* és a *lignin*-anyagok maradnak vissza.

Ezek között a *hemicellulozék úgy pentosanokból*, mint *hexosanokból* állanak és ha őket híg savakkal kezeljük, akkor ezek hidrolizálnak és az oldatban nagymennyiségű redukáló cukor mutatható ki, ami döntő bizonyíték arra vonatkozólag, hogy hemicellulozék vannak a növényi maradványokban. A redukáló cukrok kis része azonban pektinből is veheti eredetét, ahol az *uronsavkomplexumból* válhat le.

A hemicellulozék szétbontása a növényi maradványokból úgy történik, hogy az anyagot visszafolyó hűtő alkalmazásával 100 C°-nál 2%-os sósavval 5 órán át főzzük és azután az anyagot forró vízzel jól kimossuk és leszűrjük. A szüredék 10%-os NaOH-dal közömbösítve lesz és ebben az oldatban lesz a cukor meghatározva, amelynek mennyisége 0.9-el szorozva adja meg a hemicellulozék tömegét.

Az anyagot, amelyből a hemicellulozekat eltávolítottuk, 80%-os kénsavval két órán át hidegen kezeljük, mikor mindazok a szénhidrátok, amelyek híg alkáliákban és híg savakban nem hidrolizálnak, vagyis a valódi cellulozek bomlanak szét, miközben a savban glucose halmozódik fel, mint a hydrolyzis végterméke. Ha a nyert cukortartalmat 0.9-el megszoroztuk, nyerjük a növényi maradványokban előforduló celluloze %-os mennyiséget. Ez valamivel kisebb lesz, mint az igazi celluloze százalék, miután az alkalmazott erős sav a glucose egy részét szétbontja.

A 80%-os kénsav által még szét nem bontott növényi rész tartalmazza végül a *lignint*. Ezt külön nem határozzuk meg, hanem a 80%-os kénsav kezelése után visszamaradt részben meghatározzuk a hamu mennyiségét és az össznitrogén mennyiségét *Kjehldahl* után, amelyeket levonva, a visszamaradt rész súlyából megkapjuk a lignin mennyiségét.

Ezzel az analitikai eljárással a leggyorsabban határozzuk meg a talajba kerülő növényi organikus anyag megközelítő kémiai összetételét, amely eljárással ugyancsak 86—95% közötti értéket nyerünk, azonban ez az eredmény is elegendő ahhoz, hogy következtethessünk arra, hogy mely anyagokból képződik a humusz.

Nézzük már most meg, hogy az előbb letárgyalt analitikai eljárás segítségével nyert vegyületsoportok mennyire ellentállóak különböző mikroorganizmusokkal szemben, hogy aztán következtetést vonhassunk az irányban, hogy milyen mértékben vesznek azok részt a humuszanyagok kialakulásánál.

Az aetherrel és forró alkohollal kiextrahált alkotórészek közül vizsgáljuk meg először a zsíroknak a szerepét a talajban. A zsírokat a talajban nem egyes jellegzetes zsírbontó mikroorganizmusok bontják, hanem ezzel a tulajdonsággal nagyok sok mikroorganizmus bír. Különösen *penészgombák*, azután sok *aerob baktérium*, de ezek között igen erőteljesen a *Pseudomonas fluorescens* az, amely bontja a zsírokat. Különböző vizsgálatok azt mutatják, hogy a zsírnak glicerinná és zsírsavvá való felbontása anaerob módon is történhet, a további felbontás azonban anaerob módon történik. *Söhngen* vizsgálatai igazolják azt is, hogy nitrátok jelenlétében igen erőteljes a zsírok anaerob szétbontása, miközben a nitrátok denitrifikálva lesznek.

A viaszok a talajban szintén bomlanak, különböző mikroorganizmusok által, csak hogy ez a bomlás sokkal lassúbb, mint a zsíroké.

A cserzőanyagok közül a tannint a talajban állítólag csak a *Penicilium*, az *Aspergillus* és a *Citromyces*-félék támadják, legújabban *Wolff* szerint a *Neottia Nidus avis* nevű mykorhyza gomba is támadja. Általában azonban az mondható, hogy még egyáltalában nincs tisztázva a cserzőanyagoknak bomlási szerepe a talajban. *Rippel* és *Keseling* szerint a baktériumok a cserzőanyagokat nem bontják.

Az alkaloidák, terpenek, növényi festékanyagok a talajban szintén különböző mikroorganizmusok által szétbomlanak, azonban e kérdés sincs még teljesen tisztázva.

A hideg- és forróvízben oldható növényi alkotó részek különböző mikroorganizmusok által igen gyorsan bomlanak és ez a bomlás teljesen független a talajban előforduló ásványi tápanyagoktól. A vízben oldódó cukor gyorsan eltűnik a talajból, miután a cukrot (glukozt) a nitrogént asszimiláló baktériumok energiaforrásnak használják fel úgy, hogy ezáltal ezek függetlenítették magukat a talajban előforduló felvehető nitrogéntől.

Igen nagy jelentőségűek a talajban a különböző organikus

savak, amelyek nagyrésze hideg és forró vízben oldódik, amely savak azonban csak kisebb részben vannak meg eredetileg a növényben, hanem túlnyomórészt a cellulóze mikroorganizmusok általi bontásánál képződnek.

Hogy az organikus savak olyan gyorsan elbomlanak a talajban, elsősorban azzal magyarázzuk, hogy igen sok mikroorganizmusnak, Carbon tápanyagul szolgálnak.

Igy a növényi organikus savak közül a *hangyasavat* 30, az *almasavat* 41 féle mikroorganizmus bontja el, a *propionsavat* 13, az *ecetsavat* 14 és a *chinasavat* 10 féle mikroorganizmus támadja *Maassen* szerint. Legkevésbé támadják a mikroorganizmusok az oxalsavat, amelyet különösen a *Bac. extorquens*, azután a carbamidot bontó baktériumok, továbbá a penészgombák támadják meg.

Az organikus savak a talajban anaerob mikroorganizmusok támadása folytán Methanra és Hydrogenra bomlanak. Így a *Bacterium formicium* hangyasavból szén-savat és hidrogént alkot, szintén úgy a *Bacillus coli*. Egy *Pseudosarcina* organikus savakból Methant alkot.

A forró és hideg vízben oldódó fehérjéket, továbbá a vízben oldhatatlan növényi fehérjéket a talajban igen sok mikroorganizmus bontja, amennyiben ezek a fehérje Carbon vázát támadják, miáltal ammonia szabadul fel és a fehérje nitrogén tartalmának csak igen kis része használdik fel az illető mikroorganizmus által. Ezek a tulajdonképpen fehérjét bontó mikroorganizmusok, amelyek a fehérje rothadását okozzák, a szükséges carbont nem a szénhidrátokból, hanem a fehérjékből veszik. Ezekre igen jellemző, hogy a zselatint folyékonnyá teszik.

