

Különbféle szervesanyagok hatása a fejeérmegeyi lőszhát talajaira

DVORACSEK MIKLÓS

Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutató Intézete,
Martonvásár

Talajaink termőképességének fenntartásában és fokozásában a talaj humusztartalmának, táplálóanyag-szolgáltató képességének, valamint a víz- és levegőgazdálkodás optimális állapotának biztosítása érdekében a talaj szerkezetének van döntő fontossága. A talaj humuszkészletének lassú mineralizációja biológiai szükségesség. Az állandóan elbomló humusztartalom pótlása a talajba kerülő szervesanyagokból történik. A talaj morzsalékos szerkezetének fennmaradásához ugyancsak elengedhetetlenül szükséges, hogy a talajba állandóan friss, megfelelő minőségű, enyészetre képes szervesanyagok kerüljenek. A talaj termőképességének fennmaradása és fokozódása tehát elsősorban a talajba kerülő szervesanyagoknak a talaj humusztartalmára és minőségére, valamint ezen keresztül a talaj morzsalékos szerkezetére gyakorolt hatásától függ.

A talajba kerülő szervesanyag, minőségétől és lebomlásának körülményeitől, valamint a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaitól függően, különböző hatással lesz a talaj humusztartalmára, tápanyag-szolgáltató képességére és szerkezetének vízállóságára. A jelen dolgozatban ismertetett kísérlet célja az volt, hogy megállapítsam a különböző trágyaszereknek és gyökérmaradványoknak a talaj szervesanyag-tartalmára és szerkezetére gyakorolt, az elbomlás körülményeitől (aerob, anaerob, extrém) függő hatását. A kísérlet részben azoknak a vizsgálatoknak a megismétlése és továbbfejlesztése volt, amelyeket Kreybig 1950—52-ben ugyancsak Martonvásáron végzett [6, 7]. Kreybig tervei szerint ugyancsak Martonvásáron szabadföldi tartamkísérletek is folynak, amelyek célja azoknak a trágyázási és egyéb agrotechnikai módszereknek megállapítása, amelyek segítségével a fejeérmegeyi lőszhát jellegzetes talajainak termőképessége a legeredményesebben fenntartható és fokozható. Az ismertetett kísérlettel ugyancsak ehhez a problémához kívántam részeredményeket szolgáltatni.

A kísérlet és a végzendő vizsgálatok megtervezésében néhai Kreybig Lajos akadémikus útmutatásait és tanácsait követtem. Segítsége munkám eredményességét nagymértékben elősegítette.

A kísérlet leírása

A kísérletet 4 liter űrtartalmú, lakkal bevont bádoggal tenyészedényekben két, nagy általánosságban a fejeérmegeyi talaj-tájegységet jellemző talajjal állítottam be. Mindkét talaj a Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutató Intézet Martonvásár-Erdőhátpuszta-i gazdaságának területéről származott. Az egyik talaj humuszban meglehetősen gazdag, jó táperőben levő közép kötött barna mezőségi talaj, a másik egy erózió által elpusztított domboldal lazább, kis humusztartalmú, erősen karbonátos talaja volt.

Az alkalmazott és vizsgált szervesanyagok és trágyaszerek a következők voltak :

1. Kontrol
2. 5% istállótrágya (2% kólafoszfáttal)
3. 5% lucernaliszt
4. 5% herefüves gyökér
5. 5% lucernagyökér
6. 5% fűgyökér
7. 5% szalma, amelyhez 0,4% N-t adagoltam pétisó alakjában
8. 300 kg/kh pétisó + 150 kg/kh szuperfoszfát + 100 kg/kh kálisó.

Az istállótrágyát húsdarálón, a többi szervesanyagot légszáraz állapotban kalapácsos darálón őröltem és így kevertem a talajhoz. Az adagolt szervesanyag mennyiség a légszáraz talajra számítva 5 súly%-nyi légszáraz anyag volt. Ha tekintetbe vesszük, hogy 200 q/kh istállótrágyázással körülbelül 0,26%-nyi szervesanyagot juttatunk a talaj felső 20 cm-es rétegébe, az adagolt mennyiségek irreálisan nagyok (3800 q/kh istállótrágya, vagyis 19-szer annyi, mint egy 200 q-ás istállótrágyázás). Szándékosan adagoltam azonban ilyen nagy mennyiségeket, hogy az egyes anyagok hatására bekövetkező változások közötti különbségek jól érzékelhetők legyenek. Műtrágyákból 300 kg/kh pési sónak, 150 kg/kh szuperfoszfátnak és 100 kg/kh kálisónak megfelelő mennyiségeket kevertem a talajhoz.

Minden kezelés anyagából 8 db tenyészedenyt és 4 db 5 cm magas oldalfalú, 20×35 cm-es, lakkal bevont bádogtepsit töltöttem meg. A 8 db tenyészedenyből 4 darabban a talajt a 8 hy értéknek megfelelő mennyiségű vízzel megöntözve körülbelül a szabadföldi vízkapacitás értékéig telítettem. A kísérlet folyamán ezeket a tenyészedenyeket aerob körülmények között tartottam. Az elpárolgott vizet hetenként a 8 hy 70%-ának megfelelő értékig pótoltam. A másik 4 tenyészedenyben a talajt a teljes vízkapacitásig telítettem vízzel és parafinozott keménypapírral befedve leparafinoztam. Ezekben az edényekben tehát anaerob körülményeket állítottam elő. Mind az aerob, mind az anaerob körülmények között tartott tenyészedenyeket az intézet üvegházában helyeztem el, azok tehát a kísérlet egész tartama alatt közelítőleg 18—20 C°-os hőmérsékleten voltak. A tepsikbe töltött talajokat a szabadban helyeztem el, tehát többé-kevésbé extrém körülmények között tartottam. Ennek következtében a talajokban a biológiai folyamatok iránya és intenzitása állandóan változott. Esők után ezekben az edényekben anaerob viszonyok uralkodtak, majd egy rövidebb aerob időszak után a talaj kiszáradása következtében a biológiai folyamatok szüneteltek, vagy legalábbis nagyon korlátozódtak. A talajok hőmérsékletében is nagy ingadozások voltak. Ezt a kezelést Harmsen [5] megállapításainak ellenőrzésére állítottam be. Harmsen szerint ugyanis az értékes humuszanyagok képződésének leginkább a változó irányú és intenzitású biológiai folyamatok kedveznek.