A legfontosabb anaerob fehérjebontó a *Bacillus putrificus*, amely cukrot nem erjeszt, továbbá a *Bacillus vulgaris*, amely szintén cukrot nem erjeszt és fakultatív anaerob.

Az aerob fehérjebontó mikroorganizmusok közül egynéhány festékanyagot tartalmaz. Ilyen a *Pseudomonas fluorescens* és *P. pyocyaneus*, továbbá a *Bacillus prodigiosus*, a vérző hostia okozója. További aerob fehérjebontó mikroorganizmus a *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus Megatherium*, amelyek spórákat fejlesztenek, továbbá a spórákat nem fejlesztő *Bacillus coli*, amely különösen a peptonokra és

aminosavakra hat. Fehérjebontó mikroorganizmusok továbbá a *thermophil* baktériumok, amelyek különösen az istállótrágyában fordulnak elő. A fehérjéket bontják továbbá a különböző *Actinomycetese*k, továbbá különböző gombák, mely utóbbiak különösen savanyú humusztalajban működnek.

A fehérjebontó mikroorganizmusok a talajban a fehérjékből először peptonokat, polypeptideket képeznek, amelyekből aztán aminosavak keletkeznek. Ezekből a további bontás alatt zsírsavak, ammonia, továbbá különböző vegyületek, mint amilyen a *phenol*, *indol*, *skatol*, aminok, SH_2 , phosphorsav esetleg illékony phosphorvegyületek és szénsav képződnek. A keletkezett zsírsavak azonban szintén szétbomlanak CO_2 , H és CH_4 -re.

A kutatás azt igazolja, hogy az ammoniaképződés a fehérjékből egészen visszaszorulhat az esetben, ha a fehérje mellett a talajban nagyobb mennyiségű szénhydrat van, mert ez esetben a mikroorganizmusok nagyrésze inkább a szénhidrátok Carbonját használják fel és a fehérjebontás és így vele együtt az ammoniafejlődés gyengül. Ez a jelenség a talajban a humuszképződés szempontjából fontos és azért azt tüzetes vizsgálatnak vették alá. Így az *Aspergillus nigerrel* végzett kísérletek azt mutatják, hogy ha peptonon tenyésztik, akkor rengeteg ammonia fejlődik, mert a peptonban levő C az egyedüli szénforrás. Ha azonban cukrot adunk a pepton mellé, akkor igen kevés ammonia szabadul fel, mert kevés fehérje lesz bontva és mert a fehérje nitrogénjének nagy része a mikroorganizmusok sejtanyagának a felépítésére lesz felhasználva.

A talajban azonban nem az összes szénhidrátokat részesítik előnyben a mikroorganizmusok a fehérjével szemben. Így pl. a *Trichoderma*, amely jellegzetes cellulozebontó gomba, fehérje jelenlétében azt támadja meg és ammoniát szabadít fel.

A növényi pektinanyagokat a talajban olyan baktériumok bontják, amelyek cellulozet felbontani nem tudnak. Ilyen anaerob baktérium a *Bacillus amylobacter* és a *Bacillus felsineus*. Fakultatív anaerob pektinbontó a *Bacillus asterosporus*, fakultatív aerob a *Bacillus mesenterikus*. A pektint a talajban különböző gombák is támadják, mint amilyen a *Cladosporium herbarum*, továbbá a *Mucor*-félék.

Nézzük már most meg, hogy a növényi maradványok

50—80%-át alkotó celluloze, hemicellulozek és a lignin, milyen bomláson mennek át a talajban.

A celluloze, amely a növényi maradványoknak majd 50%-át képezi, a talajban lassan, de folytonos bomlásnak indul. A bomlás gyorsasága elsősorban függ a növényi maradványokban és a talajban előforduló felvehető N. mennyiségétől és azért gazdagon termő talajokban a celluloze sokkal gyorsabban bomlik, mint terméketlen talajokban, mert az előbbieket sokkal több felvehető N-t adnak a mikroorganizmusoknak. Ha mesterségesen anorganikus N-t adunk kevésbé termékeny talajoknak, akkor azokban is gyorsabban bomlik a celluloze.

A cellulozet bontó mikroorganizmusokról még 10 esztendővel ezelőtt egészen helytelen felfogások uralkodtak és azt hitték, hogy a cellulozet csak anaerob mikroorganizmusok bontják. Ilyen anaerob mikroorganizmusok az *Omelianski*-féle Methan- és H-fejlesztő baktériumok. *Kellermann Mc. Beth*, továbbá *Löhmis* és *Lochhead* munkái alapján azonban a cellulozének hydrogen és methan erjesztése egyáltalában nincs még tisztázva és az *Omelianski*-féle H- és methanerjesztő baktériumok kérdése további vizsgálatokat igényel.

Igen erősen bomlik a celluloze anaerobviszonyok alatt a thermophilbaktériumok által, amelyek működési optimuma 65°C körül van. Ezeknél is a régebbi adatok, amelyek róluk szólnak, kiegészítő vizsgálatokra szorulnak.

Kellermann és munkatársainak munkái alapján tudjuk, hogy a celluloze túlnyomórésze a talajban aerobkörülmények között bomlik el, miután azonban ezek a mikroorganizmusok igen lassan működnek, a jelentőségüket egészen lekicsinyelték. Később *Hutchinson* és *Clayton* tenyésztettek ki egy különleges baktériumot, a *Spirochaeta cytophaga*, amely csak cellulozen volt kitenyészthető. *Winogradsky* az aerob cellulozebontó mikroorganizmusokat *Cytophaga*, *Cellvibrion* és *Cellfacicula* félékre osztja. Legújabbán *Bokor* volt az, akinek sikerült abszolút tiszta cellulozebontó mikroorganizmusok tenyésztését előállítani. Ez egy baktérium, amely az Actinomycetekhez közel áll. Ez a *Mycoccus cytophagus* és a *Hutchinson* által felfedezett *Spirochaeta* nem volt más, mint ennek a mikroorganizmusnak szétszakadt szála.

Hogy az Actinomycetesek milyen jelentőségűek a celluloze

szétbontásánál, azt még biztosan nem tudjuk, de közülök sok bontja a cellulozet.

Igen sok gombaféle szintén támadja a cellulozet a talajban és míg bázisos és neutrális talajban az aerob-baktériumok, addig savanyú talajban inkább a gombák bontják a cellulozet. A penicilliumfélék közül ismernek 27-et, az aspergilusfélék között 9 fajtát, amelyek bontják a cellulozet. További cellulozebontó gombák a *Trichoderma*, a *Fusarium*, a *Chaetomium*, a *Cephalosporium*, *Verticillium*, *Botrytis*-félék.