A kísérlet tehát négyszeres ismétléssel került beállításra. Meg kell azonban jegyezni, hogy a négy ismétlés közül kettőt előzetesen összeőrölt, 0,25 mm-es szitán átszitált és víz adagolása mellett mesterségesen morzsásított talajjal állítottam be. A talaj összeőrölésével az eredeti makroaggregátumokat kívántam szétrombolni, hogy pontosabban meg tudjam állapítani az adagolt szervesanyagok morzsastabilizáló hatását. Sajnos, a mesterséges morzsák már a kísérlet beindításakor is különböző fokú vízállóságot mutattak. Ennek legfőbb okát abban látom, hogy a talajhoz kevert szervesanyagokat nem sikerült lisztfinomságúra őrölnöm, és így azok a fizikai behatás-

sal készült mesterséges morzsákat mechanikailag tartották össze. Ezért a morzsa-stabilitás változásának értékelésénél mindenütt csak a két, eredeti szerkezetben hagyott ismétlés anyagát tudtam figyelembe venni. A szervesanyag-tartalom változására azonban — amint azt a későbbiekben látni fogjuk — a mesterséges morzsásításnak nem volt különleges hatása, e tekintetben tehát az értékelésnél mind a 4 ismétlés adatait fel tudtam használni.

Végeredményben minden talajjal 96 db tenyészedényt (64 db tenyészedény + 32 db tepsi) töltöttem meg. A 8-féle kezelés könnyebb áttekinthetősége érdekében a kísérlet szerkezetét az alábbiakban vázolom :

Aerob		Anaerob		Extrém	
viszonyok között a 8-féle kezelés 2-2 ismétlésben (16 tenyészedény)					
Eredeti	Mesterségesen morzsásított	Eredeti	Mesterségesen morzsásított	Eredeti	Mesterségesen morzsásított
16 db	16 db	16 db	16 db	16 db	16 db
32 db tenyészedény		32 db tenyészedény		32 db tepsi	

A kísérletet 1954. augusztus 10-én állítottam be. A tenyészedények lebontására egy esztendővel később, 1955. augusztus 10-én került sor. A kísérlet időtartama tehát pontosan egy esztendő volt.

1. táblázat

A kísérlethez felhasznált talajok laboratóriumi vizsgálatának eredményei

Alap és tápanyag vizsgálati adatok

Talaj	pH		CaCO ₃ %	ly	Vízálló morzsa %	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C:N
	H ₂ O	nKCl								
1. Humuszos talaj ...	8,30	7,69	ny.	3,98	18,8	2,24	0,270	0,293	0,497	8,3
2. Humuszzegény talaj	8,24	7,79	21,27	2,04	11,3	0,79	0,115	0,181	0,262	6,8

Az adszorpciós komplexus összetétele

Talaj	T	S	Ca/2	Mg/2	K	Na	T-S	V
	mg e. é.		az S-érték %-ában				mg e. é.	
1. Humuszos talaj	53,87	44,09	68,04	27,96	2,72	1,28	9,78	81,9
2. Humuszzegény talaj	32,00	31,62	75,93	19,50	3,47	1,10	0,38	98,9

A felhasznált két talaj laboratóriumi vizsgálati adatait az 1. táblázatban foglaltam össze. Az összes szén és nitrogén mennyiségét Tyurin bikromátos [3] ill. krómsavas [1] módszerével határoztam meg. (Az összes C mennyiségének humuszra való átszámítását elhagytam és a talaj humusztartalmát mindenütt az összes C tartalommal fejezem ki.) A talajhoz kevert szervesanyagok kémiai összetételét a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

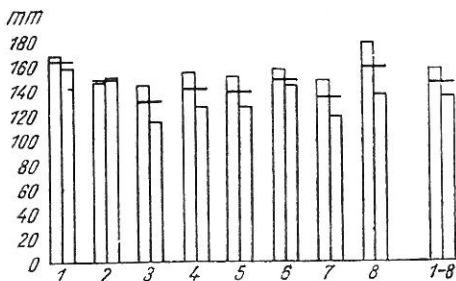
A szervesanyagok kémiai elemzésének eredményei

A ny a g	Szár az anyag %	C	N	P	K	C : N
		összes %				
1. Lucernaliszt	84,0	22,87	2,70	0,29	0,87	8,50
2. Lucernagyökér	84,0	22,65	1,52	0,22	0,32	14,90
3. Fűgyökér	84,0	20,81	0,87	0,22	0,71	23,95
4. Herefüves gyökér	84,0	21,16	0,88	0,20	0,32	24,00
5. Szalma	84,0	22,97	0,72	0,20	0,92	31,95
+ 0,4% N			1,12			20,40
6. Istállótrágya + 2% kófalasztfát	100,0	32,60	1,72	0,39	—	18,90

Eredmények

Amint már említettem, az aerob körülmények között tartott tenyészedenyekben hetenként mértem az elpárolgott víz mennyiségét. A vizsgálati időszak alatt elpárolgatatott vízmennyiséget mm-ben kifejezve a 3. táblázatban és az 1. ábrán tüntettem fel.

Meglepőek a viszonylag kis mennyiségek. Tekintetbe kell azonban vennünk, hogy a tenyészedenyek üvegházban voltak, ahol a levegő páratartalma átlagosan sokkal nagyobb, mint a szabadban. A táblázatban külön tüntettem fel az eredeti morzsás állapotban hagyott és a mesterségesen morzsásított talajt tartalmazó két-két tenyészedeny vízpárologtatásának középértékeit. Az adatokból legelőször is az állapítható meg, hogy a mesterségesen morzsásított talaj párologtatása majdnem minden esetben, s így átlagosan is kevesebb, mint az eredeti talajoké. Az eredeti talaj eléggé poros volt, s így természetes, hogy a morzsalékosabb szerkezetű, mesterségesen morzsásított talajok párologtatása volt a kisebb.



1. ábra

Az aerob kezelésben részesült talajok vízpárologtatása a két talaj átlagában. A baloldali oszlop az eredeti, a jobboldali a mesterségesen morzsásított talaj átlagát jelenti. A vastagabb vízszintes vonal a kettő átlagát jelzi. A függőleges tengely az egy esztendő alatt elpárolgatatott víz mennyiségét mutatja mm-ekben, a vízszintes tengelyen levő számok a kezelések

tenyészedeny kísérleteinek eredményeivel. A szervesanyag a párologtást mindenütt csökkentette. Érdekes az N műtrágyával együtt adagolt szalma kifejezetten előnyös párologtatást csökkentő hatása. A vizsgált szervesanyagok közül e tekintetben legkisebb

hatása az istállótrágyának és a fűgyökérnek volt. Érdekes, hogy az istállótrágya az eredeti, tehát rosszabb szerkezetű talajokban jobb helyezést ért el, mint a mesterségesen morzsásított jobb szerkezetű talajokban.

3. táblázat

Az aerob kezelést kapott talajokból egy esztendő alatt elpárolgott víz mennyisége mm-ben

Kezelés	1 Kont- rol	2 Istálló- trágya	3 Lucerna- liszt	4 Here- fűves gyökér	5 Lucerna- gyökér	6 Fű- gyökér	7 Szalma + N	8 Mű- trágyák	1-8 Átlag
<i>a) Humuszos talaj</i>									
Eredeti	173	147	153	148	154	143	160	182	158
Rangsor	7	2	4	3	5	1	6	8	
Örölt	166	145	123	121	126	154	120	160	139
Rangsor	8	5	3	2	4	6	1	7	
Átlag	169	146	137	134	140	148	140	171	148
Rangsor	7	5	2	1	3-4	6	3-4	8	
<i>b) Humusz-szegény talaj</i>									
Eredeti	163	143	135	162	146	168	137	174	154
Rangsor	6	3	1	5	4	7	2	8	
Örölt	151	156	109	133	124	132	115	114	129
Rangsor	7	8	1	6	4	5	3	2	
Átlag	157	149	122	148	135	150	125	144	142
Rangsor	8	6	1	5	3	7	2	4	
<i>c) Két vizsgált talaj átlaga</i>									
Eredeti	168	145	144	155	150	155	148	178	155
Rangsor	7	2	1	5-6	4	5-6	3	8	
Örölt	158	150	115	127	125	143	117	137	134
Rangsor	8	7	1	4	3	6	2	5	
Átlag	163	148	130	141	138	149	133	158	145
Rangsor	8	5	1	4	3	6	2	7	

A kísérlet befejezésekor, tehát a beállítástól számított egy esztendő múlva az aerob tenyészedények öntözését beszüntettem, az anaerob kezelés edényeiről a para-finozott fedőlapokat eltávolítottam és megvártam a talajok kiszáradását. A légszáraz talajokat kiöntöttem a tenyészedényekből és belőlük átlagmintákat vettem.

A talajokban a nagy mennyiségben adagolt szervesanyagok nem bomlottak el teljes mennyiségükben. Ezért minden tenyészedény talajában leiszapolással meghatároztam az el nem bomlott szervesanyag mennyiségét. A talajhoz kevert 5%-nyi szervesanyagnak átlagosan 15,9%-át találtam eredeti, el nem bomlott állapotban. A két talaj között e tekintetben nem található különbség. A humuszos talajban 16,4%, a humuszbán szegény talajban pedig 15,4% volt az el nem bomlott szervesanyag mennyisége. Érdekes képet mutat az eredeti állapotban megmaradt szervesanyag mennyisége, ha részben a különböző enyészeti feltételek mellett tartott tenyészedények talajait, részben pedig a különféle szervesanyagokat hasonlítjuk össze. Ezeket az adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

A kísérlet befejezésekor a talajban eredeti, nem elbomlott állapotban talált szervesanyag mennyisége az adagolt mennyiség százalékában

Kezelés	Vizsgált szervesanyag						Átlag
	2 Istálló- trágya	3 Lucerna- liszt	4 Herefüves gyökér	5 Lucerna- gyökér	6 Fűgyökér	7 Szalma + N	
Aerob	4,2	7,8	3,6	6,6	4,2	19,0	7,6
Rangsor	2—3	5	1	4	2—3	6	
Anaerob	2,8	39,7	7,4	16,6	12,8	22,0	16,8
Rangsor	1	6	2	4	3	5	
Extrém	16,0	25,6	15,6	16,8	23,6	43,3	23,4
Rangsor	2	5	1	3	4	6	
Összes átlaga	7,8	24,0	8,8	13,2	13,6	28,0	15,9
Rangsor	1	5	2	3	4	6	

Az adagolt szervesanyagokból, amint az várható is volt, átlagosan az aerob feltételek mellett bomlott el a legnagyobb mennyiség. Anaerob körülmények között több mint kétszer, extrém körülmények mellett pedig több mint háromszor annyi az eredeti állapotban megtalált szervesanyag mennyisége. Nagyon érdekes és a szakirodalmi adatoknak részben ellentmondóak az egyes szervesanyagok elbomlásának gyorsaságát jelző adatok. Legfeltűnőbb az, a mindhárom — de különösen az anaerob és extrém kezelést kapott sorozatnál megmutatkozó jelenség, hogy a szakirodalom szerint gyorsan bomlónak feltüntetett lucernalisztból találtam majdnem a legnagyobb elbontatlan mennyiségeket a talajokban. Ennél nagyobb mennyiségben csak a szalma maradt meg eredeti állapotában (a különböző szervesanyagok ilyen alapon történő rangsorlásánál mindenütt a szalma és a lucernaliszt került a két legrosszabb helyre). A legjobb helyet mindenütt az istállótrágya és a herefüves gyökérzet foglalja el. Az istállótrágya esetében ez természetes, hiszen az adagolt érett istállótrágya már a talajhoz keverés pillanatában is egy többé-kevésbé humifikálódott tömeget alkotott. Az viszont, hogy a herefüves gyökérzete mindenütt nagyobb mennyiségben bomlott el, mint külön a lucerna és a fű gyökérzete, valószínűleg a herefüves növénytársulás gyökérzetén kifejlődő különleges rizoszféra baktériumflórának tudható be. Sajnos mikrobiológiai vizsgálatokat nem állt módomban végezni, s így ennek a jelenségnek határozott magyarázatát nem tudom megadni.

Minden tenyésztedény talajában meghatároztam az összes C és N mennyiségét. Természetesen a nem humifikálódott szervesanyagot előzetesen eltávolítottam a talajból. Az eredmények tehát csak a talaj szervesanyagaiba ténylegesen beépült szén mennyiségét mutatják. Tekintettel arra, hogy — amint a 4. táblázatból látható — az adagolt szervesanyag egyik kezelése esetében sem bomlott el teljes egészében, a kísérlet eredményeit úgy kell értelmeznünk, hogy az a talajhoz felesleges mennyiségben adagolt szervesanyagának a talaj humusztartalmára gyakorolt hatását mutatja.