Úgy a gombák, mint az aerob cellulozebontó baktériumokra jellemző, hogy nagymennyiségű N.-t követelnek és ha 35 súlyrész szétbontott cellulozera 1 rész felvehető N. esik, akkor a cellulozé bontása a legerősebb. Ezt a nitrogént ezek a mikroorganizmusok, mint mikrobasesztanyagot lekötik.

Valószínű, hogy talán sohasem lesz lehetséges kimutatni, hogy a gombák, baktériumok és aktinomicetesek közül melyek azok, amelyek legjobban bontják a cellulozet és igazat kell adni az amerikai kutatóknak, akik azt állítják, hogy ez a kérdés nem is fontos, mert különleges körülmények között egyszer az egyik, máskor a másik mikroorganizmus bontja erősebben a cellulozet. Így a cellulozé bontása függ a talaj reakciójától, nedvességtartalmától, szellőzőképességétől, a növényi maradványok kémiai összetételétől. Így az amerikai kutatók kimutatták azt is, hogy ha a talajban kevés a nedvesség, akkor a cellulozet erőteljesebben a gombák támadják és csak kisebb mértékben a baktériumok és aktinomycetesek. Viszont nedvesebb talajban a legerősebb cellulozebontók a baktériumok. Lápokban a cellulozet anaerob baktériumok bontják, miután ilyen helyen az aerob baktériumok, gombák, aktinomycetesek hiányoznak.

A hemicellulozekat a talajban igen sok *Phycomycetes* támadja, amelyek azonban cellulozet bontani nem tudnak. De egyes aerob- és anaerob-baktériumok is képesek a hemicellulozekat elbontani, sőt az *Azotobacter* is energiaforrásnak használja a hemicellulozekat. Gombák és penészek szintén bontják a hemicellulozekat. Ezek között a mikroorganizmusokkal szemben legjobban ellentállanak a *galactanok*, kevésbé ellentállók a *mannánok* és a *pentosánok*. A növényi nyálkák állítólag még erősebben ellentállanak a mikroorganizmusok támadásának, mint a galacta-

nok. A hemicellulozekből a mikroorganizmusok hatása alatt felhalmozódás is történik, amit úgy magyaráznak, hogy a mikroorganizmusok, amelyek a növényi maradványokat szétbontják, a testükben szintetikus úton megint hemicellulozekat építenek fel.

A *lignin* alkotja a növényi maradványoknak legellentállóbb részét a talajban élő mikroorganizmusok szempontjából. A lignin sokkal lassabban bomlik, mint a celluloze és a hemicellulozek és hogy a humuszanyagok túlnyomórésze belőlük képződik, az igen valószínű. De hogy a lignint is bontják a mikroorganizmusok a talajban, az egész bizonyos, mert ellenkező esetben mindenhol ott, ahol növényi vegetáció borítja a talajt, igen hatalmas humuszfelhalmozódásnak kellene bekövetkeznie, ami azonban a valóságban, egyes különleges eseteket kivéve, nem következik be.

Azt tudjuk, hogy a rothadó fában különböző gombák és pedig elsősorban a *hymenomicetesek* támadják a lignint.

Igy a *Polyporus anmosus*, a *Trametes pini* nevű gombák, amelyek a fa fehér revesedését okozzák, a ligninanyagokat bontják el és a szó szoros értelmében eloxidálják őket, míg a celluloze visszamarad. Viszont a fa barna revesedését előidéző gombák (*Merulius*, *Poria*, *Coniophora* stb.) a cellulozet bontják szét, míg a lignin megváltozott összetételben visszamarad. Hogy azonban a fák revesedését előidéző gombák a talajban a növényi maradványból a lignint bontanák szét, az nem valószínű. Legfeljebb erdei humuszban van bizonyos szerepük. Igen valószínű, hogy aerob mikroorganizmusok (baktériumok) támadják elsősorban a lignint, miután ki van mutatva, hogy anaerobkörülmények között igen nagy a lignin ellentálló képessége a mikroorganizmusokkal szemben. A lignin szerepéről a humusz képződése körül, még igen keveset tudnak és csak legújabban vizsgálják a kutatók a lignin szerepét, a humuszképződéssel kapcsolatban, amióta különböző elméletek a vízalatti tőzeg és a szenek képződését a ligninnel hozzák kapcsolatba.

Ismertette a növényi maradványok főalkotó részeit a talajban, továbbá mindazokat a mikrobiológiai körülményeket, amelyek ezeket a növényi vegyületsoportokat különböző módon szétbonthatják, meg kell említenünk még azt is, hogy a talajban élő állatok elhalt maradványai szintén elég jelentős mértékben szolgáltatják a különböző mikroorganizmusoknak a humifikációs

nyersanyagot. Ezeket felemlítve, most már meg fogjuk érteni, hogy a talajban előforduló organikus anyag, különböző részekből fog állani, és pedig először elhalt, még kevésbé megváltozott növényi és állati maradványokból, azután elhalt és élő mikroorganizmusokból, továbbá a növényi és állati maradványok mikroorganizmusok által átalakult részeiből, úgynevezett humuszkísérő anyagokból és végül olyan anyagokból, amelyek már csak lassan alakulnak át a humifikáció további folyamata alatt és amelyek az előbb felemlített csoportokból összetett fizikai, kémiai és biológiai jelenségek hatása alatt képződtek, miközben a keletkezett termékek még egymással is reakcióba léphetnek. Ezek a valódi humuszanyagok. Így aztán képződik a talajban az a sötétszínű anyag, amely az előbbi három alkotórészt tartalmazza, amelyet humusznak nevezünk és amely az előbbieket figyelembe véve, nem is lehet más, *mint különböző organikus vegyületek kolloidális komplex keveréke*, amely keveréket az alkotó részeire szétbontani ma még lehetetlenség.

A humuszban előforduló, még meg nem változott növényi maradványok cellulozéból, pektinből, hemicellulozéból, zsírokból, gyantákból, fehérjéből, viaszokból állanak és ilyen állapotban szintelen vagy csak igen kis mértékben színes vegyületek, amelyek azonban változatlan állapotban a talajban nem maradnak meg, hanem hosszabb vagy rövidebb idő alatt a mikroorganizmusok víz és O hatása alatt változáson mennek át, mikor belőlük átalakult termékek képződnek, amelyeket *Maiwald humuszkísérő anyagoknak*, az amerikai kutatók *humuszkivonatnak alkotó részét nem képező alkatrésznek* nevezték el.

A humusznak ez a része nem valódi humuszanyagokból áll és az amerikai kutatók munkái alapján *alkoholokból, cukrokból, zsírsavakból, carbamid, benzol* leszármazottakból, *heterocyklusos és komplex* vegyületekből állanak.