A széntartalom-vizsgálatok eredményeit az 5. táblázat tartalmazza. A táblázatban az egyes tenyésztedények adatain kívül nemcsak a 4 ismétlés átlagát, hanem a 2 eredeti szerkezetben hagyott és a 2 mesterségesen morzsásított talajt tartalmazó tenyésztedények átlagát is külön tüntettem fel. A két átlagadat nem teljesen azonos, közöttük kisebb-nagyobb, de minden törvényszerűséget nélkülöző eltérés található. Az eltérések azonban a kezelésekre hatására bekövetkezett humusztartalom-változás jellegét egyetlen eset (humuszban szegény talaj, extrém életfeltételek 7. sz. kezelés)

5. táblázat A talajok összes C tartalma (g/100 g talaj) a kísérlet befejezésekor

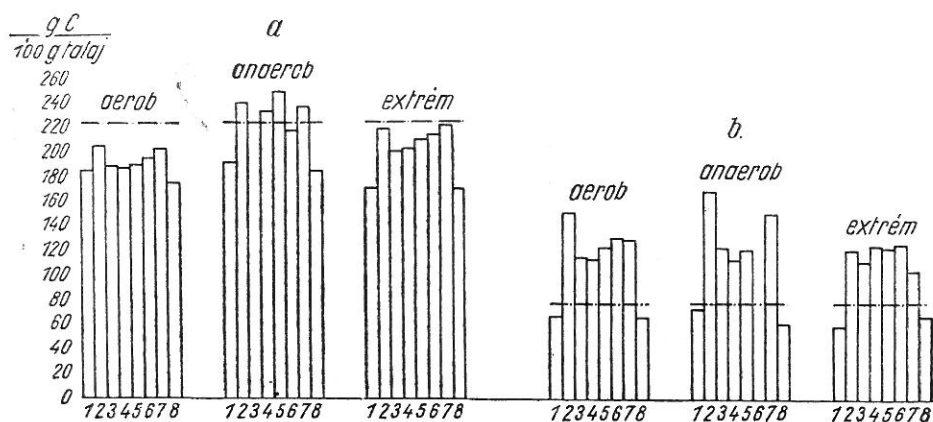
Kezelés	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Kontrol	Isztálló- trágya + 2% kóla- foszfát	Lucerna- liszt	Herezftyes gyökér	Lucerna- gyökér	Fűgyökér	Szalma + 0,4% N	Pétisó szuperfoszfát, kállsó	Átlag
a) Humuszos talaj									
Aerob	Eredeti	1,98 2,19	1,83 1,95	1,85 1,79	1,87 1,83	1,85 2,07 2,12	2,18 2,01	1,88 2,01	1,95 1,98
	Órölt	1,61 1,63	2,16 —	1,90 1,82	1,90 1,95	1,97 1,87	1,99 1,99	1,55 1,56	1,56 1,87
	Átlag	1,86	2,07	1,90	1,88	1,91	1,97	2,05	1,76 1,93
Anaerob	Eredeti	1,98 1,93	2,35 2,40	2,20 2,20	2,34 2,27	2,40 2,41	2,36 2,55	2,02 1,85	1,94 2,23
	Órölt	1,83 1,91	2,44 2,35	2,22 2,32	2,39 2,36	2,66 2,52	2,14 2,18	1,77 1,79	1,78 2,22
	Átlag	1,92	2,39	2,24	2,35	2,50	2,19	1,86	2,23
Extrém	Eredeti	1,89 1,73	2,09 2,01	1,97 1,95	1,99 1,98	2,10 2,09	2,30 2,18	1,94 1,75	1,85 2,03
	Órölt	1,57 1,67	2,28 2,44	2,18 2,02	2,08 2,08	2,21 2,06	2,09 2,10	1,64 1,59	1,62 2,03
	Átlag	1,72	2,21	2,03	2,04	2,12	2,17	1,73	2,03

b) Humusz-szegény talaj

Aerob	Eredeti	0,71 0,68	1,45 1,51	1,22 1,18	1,12 1,08	1,32 1,24	1,28 1,20	1,15 1,06	0,70 0,67	1,11 1,10
	Órölt	0,65 0,66	1,49 1,63	1,13 1,11	1,15 1,18	1,19 1,18	1,36 1,46	1,54 1,47	0,63 0,67	1,16 1,16
	Átlag	0,68	1,52	1,16	1,14	1,24	1,33	1,31	0,67	1,13
Anaerob	Eredeti	0,72 0,62	1,61 1,62	1,22 1,23	1,23 1,18	1,15 1,26	1,22 1,15	1,42 1,60	0,58 0,56	0,57 1,15
	Órölt	0,87 0,78	1,66 1,84	1,26 1,22	1,03 1,12	1,24 1,23	1,14 1,20	1,48 1,56	0,75 0,63	0,69 1,19
	Átlag	0,75	1,69	1,24	1,15	1,23	1,18	1,52	0,63	1,17
Extrém	Eredeti	0,65 0,60	1,13 1,22	1,17 1,06	1,21 1,25	1,26 1,29	1,42 1,34	0,88 0,62	0,64 —	0,64 1,03
	Órölt	0,56 0,61	1,26 1,27	1,08 1,19	1,28 1,23	1,24 1,19	1,14 1,16	1,36 1,34	0,78 0,65	0,72 1,09
	Átlag	0,61	1,23	1,13	1,25	1,24	1,27	1,05	0,68	1,06

kivételével nem befolyásolják. Ha az egyes sorozatokon (kezeléseken) belül kiszámítjuk az eredeti és a mesterségesen morzsásított talajok összes szénttartalmának átlagát (5. táblázat utolsó függőleges oszlopa), láthatjuk, hogy a két átlagérték a vizsgálati módszer hibahatárain belül egyezik. Ez természetes is, mivel az egyéb kezelések (életfeltételek befolyásolása, az adagolt szervesanyag minősége) sokkal nagyobb hatást gyakorolhattak a talaj humusztartalmának változására, mint a szerkezetben kétségtelenül meglévő, de csak kisebbfokú különbségek. Éppen ezért megengedhetőnek tartottam, hogy a 2 eredeti és a 2 mesterségesen morzsásított talaj adatait átlagoljam és a továbbiakban az egyéb kezelések hatásának kiértékelésénél az eredeti morzsaösszetételű és a mesterségesen morzsásított talajokat egymás ismétlésének tekintsem.

A kezelések hatására a talaj humusztartalmában (összes C tartalmában) beállott változásokról a 6. táblázat és a 2. ábra tájékoztatnak.



2. ábra

A talajok összes C tartalmának változása a kísérlet folyamán.

a) humuszos talaj, b) humusz-szegény talaj. Függőleges tengely: összes C g/100 g talaj. Vízszintes tengely: a kezelések sorszáma. Az eredményvonal a talaj kezdeti összes C tartalmát jelenti

Amint látható, a kontrol tenyészedényekben és a csak ásványi trágyázást kapott talajokban mindenütt humuszvesztés állapítható meg. Ez természetes is, hiszen a mikroorganizmusok működése mindig a szervesanyag mineralizációjához, fokozatos lebontásához vezet. Feltűnő azonban, hogy bár a két talaj teljesen azonos fizikai állapotban és biológiai körülmények között volt, a humuszos talajban sokkal nagyobbak ezek a veszteségek, mint a humusz-szegény talajban. A talajok kémiai tulajdonságai közötti különbségek nem adnak magyarázatot erre a jelenségre. A talaj mészállapota erősen befolyásolja a biológiai folyamatok intenzitását, ebben az esetben azonban éppen a több meszet tartalmazó, tehát tevékenyebb, hevesebb talajban volt kisebb mértékű a humusztartalom csökkenése. Joggal tételezhetjük fel tehát azt, hogy a humusz-szegény talajban a szervesanyag nehezebben bomló formában van, s ezért kisebb itt a humuszvesztés. Erre utal egyébként a két talaj eredeti C/N aránya is. A humusz-szegény talajban ez az arány szűkebb. A csak műtrágyát kapott talajokban az extrém körülmények között tartott talajok kivételével a humusztartalom csökkenése általában nagyobb mértékű. Ennek oka a biológiai folyamatoknak a műtrágyázás hatására bekövetkező intenzívebb volta. A 7. táblázatban külön is összefoglaltam a

6. táblázat

A talajok összes C tartalom változása a kísérlet folyamán (g/100 g talaj)

Kezelés	1 Kontrol	2 Istálló- trágya	3 Lucerna- liszt	4 Herefűves gyökér	5 Lucerna- gyökér	6 Fűgyökér	7 Szalma + N	8 NPK
a) Humuszos talaj								
Aerob	- 0,38	- 0,17	- 0,34	- 0,36	- 0,33	- 0,27	- 0,19	- 0,48
Anaerob ..	- 0,32	+ 0,15	0,00	+ 0,11	+ 0,26	- 0,05	+ 0,14	- 0,38
Extrém ..	- 0,52	- 0,03	- 0,21	- 0,20	- 0,12	- 0,07	0,00	- 0,51
b) Humusz-szegény talaj								
Aerob	- 0,11	+ 0,73	+ 0,37	+ 0,35	+ 0,45	+ 0,54	+ 0,52	- 0,12
Anaerob ..	- 0,04	+ 0,90	+ 0,45	+ 0,36	+ 0,44	+ 0,39	+ 0,73	- 0,16
Extrém ..	- 0,18	+ 0,44	+ 0,34	+ 0,46	+ 0,45	+ 0,48	+ 0,26	- 0,11

kontrol és a csak műtrágyát kapott talajok átlagos széntartalom csökkenését jelző adatokat.

Egyébként a 6. táblázatból és a 2. ábrából kiolvasható legszembevetőbb jelenség az, hogy bár a két talajban az adagolt szervesanyagokból elbomlott mennyiség azonosnak tekinthető, a talajok humusztartalmában bekövetkezett változás a két talajnál nagyon különböző. Amíg a humuszos talajban a humusztartalom a nagy szervesanyag utánpótlás ellenére is majdnem minden esetben csökkent, a humusz-szegény talajban a szervesanyag adagolás kivétel nélkül minden esetben jelentékenyen emelte a talaj humusztartalmát. Ez a két talaj közötti feltűnő különbség a talajoknak abban a tulajdonságában leli magyarázatát, hogy minden talaj igyekszik humusztartalmát egy sajátos — kémiai, fizikai és biológiai viszonyai által megszabott — egyensúlyi szintre beállítani. Számos megfigyelés bizonyítja, hogyha egy szűz területet feltörünk és művelésbe veszünk, a talaj humusztartalma eleinte gyors, majd mindig lassabb ütemben

7. táblázat

A kontrol és csak műtrágyázott talajok C tartalom csökkenése a kísérleti időszak alatt (g/100 g talaj)

Kezelés	a) Humuszos talaj			b) Humusz-szegény talaj			2 vizsgált talaj átlaga
	Kontrol	NPK	Átlag	Kontrol	NPK	Átlag	
Aerob	0,38	0,48	0,43	0,11	0,12	0,12	0,28
Anaerob	0,32	0,38	0,35	0,04	0,16	0,10	0,23
Extrém	0,52	0,51	0,52	0,18	0,11	0,15	0,34
Átlag	0,41	0,44	0,43	0,11	0,13	0,12	

csökken, amely csökkenés azonban egy bizonyos humusztartalom elérésekor jóformán teljesen megszűnik. Sem a csökkenés ütemét, sem a kialakult egyensúlyi humusztartalmat nem nagyon lehet még a legintenzívebb szerves trágyázással sem lényegesen befolyásolni addig, amíg a talaj dinamikájában nem következik be egy újabb változás (pl. parlagoltatás, gyepesítés stb.). A humusztartalom egyensúlyi szintjének nagyságát természetesen sok tényező befolyásolja. E tényezők valószínűleg a humuszminőség és a különböző kötöttségi formák kialakulásának befolyásolásán keresztül fejtik ki hatásukat. Allison, Sherman és Pinck [2], valamint Ensminger és Giesecking [4] vizsgálatai igazolták, hogy a különböző agyagásványok különböző mértékben és erősséggel kötik meg a talajban képződő humuszanyagokat s így a humusz felhalmozódásának mértékét és elbomlásának ütemét szabályozzák. Ezek szerint az egyensúlyi humuszállapotot kialakító egyik tényezőnek az agyagásványok minőségét kell tekintenünk. Külön tényezőként kell azonban számításba vennünk az agyagásványok mennyiségét is. Több agyagásvány jelenlétében természetesen az organominerális komplexus és a benne található azonos erősségű kötésben levő humusz mennyisége is nagyobb lesz. Döntő tényezőként kell megemlítenünk a talaj dinamikáját, a talajélet irányára és intenzitására befolyással levő kémiai tulajdonságok és fizikai adottságok hatását is (talajtípus, művelési ág, agrotechnika, hidrológiai viszonyok).