Az alkoholok közül egyes esetekben bennük nagyobb mennyiségben a *mannit* fordul elő, azután megtalálható a *Rhamnose*, továbbá a savak közül az Oxalsav, a borostyánkősav és a cukor-sav. Az oxalsav ritkábban fordul elő, de akkor nagyobb mennyiségben. A többi savak közül kimutattak *dioxy és trioxy stearinsavat, az oxybehensavat, olajsavat* stb.

A *carbamid*-leszärmazottak közül sokszor nagyobb mennyiségben sikerült kimutatni a *cyanursavat* (CONH)₃, továbbá a xanthint, hypoxantint, Gytosint, Ademint, Kreatinint, azután igen sok esetben a *Cholin* növénybázist. Különböző aminosavakat is sikerült kimutatni, így a *Histidint*, *Arginint*, *Lysint*. A benzol leszärmazottak közül sikerült kimutatni a *benzoetsavat*, *p. oxybenzoetsavat*, *Salicilaldehidet*, igen ritkán a *trithiobenzaldehidet*, továbbá a *vanillint*. Ezek között a benzoetsav csak ritkán fordul elő, de akkor nagyobb mennyiségben. A trithiobenzaldehid jelenléte a talajban habár csak nyomokban is, nehezen érthető meg. Lehetséges, hogy úgy képződik, hogy a növényekben előforduló amygdalinból benzaldehid keletkezik, amely a mikroorganizmusok által fejlesztett SH₂-vel trithiobenzaldehidet ad.

A heterocyklosos és komplex vegyületek közül a valódi humuszanyagokat kísérik a *pikolincarbonsav* és *nucleinsavak*. A valódi humuszkísérő anyagokról meg kell még említeni azt is, hogy sok esetben nem egészen biztos még, hogy ezek változatlan építőanyagok-e, melyekből a növényi és állati szervezet épül fel, vagy pedig mikroorganizmusok működése folytán képződnek. De az a gondolat se vethető el, hogy ezek a kísérőanyagok esetleg csak az analitikai eljárás folyamata alatt képződnek az oldószerek hatása alatt, habár pl. élőnövényből még híg alkáliával vanillint nem sikerült előállítani. Így a *Mannit*, *vanillin* jelenlétét a talaj organikus anyagába valószínűleg azzal kell magyarázni, hogy itt kezdődő humifikációs jelenséggel állunk szemben.

A *valódi humuszanyagok*. Ezek az anyagok alkotják a talajban az organikus anyagnak túlnyomó részét. Ezek csak lassan bomló anyagok, a humuszt kísérő anyagokhoz képest és kémiai szerkezeti összetételük még teljesen ismeretlen, továbbá még nem tudjuk, hogy végeredményben miképp képződtek és a humuszkísérőanyagok között és közöttük hatalmas ür tátong, amelyet a kutatóknak még legkevésbé sem sikerült áthidalni. Így hát a valódi humuszanyagok mibenlétét még tudományosan megközelítőleg sem tudjuk megállapítani, hanem csak úgy általánosságban azt mondjuk, hogy a valódi humuszanyagok sötét amorph, nagyrészen kolloidális anyagok, amelyek a talajban

állati és növényi maradványokból képződnek kémiai és biológiai jelenségek közreműködésével. Az összetételük nem egynemű, hanem keveréket alkotnak, amely keverék alkotrészei egymáshoz fizikailag és kémiailag hasonlítanak és amelyek alkáliákban többé-kevésbé oldódnak, de amelyek elválasztása a talaj anorganikus részeitől az extractio folyamata alatt kifogástalanul nem sikerült, mert az alkalmazott extraháló anyagok a talajban előforduló jellegzetes humuszanyagokat egész biztosan elváloztatják.

4 évtizeddel ezelőtt azt hitték (*Hoppe Seyler*), hogy ezek a jellegzetes humuszanyagok egyáltalában nem bomlanak tovább és a talajban a legnehezebben bomló ásványokkal kiállják a versenyt az állandóság szempontjából, míg újabb vizsgálatok (*Pistor*) nem mutatták meg, hogy ezek a humuszanyagok különösen neutrális vagy kissé bázisos talajban a mikroorganizmusok hatása alatt lassú bomlásnak vannak kitéve úgy, hogy emiatt állandó változatlan szerkezeti összetétel náluk nem képzelhető el.

Hogy a növényi és állati maradványokat alkotó építőanyagok közül melyek azok, amelyek legelsősorban jellegzetes humuszanyagokká alakulnak át, arról még egynéhány esztendő alatt a legkülönbözőbb felfogások uralkodtak és sajnos, még ma sem alakult ki egységes felfogás e kérdésben, dacára annak, hogy elég terjedelmes irodalom létezik. Így az irodalom figyelembevételével az állítható, hogy a valódi humuszanyagok kétfélék és pedig olyanok, amelyek túlnyomórészt fizikai és kémiai jelenségek közreműködésével jönnek létre, vagy pedig túlnyomórészt biokémiai jelenségek folytán. A fizikai és kémiai jelenségek folytán létrejövő valódi humuszanyagok közül megkülönböztetjük *Maiwald* szerint a *nitrogenmentes ligninhumuszt*, továbbá a *nitrogéntartalmú cserzőanyaghumuszt*, amely lehet megint *elsődleges* és *másodlagos* eredetű.

Nitrogénmentes ligninhumusz. Ez a humusz úgy képződik, hogy a mikroorganizmusok a növényi maradványokból a talajban felszabadítják a sejtfalakból a lignint, amelyben phenol és chinon csoportok vannak, amelyek az esetben, ha a talaj kissé alkalikus reakciójú, a levegő O-vel reagálnak, miközben *oxychinon* lezármasztottak képződnek, amelyek végül ligninhumuszba mennek át. Ebben a ligninhumuszban azonban előfordulhatnak növényi zsírok, olajok, viaszok, gyanták, chlorophyll és sterinek is, amely

vegyületek anélkül, hogy megváltoznának, egyszerűen a lignin-humusszal összekeverednek. A ligninhumuszok egy részét alkotja még az a humusz is, amely N mentes és amely cserzőanyagokból képződik, amelyek a levegő O-jének hatása alatt phlobaphenekké (festékanyagokká) alakulnak át, mikor további átalakulásnál humuszanyagok képződnek belőlük, ahogy ezt *Ad. Mayer* kísérletei mutatják, aki különböző organikus anyagok keverékéből bizonyos körülmények között csak a cserzőanyagokból kapott humuszszerű anyagokat.

A ligninhumusz a talajban az egyedüli tulajdonképpeni humuszanyag, amely a ligninnek mikroorganizmusok általi felszabadulása után a mikroorganizmusok további biokatalitikai közreműködése nélkül képződik és a laboratóriumban előállított mesterséges szintetikus humusz anyagok a ligninhumuszt közelítik meg legjobban, úgy kémiai, mint fizikai tulajdonságaiban, anélkül azonban, hogy vele azonosak volnának.