Esetünkben a humusz-szegény talaj humusztartalma valószínűleg a fenti tényezőktől függő egyensúlyi állapotot jelentő szint alatt volt. Amint említettem, ez a talaj egy erodált domboldalról származik. Az erózió a felső, humuszban gazdagabb réteg elhordásával és a könnyen oldható humuszanyagok kimosásával járult hozzá ahhoz, hogy ebben a talajban a humusztartalom a talajra jellemző érték alá csökkent. Ezért is volt itt kisebb a kontrol és a csak ásványi trágyákkal trágyázott talajokban a humusztartalom csökkenése. Az ilyen talajokban a humusztartalom intenzív szerves trágyázással az egyensúlyi szint eléréséig könnyebben emelhető, amint azt ez a kísérlet is igazolja. A kísérlethez felhasznált másik, humuszban gazdagabb talaj alacsonyabb térszíni fekvésű, sík területről származik, a mezorelief alakulása következtében azonban kismértékben eróziós bázisként szerepel. Humusztartalma ennek megfelelően a talajra jellemző szinten van, legfeljebb az időnkénti kisebb eróziós ráhordás hatására ennél valamivel nagyobb. Ennek megfelelően általában még az igen nagymennyiségű szervesanyag-adagolás sem tudta a talaj humuszkészletét gyarapítani, sőt a legtöbb esetben még itt is kisebb fokú humuszvesztés következett be.

A humuszanyagok lebontása természetesen azokban a talajokban sem szünetelt, amelyekhez szervesanyagot adtam. Emellett a folyamat mellett, illetve ezzel ellentétesen működött a trágyaként adott szervesanyagok elbomlása, amely a talaj humusztartalmát gyarapítani, s így a humusztartalom csökkenését kompenzálni igyekezett. A két folyamatot külön-külön természetesen nem tudjuk vizsgálni, de az egészen bizonyos, hogy még azokban a talajokban is képződtek friss humuszanyagok, ahol a kísérlet lebontásakor a kiindulási állapothoz viszonyítva humuszvesztésről találtam. Bizonyítottam erre, amint a későbbiekben látni fogjuk, hogy a talajban a vízálló morzsák mennyisége ezekben a talajokban is emelkedett. A vízálló morzsák képződéséhez pedig friss humuszanyagokra feltétlenül szükség van.

Az egyes kezelések és a különböző szervesanyagok hatásának részletes értékeléséhez fentiek szellemében helyesebbnek tartottam, hogy ne a kezdeti állapothoz viszonyított széntartalom változásokkal számoljak, hanem minden sorozatban (aerob, anaerob, extrém) a kontrol tenyészedény talajában a kísérlet befejezésekor megállapított széntartalmat vegyem alapul és a szervesanyagok hatását a kontrolhoz képest megmutató C, illetve humusztartalom-többlettel jellemezzem. Ezeket az adatokat a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat

A szervesanyaggal kezelt talajok összes C tartalom többlete a kontrolhoz viszonyítva a kísérlet befejezésekor (g/100 g talaj)

Kezelés	2 Istálló- trágya	3 Lucerna- liszt	4 Herefűves gyökér	5 Lucerna- gyökér	6 Fűgyökér	7 Szalma + N	2-7 Átlag
<i>a) Humuszos talaj</i>							
Aerob	0,21	0,04	0,02	0,05	0,11	0,19	0,10
Anaerob	0,47	0,32	0,43	0,58	0,27	0,46	0,42
Extrém	0,49	0,31	0,32	0,40	0,45	0,52	0,42
Átlag	0,39	0,22	0,39	0,34	0,28	0,39	0,31
<i>b) Humusz-szegény talaj</i>							
Aerob	0,84	0,48	0,46	0,56	0,65	0,63	0,60
Anaerob	0,94	0,49	0,40	0,48	0,43	0,77	0,59
Extrém	0,62	0,52	0,64	0,63	0,66	0,44	0,59
Átlag	0,80	0,50	0,50	0,56	0,58	0,61	0,59
<i>c) Két vizsgált talaj átlaga</i>							
Aerob	0,53	0,26	0,24	0,31	0,38	0,41	0,35
Anaerob	0,71	0,41	0,42	0,53	0,35	0,62	0,51
Extrém	0,56	0,42	0,48	0,52	0,56	0,48	0,51
Átlag	0,60	0,36	0,45	0,45	0,43	0,50	0,46

Ha a különböző biológiai életfeltételek hatását vizsgáljuk, a két talaj között érdekes különbségeket állapíthatunk meg. A humuszos talajnál, amelynek humusztartalma feltételezésem szerint a talajra jellemző szinten volt, a szervesanyagok aerob viszonyok között sokkal kisebb mértékben tudták a humuszcsökkenés folyamatát kompenzálni, mint az anaerob és az extrém körülmények mellett (lásd a táblázat utolsó függőleges oszlopát). Az anaerob és extrém viszonyok átlagosan azonos hatásúak voltak. A humusz-szegény talajnál, amelyben a humuszegyensúlyt az erózió megbontotta, mindhárom kezelés lényegesen jobban kompenzálta az amúgyis kisebb mértékű humuszcsökkenést. Az egyensúlyi állapotra törekvő talajnál a kompenzációs folyamat annyira nagymértékű volt, hogy nemcsak a veszteséget tudta pótolni, hanem a humuszelbomlási és képződési folyamatok mérlege még jelentékeny humuszgyarapodással is zárult. Az egyes kezelések hatásában nincsen különbség, az egyensúlyi állapotra való törekvés ennél a talajnál tehát feltételezhetően annyira erős volt, hogy az aerob körülmények egyébként gyorsabb enyészetet biztosító befolyása sem tudott érvényesülni. Az anaerob viszonyok humuszmegetakarító, sőt növelő hatása még jobban kiviláglik, ha tekintetbe vesszük azt is, hogy anaerob körülmények között a kontrol-

talajok humuszvesztesége is kisebb volt, ami a talajok tényleges humusztartalmában kifejezésre is jut (lásd az 5. táblázatot). Természetesen mindezek a megállapítások csak a humusz mennyiségére vonatkoznak, a minőségi különbségeket sajnos ebben a kísérlet-sorozatban nem állt módomban figyelemmel kísérni. Extrém körülmények között — bár az számszerűleg az anaerob viszonyokkal teljesen azonos hatást mutat — a talajok tényleges humusztartalma a kísérlet befejezésekor kisebb volt, mint az anaerob kezelést kapott talajoké, mert a kontrol-talaj humuszvesztesége lényegesen felülmúlta az anaerob kezelésű kontrol-talajét. Az extrém körülmények talajéletteni hatásáról megállapítottak, ha nem is feltétlenül bizonyító erejűek. H a r m s e n elképzeléseinek alátámasztása szempontjából (nem is lehetnek azok, hiszen a humusz minőségi változásait nem tudtam vizsgálni), annyit mindenesetre igazolnak, hogy a változóan szélsőséges körülmények közelítően olyan mértékben tudják elősegíteni a humuszképződést, mint az anaerob viszonyok, amelyekről köztudomású és kísérletben is bebizonyítódott, hogy a talaj humuszkészletének gyarapodását jobban elősegítik, vagy legalábbis a humusz mennyiségének csökkenését lassúbb üteművé teszik, mint az aerob körülmények.