Itt megemlítem, hogy ligninhumusz alkotja valószínűleg a tropusi szárazabb talajokban előforduló *humusz szenet*, amely a tropusi semiarid talajok humuszának nagy részét alkotja.

Az elsődleges N. tartalmú cserzőanyag humusz. A talajban a növényi maradványokból felszabaduló cserzőanyagok, továbbá a növényi maradványokból keletkezett szabad fehérje egymással kémiai reakcióba lépnek és igen állandó *cserzőanyagfehérje-vegyületek* képződnek, hasonlóan mint az állati bőrcserzésnél, mikor a bőr állandóságát az éghajlati elemekkel szemben a bőrben képződött cserzőanyag-fehérjevegyületek okozzák.

A másodlagos N tartalmú cserzőanyaghumusz. Ez a humuszanyag azokból a mikroorganizmusokból képződik, amelyek a talajban a cukrokat, hemicellulózokat, cellulózokat, pektont, gumianyagokat, fehérjéket bontják, miáltal szintézis útján új mikrobaplazma képződik, amelynek egy része a mikrobák által tovább csak igen nehezen bomlik. Ez a rész a talajban előforduló cserzőanyagokkal, *fehérje cserzőanyag humuszt ad*, amely a képződési körülményeit figyelembe véve másodlagos eredetű.

A túlnyomórészt biochemiai jelenségek által létrejövő valódi humusz anyag a *melanin* humusz, mely lehet megint *elsődleges* és *másodlagos*.

Melanin humusznak azért nevezzük, mert hasonlít azokra a

sötétszínű pigmentekre, amelyek phenolszerű vegyületekből oxydáció útján biológiai katalyzis közbejöttével képződnek.

A *primer melanin humusz* a növényi maradványok fehérjéből képződik, amelyeket a mikroorganizmusok először építőanyagjaira szétbontják. Ezek közül pl. a benzolgyököt, pyrolgyököt tartalmazó alkotórészek a levegő oxigénjének és oxydáló enzymeek közreműködésével oxydálódnak és sötétszínű N-tartalmú elsődleges melanin-humusszá alakulnak át. A szükséges oxydáló enzymeek az eredeti növényi vagy állati maradványokból származnak vagy pedig a mikroorganizmusokból.

A *másodlagos melanin humusz* a valódi humuszanyagok igen tekintélyes részét alkotja és kétféle módon képződik. A növényi fehérjék a talajban, továbbá az állati fehérje maradványok, továbbá a chitin, azután a szénhidratok, aminosavak, cellulose, hemicellulozek, mikroorganizmusok közreműködésével szétbomlanak, amely bomlási termékekből a bomlást végző mikroorganizmusok új plazmát képeznek, amely két részből áll. Az egyik rész a mikroorganizmusok elhalása után további mikroorganizmusok által megtámadva nem lesz, hanem oxydatios formentumok, amelyek az elhalt mikroorganizmusokban fordulnak elő *másodlagos nitrogén tartalmú melanin humusszá* alakulnak át. A második rész könnyen bomló nitrogén tartalmú anyagokból áll, amelyek mikroorganizmusok hatása alatt újból szétbomlanak, amely anyagokból a mikroorganizmusok a talajban előforduló cellulose esetleg a lignin karbonjának egy része felhasználásával újból mikrobiális plazmát alkotnak. Ezen mikrobiális plazma elbontásával aztán részben CO_2 , — NH_3 — H_2O , képződik, részben pedig igen ellentálló protoplazma maradványok, amelyek oxydáló enzymeek hatása alatt *másodlagos melanin humusszá* alakulnak át.

A talajban előforduló humuszos anyagok, az előbbieket figyelembe véve, mindig nagyobb mennyiségű N-t tartalmaznak, amely 2—3.5 százalék között váltakozik, dacára annak, hogy az élőnövényben az N mennyisége a Carbon-tartalomhoz képest elenyésző kevés. A kutatók összehasonlítást végeztek az irányban is, hogy a humuszban a C/N viszonyszám milyen, mert ebből bizonyos következtetéseket gondolnak vonni a humifikáció mértékére. Így pl. a gabonaneműek szalmájában ez a viszonyszám 100:1, a lombfak leveleiben 50:1, viszont normális körülmények

között a talajban átlagban 10:1. Abnormális körülmények között egészen más értékek is előfordulhatnak. Így a nedves trópusokban C/N értéke átlagban szintén 10:1, de a feltalajban 8:1, 12—1, sőt savanyú őserdőtalajokban 15, 16:1, lehet, míg az altalajban 4:1-re csökkenhet. Ez utóbbi esetben feltűnő a nagy N-tartalom és ezzel magyarázható ezen talajok nagy termőképessége. Szárazabb trópusos talajokban C/N értékének átlaga 12—12.5 körül van (Egyiptom, Szudán). Északamerikai talajokban a C/N értéke a talajszelvény különböző rétegeiben eltérő lehet, de a szelvény átlaga mégis 10.5:1, viszont a feltalajok átlagos értéke 12.8:1-hez, vagyis valamivel nagyobb, mint az átlagosnak elfogadott 10:1 viszonyszám. A C/N viszonyszám nagyságából következtethetünk a humuszképződés menetére. Ha ez 10:1-hez, akkor a talajban a humuszanyagok elbontása, újbóli képződése, továbbá a mikroorganizmusok működése egyensúlyban van. Ha azonban a C/N viszonyszám a talajban 25:1, akkor ez azt jelenti, hogy a talajban az összes nitrogén a mikrobiális működés folytán igen nehezen oldódó állapotba került és azért a Carbonnak az elhasználása megszűnik és a talajban felhalmozódik. Ezzel magyarázható az éretlen istállótrágya terméscsökkentő hatása, amennyiben a túlsok fel nem bomlott szalma miatt a mikroorganizmusok megkötik az egész N.-t a talajban és azt a gazdasági növények nem tudván felhasználni, termésük csökkenés következik be. Viszont, ha a talajban a C/N viszonyszám kisebb, mint 10:1, akkor a talaj nitrogénjének nagy része mint nitrat és ammonia szabadul fel, miáltal kimosás és más biológiai jelenségek folytán nitrogénvesztés áll be a talajban, az esetben, ha az művelés alatt nem áll.

Legújabb vizsgálatok azt mutatják, hogy a C/N viszonyszámnak meghatározása igen fontos útmutatást ad az istállótrágya beérésének fokáról is, ami trágyázási szempontból fontos. Így, éretlen istállótrágyában a C/N viszonyszám 30:1, míg jól érett istállótrágyában 15:1. Nem egészen érett istállótrágyában 20:1.