Rátérve most már az egyes, trágyaszerként alkalmazott szervesanyagok speciális hatásának vizsgálatára, a következőket állapíthatjuk meg:

Az 5. táblázat valamint a 2. ábra adatai alapján az egyes szervesanyagok hatásságára vonatkozóan a 9. táblázatban összefoglalt rangsorolást állítottam fel.

9. táblázat

A szervesanyaggal kezelt talajok rangsorolása a kontrolhoz viszonyított C tartalom többlet alapján

Kezelés	2 Istállótrágya	3 Lucernaliszt	4 Herefűvesgyökér	5 Lucernagyökér	6 Fűgyökér	7 Szalma + N
a) Humuszos talaj						
Aerob	1	5	6	4	3	2
Anaerob . . .	2	5	4	1	6	3
Extrém . . .	2	6	5	4	3	1
Átlag . . .	1—3	6	1—3	4	5	1—3
b) Humusz-szegény talaj						
Aerob	1	5	6	4	2	3
Anaerob . . .	1	3	6	4	5	2
Extrém . . .	4	5	2	3	1	6
Átlag . . .	1	5—6	5—6	4	3	2
c) A két vizsgált talaj átlaga						
Aerob	1	5	6	4	3	2
Anaerob . . .	1	5	4	3	6	2
Extrém . . .	1—2	6	4—5	3	1—2	4—5
Átlag . . .	1	6	3—4	3—4	5	2

A humuszos talajnál a legjobb hatása minden kezelés mellett az istállótrágyának és a szalma + N műtrágyás variánsnak volt. A többi szervesanyag hatása az egyes kezeléseknél már nem ennyire egységes. A legrosszabb hatás általában a lucernalisztnél

és a fűgyökéknél mutatkozott. Ennél a talajnál a kiindulási humusztartalom gyarapodása csak az anaerob kezelés mellett az istállótrágyával, herefüves-gyökérzettel, lucernagyökérrel és a szalma + N-el trágyázott tenyészedényekben volt megfigyelhető. Az istállótrágya kedvező hatása érthető, hiszen az érett trágyával már sok kialakult humuszanyagot is vittünk a talajba. Érdekes azonban a szalma kedvező szereplése. Valószínű azonban, hogy ez csak a szalmával adagolt N-nek köszönhető.

A humusz-szegény talajban a kép megközelítően hasonló. Az istállótrágya és a szalma itt is majdnem minden kezelés mellett a legjobbak között van. A két talaj átlagában a legjobb helyre az istállótrágya és a szalma, legrosszabb helyre a lucernalisztt és a fűgyökér került. A rangsorolás, illetve az osztályzatok természetesen egyedül még nem adnak reális képet az egyes szervesanyagok hatásosságáról, hiszen nem mutatják meg az egyes osztályzatok közötti különbségek nagyságát. Figyelembe kell tehát vennünk a 8. táblázat adatait is, ahol a hatást abszolút számok mutatják.

Általában megállapítható, hogy a különböző szervesanyagok hatása közötti különbség mindkét talajban az extrém kezelésnél volt a legkisebb. A 8. táblázat adatai alapján kiszámítottam az értékingadozás tágasságának az átlaghoz való viszonyát (i érték) is.

$$i = \frac{x_{max} - x_{min}}{\bar{x}}$$

ahol x_{max} és x_{min} a legnagyobb és a legkisebb érték, \bar{x} pedig az átlag. Az alábbi felsorolásból láthatjuk, hogy az „i” értéke mindkét talajban az extrém kezelésnél a legkisebb:

	Humuszos talaj	Humusz-szegény talaj	Két vizsgált talaj átlaga
Aerob	1,90	0,63	0,83
Anaerob	0,74	0,92	0,71
Extrém	0,50	0,30	0,27

Az elemzéseknél nyert összes széntartalmakat nem számítottam át humusztartalomra. Azért, hogy a kísérletben megállapított széntartalom változás nagyságáról gyakorlatilag jobban érzékelhető képet alkothassunk, kiszámítottam, hogy 0,1 g C/100 g talaj változás a talaj 20 cm-es felső rétegére vonatkoztatva kat. holdanként 26 q humusztartalom változásnak felel meg. (A szokásos humusz = $1,72 \times C$ tartalom faktossal és 1,3-as térfogatsúllyal számolva.) A vizsgált két talajban eszerint a 0—20 cm-es rétegben kat. holdanként 580 q, illetve 204 q humusz van.

A kísérletben nem bomlott el az adagolt szervesanyag teljes mennyisége. Az elbomlott és épségben maradt mennyiség egymás közötti viszonya jól jellemzi a szervesanyagok ellenállóképességét. Az adatoknak ilyen alapon való értékelését a vizsgált anyagok jellemzése céljából az előzőekben már ismertettem. Mivel azonban egyrészt a szervesanyagok széntartalma különböző volt, másrészt pedig a kísérlet folyamán különböző mennyiségek bomlottak el belőlük, a talajok humusztartalmában bekövetkezett változásokat különböző szerves kötésű szénmennyiségek idézték elő. Számításokat végeztem arra vonatkozóan, hogy megállapítsam a vizsgált szervesanyagok széntartalmának érvényesülését is, ami véleményem szerint minőségileg talán még jobban jellemzi a szerves trágyaszereket.

Mindenekelőtt kiszámítottam a ténylegesen elbomlott szervesanyagmennyiségnek 100 g talajra jutó széntartalmát, majd meghatároztam, hogy ennek a szénmennyi-

ségnek hány százalékát találtam meg a kísérlet befejezésekor a talajban humusz formájában. Számítási alapnak itt is a megfelelő kezelés kontrol-talajának végső széntartalmát vettem az előzőekben már tárgyalt megfontolások alapján. Számításaim eredményeit a 10. táblázatban foglaltam össze.