A humuszanyagok carbontartalma a gyakorlat szempontjából nagyjelentőségű, miután ebből a carbontartalomból határozták meg a talaj humusztartalmát Tudniillik, majdnem 100 éve lesz nemsokára, hogy a talajból natronlúggal különböző humifikációs termékeket extraháltak ki, amelyekben meghatározták a C-tartal-

mat, mikor is 50 százalék C-t nyertek és ennek az alapján általánosságban kimondták, hogy a talaj organikus anyagának C százaléka 58 és a talajban nyert carbonszázalékot meg kell szorozni 1.72-vel, mikor megkapjuk a talaj humusztartalmát.

Későbbi vizsgálatok azonban azt mutatták, hogy a feltevés, hogy a humuszban a carbontartalom 58 százalékot tesz ki, egészen önkényes és az csak a legritkább esetben felel meg a valóságnak. Így pl. a talaj valódi humuszanyagának azon része, amely alkáliákban nem oldódik, az úgynevezett humusz szén 62—66 százalék Carbont tartalmaz, viszont a nem humifikált celluloze csak 44 százalékot, a pektin anyagok 40 százalékot, a lignin 55 százalék Carbont tartalmaznak, úgy hogy ennek alapján bátran állítható, hogy a humusz carbontartalmát 58 százaléknak venni, nem helyes.

Itt megjegyzem még, hogy a talajtermőképesség szempontjából fontos kérdés lenne a humuszanyagok phosphortartalma, is, azonban e téren még keveset tudunk csak. Így pl. *Vageler* szerint a tropusos és szubtropusos talajok humuszában igen nagy a phosphorsavtartalom és a humuszban több a phosphorsav, mint a talaj ásványi eredetű részében, továbbá erre a phosphorsavra az is jellemző, hogy könnyen oldódik alkáliákban.

A biochemiai munkálatok alapján ma tehát az a felfogás alakult ki, hogy a humuszanyagok változatlan *növényi maradványokból, meghatározható humuszkísérőanyagokból és valódi humuszanyagokból* állanak. A valódi humuszanyagok szerkezetéről majdnem semmit sem tudunk és azért nem is csodálkozhatunk azon, hogy éppen velük igen sokan foglalkoztak, hogy a szerkezetüket megfejtse. A kutatók kétféle irányban dolgoznak és pedig úgy, hogy a talajban képződött humuszanyagokból akarnak különböző kémiai vizsgáló módszerek segítségével egyes jól definiálható anyagokat elkülöníteni és ezek szerkezetét megállapítani, vagy pedig ismert összetételű organikus anyagokat kémiai módszerek segítségével, humuszszerű, úgynevezett *mesterséges humuszanyagokká* alakítanak át és ezek szerkezetét vizsgálják és hasonlítják össze a természetes humuszanyagokkal.

Az első eljárásnál a humusztartalmú talajt vagy a tőzeget, 4—5 százalékos ammoniával (*Grandeau*) vagy 5 százalékos NaOH-val (*U. Springer*) vagy 2.5 százalék Na OH-dal extrahálják és a

lúgos oldatba átment humuszanyagokat lecsapják és azokat vizsgálják. Ujabb extrakciós eljárás az, mikor a talaj humuszanyagait *acetyl bromiddal* kezelik, mikor az összes még meg nem változott sejtmembranrészek oldódnak fel és visszamaradnak a humuszanyagok. Az ammoniás kivonatolást ma már nem igen alkalmazzák, hanem helyette a nátronlúgos kivonatolást, amelyet *Springer* előírása szerint a következő módon végzik. A talajból a humusztartalom szerint 1—20 gr.-ot lemérnek és 100 cm³ 5 százalékos sósavat adnak hozzá és ezt a keveréket félórán át 50—70 C°-nál melegítik. A sósavas kezelésre azért van szükség, hogy carbonatok, abszorbeált bázisok és elektrolytek kioldódjanak, továbbá hogy a humatokból a huminsavak szabaduljanak fel. A félórás sósavas kezelés után a talajt egy *Gooch*-tégelyen átszűrjük és vízzel jól kimossuk. A kimosás után a tégelyben levő összes talaj az asbestanyaggal együtt egy kis Erlenmayer-lombikba kerül és reaja 100 cm³ 5 százalékos nátronlúgot öntünk és az üveget kis üvegtölcsérrel bezárva, a talaj asbest- és lúgkeverékét egy félórán át főzzük egy dróthálón. Utána az egész egy 250 cm³-es mérőlombikba kerül, amelyben a jelig feltöltjük vízzel a sötét oldatot. Ennek megtörténte után a mérőlombikot 24—48 óráig állni hagyjuk, mikor a talaj leülepedik és felette egy tiszta sötét folyadék látható, amelyből pipettával megfelelő folyadékmennyiséget veszünk ki. Ebben a folyadékban levő humuszanyagok kerülnek vizsgálat alá.

Az amerikai iskola (*Waksmann*) *Springerrel* ellentétben a talajt sósavval előzőleg nem kezeli, hanem 50 gr. talajt 50 cm³ 2.5 százalékos nátronlúggal autoclavban 1 athmosféránál extrahálja félórán át és utána a talaj lúgkeverékét 48 órán át állni hagyja. Utána a sötét oldatot leszűri és a talajt megint 50 cm³ 2.5 százalékos nátronlúggal autoclavban extrahálja, ugyanúgy, mint az első esetben. A második extraktum az első szűrőn át lesz szűrve és a talaj is a szűrőre kerül, utána pedig a talaj 2.5 százalékos NaOH-dal és végül desztillált vízzel ki lesz mosva.

A szüredéket most langyos 10 százalékos sósavval kezeljük, míg csapadék nem képződik, azután pedig az elhasznált sósav mennyiségének a felét hozzáadjuk a keverékhez és a keveréket jól összerázzuk.

Ennek megtörténte után a keletkezett csapadékot leszűrjük és

kimossuk, mikor a csapadék az α frakciót képezi. A leszűrt folyadékot 2—3 százalékos nátronlúggal közömbösítjük, mikor újból csapadék képződik, amelyet szintén leszűrünk és kimossuk, ez a β frakció. Ez a két frakció kerül most további vizsgálat alá.

Az acetyl bromidos extrakciónál *Springer* szerint a humusztartalom szerint 1—10 gr. talaj kerül a Soxlet-készülékbe 50 cm³ acetyl bromiddal, mikor 40 C°-nál történik két napon át az extrakció. Utána a talajról a folyadékot *Gooch*-tégelyen átszűrjük és acetyl bromiddal kimossuk, míg a folyadék színtelenül nem megy át a szűrőn. A talajt a benne levő humuszanyagokkal együtt 90 C°-nál félórán át szárítjuk és utána aetherrel addig kezeljük, míg a *Gooch*-tégelyen átmenő aether színtelen nem lesz. Az ilyen módon kezelt talajban olyan humuszanyag marad vissza, amelynek 58 százalék a carbontartalma, azonban további szerkezetéről még nem sokat tudunk.

A híg 2.5 és 5 százalékos natron hydroxydban oldhatatlan humuszrészt nevezik *huminnak* (*humuszszennek*). Ez áll a legerősebben humifikált részből, továbbá még el nem bomlott növényi és állati maradványokból. A carbon tartalma 65 százalék körül van. Vízben, alkoholban nem oldódik, szintén úgy lúgokban, amely utóbbiakban azonban megdagad. Hogy azonban a huminok kicsodák, nem tudjuk. Lehetséges, hogy a később tárgyalt *huminsavaknak* anhydridjei. Valószínű, hogy a képződésüknél első sorban a növényi lignin complexum működik közre. *Biztos, hogy a talaj adszorbeáló complexuma organikus részének túlnyomó részét alkotják*, az ásványi talajalkotó részekkel a legegyszerűsebben össze vannak keverve és azoktól egészen elválasztani nem nagyon lehet. Feltehető, hogy nem egy egynemű anyagból állanak és valószínűleg fokozatos átmenetek vannak az alkáliákban oldódó huminsavakhoz.

A híg alkáliákban oldódó humuszanyagokat huminsavaknak nevezik. Ezek lehetnek kétfélek. Ha tudniillik az alkalikus humuszkivonatot, amelyből már eltávolítottuk a huminanyagokat, sával megsavanyítjuk, akkor csapadék fog képződni, de a savanyú oldatban a humuszanyagok egy része oldott állapotban marad. A savanyú oldatban maradt humusz részt *vízben oldódó huminsavaknak* nevezzük, míg a savanyú oldatból kicsapódó részt *vízben oldhatatlan huminsavaknak* vagy *nyers humuszsavaknak* nevezik.

Az alkáliákban oldódó humusz részt egyes kutatók nem is részletezik további alkotó részekre, hanem az alkáliákban oldódó humuszrészét összefoglalják és pl. *Grandeau* azt *matière noire*-nak nevezi. A huminsavak állítólag a növényi nyálkából és pektinanyagokból felszabaduló tetragalakturonsav és annak leszármazottaiból képződnek.

A vízben oldódó huminsavakat *Sven Oden fulvosavaknak* nevezi és azok állítólag igen savanyúak, a vízben sárga színnel oldódnak, carbontartalmuk nem nagy és úgy látszik, még nincsenek erősen humifikálva.

A vízben nem oldódó huminsavak szerkezetével sok kutató foglalkozott, mert azt hitték, hogy közöttük fog sikerülni leghamarább olyan vegyületeket elválasztani, amelyek strukturáját már könnyebb lesz megállapítani. Így *J. Mulder* egy vízben nem oldódó huminsavak $C_{24}H_{18}O_9$, *W. Detmer* $C_{60}H_{54}O_{27}$ képletet adnak. Sajnos, ezekkel a képletekkel, amelyeket úgy nyertek, hogy hosszú tisztogatási eljárással elválasztottak végre egy vízben nem oldódó huminsavat hatalmas analitikai munkát végeztek ugyan, de még egyáltalában nem jöttek közelebb a huminsavak szerkezetéhez.

A vízben nem oldódó huminsavakat a vízben oldódóktól centrifugálással választjuk el és azután forrásban levő aethylalkohollal kezeljük, miközben egy részük alkoholban feloldódik. Ezeket *Sven Oden hymatomelánsavaknak*, míg az alkoholban oldhatatlan részt *humuszsavaknak* nevezte el.

A *hymatomelánsavak*, ha alkoholból kicsaptuk őket és megszáradtak, alkoholban nem, vagy csak igen nehezen oldódnak. Tehát a száradás folytán úgy látszik, változáson mennek át. De az alkoholos hymatomelánsav-oldat, amely kezdeben valódi oldat benyomását teszi, bizonyos idő múlva megzavarodik és belőle csapadék válik le. Ez a csapadék állítólag *humuszsav*. Az amerikai kutatók a hymatomelánsav frakcióból petrolaetherrel két választékot kapnak. A petrolaetherben oldódó részben sok humuszt kísérő anyagot mutattak ki, míg a petrolaetherben oldhatatlan részben viaszszerű humuszkísérő anyagot sikerült kimutatni. A hymatomelánsav-frakció carbontartalma 60 százalék felett van.

A vízben nem oldódó huminsavakat, amelyek forrásban levő alkoholban oldhatatlanok, *humuszsavaknak* nevezzük. A humusz-

szal foglalkozó kutatók nagy részének a humuszsavak kedvenc tere volt és azért tudunk erről a humusz-frakcióról a legtöbbet, habár ki kell jelentenem, hogy ez is még igen kevés. A humuszsavakat igen sokan analizálták meg, úgy a chromsavas, mint az égető elemzés segítségével, mikor kitűnt, hogy ezek carbontartalma 58 százalék körül van és azért vették standardnak ezt az 58 százalékot, a talaj összhumuszának meghatározásánál, ami ahogy ezt már az előbbiekből tudjuk, egyáltalában nem helyes.

A humuszsavak szerkezetével sokan foglalkoztak. Így *Sven Oden* egy leválasztott humuszsavat négybázisos középerős savnak tart, amely vízben igen nehezen oldódik, de könnyen alkot a vízzel kollodiális disperziót. Szerinte a humuszsav a következő képlettel bír: $C_{60}H_{52}O_{24}(COOH)_4$. A humuszsavak, ha őket alkáliákkal összehozzuk, könnyen feloldódnak és alkálihumatok oldatát nyerjük. Ha a humuszsavakat 100 C°-nál hosszabb ideig szárítjuk, akkor vizet veszítenek és szénszerű anyaggá alakulnak át, amely már alkáliákban nem oldódik, tehát huminszerű anyagokká alakulnak át.

Mivel a humuszanyagok alkalikus extrakciójával a humuszanyagok szerkezetének megoldása nem nagy eredményeket mutatott, a kutatók nagy része, különösen újabban, egy másik eljárásához folyamodott, tudniillik ismert összetételű vegyületekből, amelyek a növényben is előfordulnak, különböző eljárások segítségével úgynevezett mesterséges humuszanyagokat képeztek és ezeknek vizsgálták a szerkezetét, azután pedig összehasonlították őket a természetes humuszanyagokkal.

Igy a vegyészek már régóta ismerik azt a jelenséget, hogy szénhidrátok, szőlőcukor, nádcukor, keményítő, híg sósavval hosszabb ideig főzve, fekete, egészen humuszszerű anyaggá alakulnak át.

Ennek a sötét anyagnak fokozatos vizsgálata azt mutatta, hogy ez a kezdő stádiumban savakban feloldódik, később savakban oldhatatlan lett, de alkáliákban feloldódott, vagyis huminsav tulajdonságú lett, végül pedig ez a sötétszínű anyag alkáliákban oldhatatlan lett és humintulajdonságokat vett fel. Sajnos, a cukorból képződött átmeneti vegyületeket, amelyekből ki lehetett volna venni, hogy a kevesebb carbonatomot tartalmazó cukorból hogyan képződik kondenzáció folytán egy sok C-tartalmú hu-

musz, nem sikerült elválasztani, mert a kondenzáció a sav hatása alatt igen gyorsan megy végbe. A cukoranyagoknak humuszszerű anyagokká való mesterséges átalakítása a szén képződésével foglalkozókat arra a gondolatra vezette, hogy szénképződést egyedül a cellulózéból származtatják le, ellentétben a ligninelmélettel, amely a szén képződését a fa ligninanyagából vezeti le. Ma a celluloze- és a ligninelmélet egymás mellett létezik és valóban nagy a valószínűség, hogy a szén a fa cellulózejából képződött, habár még egyáltalában nem tudjuk megmagyarázni azt, hogy a nem aromás cellulózéból hogyan keletkeznek aromás szerkezetű vegyületek, amelyek a szénben nagyobb mennyiségben fordulnak elő.

Az analitikai kémiában, mint oxygen elnyelő szert, az alkalikus pyrogaloldatot alkalmazzák, mikor az oldat megfeketedik és belőle jellegzetes humuszszerű anyag válik le. De nemcsak ez a háromértékű phenol, hanem a többi három és két vegyértékű phenol is átalakul oxydáló szerek hatása alatt humuszszerű anyaggá, amely anyagokat különösen *Eller* vizsgálta behatóan. Szerinte az oxydációs folyamat alatt, a phenolokból *oxychinonok* képződnek, amely oxychinonok egymással az oxygenen keresztül kapcsolódnak, miáltal létrejönnek ezek a *sötétszínű, alkáliákban oldódó úgynevezett phenolhuminsavak*. *Eller* aminophenolokból is állít elő humuszszerű anyagokat, amelyek nitrogént is tartalmaznak és azért nagyon hasonlítanak a természetes nitrogéntartalmú humuszanyagokhoz. Hogy a növényi maradványok phenolszerű vegyületeiből a talajban is, természetesen nagyon lassan képződhetnek ilyenféle humuszszerű anyagok, az biztos, de hogy ez a rész az összhumusznak milyen mennyiségű részét képezi, azt nem tudjuk.

Mesterséges humuszanyagokat elő lehet állítani még úgy is, ha aminosavakat vagy carbamidot koncentrált vizes cukor oldattal keverjük, amely humuszanyagok N-t is tartalmaznak és amely nitrogén a mesterséges humuszanyagban olyan erősen le van kötve, hogy úgy kémiai, mint biológiai behatásoknak rendkívül ellentáll. Képződnek ezek a nitrogéntartalmú mesterséges humuszanyagok még úgy is, ha az előbb említett vegyületeket savanyú oldatban engedjük egymásra hatni. Hogy az ilyen humusz-

anyagoknak a talaj humuszában mi a jelentőségük, azt sem tudjuk még.

Az előbbieket összefoglalva kimondható, hogy a talaj humuszanyagának szerkezetéről, dacára a sok kutató munkának, alig tudunk valamit és ebben a kérdésben a kutatók talán még nehezebb probléma előtt állanak, mint az enzim problémánál, amelyben még a leghivatottabb kutatók is eddig megfelelő eredményt kimutatni nem tudtak.

Ugy, ahogy a humusz szerkezetéről, dacára a sok részletmunkának, ami már ezen a téren megtörtént, alig tudunk valamit, éppen olyan keveset tudunk a humuszról kolloidkéimiai szempontból is. Ha tudniillik a növényi és állati maradványok a talajba kerülnek, akkor azoknak túlnyomó része egyáltalában nem kolloid tulajdonságú, kivéve egyes növényi fehérjéket és növényi nyálkákat, továbbá a keményítőt. A humifikáció bekövetkezése folytán azonban a növényi maradványok mind erősebb kolloid-tulajdonságokat vesznek fel, míg végre a valódi humuszanyagok jellegzetes kolloidanyagok. A kolloidális humuszanyagok a kolloidális diszperzió szempontjából a mai felfogás szerint három változatra oszthatók, amely 3 változat kialakulása nemcsak a humifikáció időtartamától függ, hanem attól is, hogy ez a humifikáció milyen körülmények között jön létre. Ha a talajban sok a Ca és Mg ion, amelyek a humifikáció folyamata alatt a humuszanyagokat ezekkel az ionokkal telíti, akkor olyan humuszkolloidot kapunk, amelynek a dispersiós foka vizes oldatban igen gyenge, száraz állapotban pedig ez a humusz durva dispers anyag, amely laza és morzsás szerkezetű. Ez az úgynevezett *telített vagy enyhe humusz* (mull) amelyről majd később részletesen meg fogok emlékezni.

Ha a humifikáció olyan körülmények között megy végbe, hogy a képződő humuszanyagok Na és K ionokkal telítődnek, mint pl. a sós (szíkes) talajokon, akkor az ilyen humuszanyagok még száraz állapotban is erős dispers anyagok és vizes oldatban igen erős kolloidális dispersiót alkotnak, amely dispersiós oldat a szíkes talajokban erős kimosásnak van kitéve, mikor a humusz a szíkfokban felhalmozódik.

Ha azonban a humifikációs jelenség úgy megy végbe, hogy hiányzik a talajban a Ca és Mg, de az alkali kationok is, akkor

az úgynevezett *savanyú humusz* vagy *telítetlen humusz* képződik, amely vizes oldatban erős kolloiddispersiót alkot. A savanyú humuszkolloid a hydrophil kolloidokhoz tartozik és a kolloid-szemcsék negatív töltésűek. A savanyú humusz kolloidális oldata elektrolytokkal szemben nagyon érzéketlen és csak sok elektrolyt jelenlétében koagulál. Jellegzetes humuszos sololdat a magas lápokban, továbbá a forróégövi erdei lápokban fordul elő, amely utóbbiakból folyókba kerül, mikor a jellegzetes forró égövi tusfeketesínű folyók képződnek. A savanyú humusz sol túlnyomórészt amikronokból áll, tehát dializálható. Ha a humusz kolloidális oldata megfagy, akkor a kolloidszemcséket körülvevő vízburok felszakad és egy irreversibilis részleges koaguláció következik be. Ha a humusz kolloidális oldatát bepároljuk és a vizétől megszabadítjuk és utána újból vízzel hozzuk össze, akkor a humusz felduzzad, de már nem tud annyi vizet felvenni, mint a bepárlás előtt.

(Folytatjuk.)