Az adatokból megállapítható, hogy a két talaj nem azonos módon gazdálkodott a belekerült és ténylegesen elbomlott szervesanyagok széntartalmával. A humuszos talajban a szén — természetesen csak humuszképződési szempontból vizsgálva a kérdést — sokkal rosszabb hatásokkal érvényesült, mint a humuszszegény talajban. Különösen nagy a hatásokbeli különbség aerob viszonyok mellett. Egy talajon belül is mindenütt az aerob viszonyok között volt a legrosszabb a szén érvényesülése. Az anaerob és extrém viszonyok jobb hatásfokot mutatnak, a kettő között csak kis különbség található, ez azonban az anaerob viszonyok javára szól. Az aerob viszonyok rossz hatásfoka különösen a humuszos, tehát a humusztartalmi egyensúlynak megfelelő szervesanyag tartalmú talajnál mutatkozik meg. A szén érvényesülésének hatásfokából látható, hogy anaerob, és extrém viszonyok között nemcsak hogy több humusz képződik, de a humuszképződésnél felhasználódó szervesanyag érvényesülésének hatásfoka is sokkal jobb.

A szervesanyag minősége a különböző enyészeti körülmények között eltérő hatással befolyásolja a széntartalom érvényesülését, a talaj humuszába történő beépülésének mértékét. A két talaj között az egyes szervesanyagok rangsorolásában kisebb eltolódások ugyan találhatóak, de ezek egyike sem lényeges, úgyhogy az értékelésnél megengedhetőnek látszott a két talaj átlagai alapján képzett rangsorolást alapul venni. Legjobb hatásfokkal a szalma érvényesült. Egyedül az extrém kezelésnél került a második helyre. Az istállótrágya, annak ellenére, hogy a humuszutánpótlás szempontjából igen jó helyezést ért el, széntartalma érvényesülésének hatásfokát tekintve már rosszabbnak mutatkozott. A hatásfok csökkenése az aerob → anaerob → extrém sorrendet követi. A lucernaliszt aerob és extrém viszonyok között széntartalmát rosszul értékesítette. Mivel a szén-érvényesülés hatásfokának romlása azt jelenti, hogy az elenyésző szervesanyagból nagyobb mennyiség égett el teljesen, a lucernaliszt kísérleteimben az irodalmi adatokhoz hasonlóan nem annyira humuszképző anyagként, hanem mint a baktériumok energiaforrása szerepelt. Ugyanakkor az anaerob kezelésnél széntartalmának a humuszvegyületekbe történő beépülése tekintetében a szalma után következő helyet foglalta el. Anaerob körülmények között tehát jó humuszképző anyagnak bizonyult. A herefüves gyökérzet és a lucernagyökér humuszképző képessége anaerob és extrém viszonyok mellett volt jobb. A kettő közül a lucernagyökér bizonyult valamivel jobbnak. Érdekes a fűgyökér viselkedése, amely pontosan ellenkezőleg érvényesült, mint a lucernaliszt. Anaerob viszonyoknál mindkét talajban inkább energiaforrás, aerob és extrém körülmények között pedig mint jó humuszképző anyag szerepelt.

A kezelések milyenségétől független rangsorolásban humuszképző anyagként a legjobb két helyre a szalma és a lucernagyökér, a két legrosszabb helyre pedig a herefüvesgyökér és az istállótrágya került. Különösen érdekes, hogy a herefüvesgyökér ilyen rossz helyezést ért el. Ismét hangsúlyoznom kell azonban, hogy ezek a megállapítások csak a széntartalom mennyiségi érvényesülésére vonatkoznak, a szervesanyagoknak a humusz minőségére gyakorolt befolyását nem vizsgáltam.

Fentiek szerint a széntartalom érvényesülésének hatásfoka még azonos enyészeti körülmények között sem abszolút érvényességű érték, azt több tényező befolyásolja. A legfontosabb tényező a talaj humusztartalmának az egyensúlyi állapothoz való viszonya. Ha ez a viszony a humusztartalom rovására felborul, a talaj sokkal jobban értékesíti a belekerülő szervesanyagokat. Fontos tényező emellett a szervesanyag

10. táblázat

A szervesanyagok C tartalmából a talaj humuszvegyületeibe beépült C mennyisége százalékban

Kezelés	2 Istálló- trágya	3 Lucerna- liszt	4 Herefüves- gyökér	5 Lucerna- gyökér	6 Fűgyökér	7 Szalma + N	2-7 Átlag
<i>a) Humuszos talaj</i>							
Aerob	13,5	3,8	2,0	3,8	11,0	20,4	
Rangsor	2	4-5	6	4-5	3	1	9,1
Anaerob	31,4	50,8	45,3	61,8	28,6	51,2	
Rangsor	5	3	4	1	6	2	44,9
Extrém	32,7	35,3	33,0	40,8	50,0	62,6	
Rangsor	6	4	5	3	2	1	42,4
Átlag	25,9	30,0	28,6	35,5	29,9	44,7	
Rangsor	6	3	5	2	4	1	32,1
<i>b) Humusz-szegény talaj</i>							
Aerob	53,9	45,6	45,1	53,3	65,0	67,8	
Rangsor	3	5	6	4	2	1	55,1
Anaerob	62,6	77,7	42,1	51,1	47,3	85,6	
Rangsor	3	2	6	4	5	1	61,1
Extrém	41,4	59,2	66,0	64,4	73,5	53,1	
Rangsor	6	4	2	3	1	5	59,6
Átlag	52,6	60,8	51,1	56,3	61,9	68,8	
Rangsor	5	3	6	4	2	1	58,6
<i>c) Két vizsgált talaj átlaga</i>							
Aerob	33,7	24,7	23,6	28,6	38,0	44,1	
Rangsor	3	5	6	4	2	1	32,1
Anaerob	47,0	64,3	43,7	56,5	38,0	68,1	
Rangsor	4	2	5	3	6	1	53,0
Extrém	37,1	47,3	49,5	52,6	61,8	57,9	
Rangsor	6	5	4	3	1	2	51,0
Átlag	39,3	45,4	39,9	45,9	45,8	56,8	
Rangsor	6	4	5	2	3	1	45,4

mennyisége is. Ez a tényező feltételezésem szerint annál jobban rontja a hatásfokot, minél több szervesanyagot keverünk a talajhoz.

A humusztartalom változásának ismertetése és a belőle levonható következtetések tárgyalása után szükségszerűen felvetődik az a kérdés, hogy a közölt megállapítások érvényesek-e, és ha igen, milyen mértékben érvényesek szabadföldi körülmények között?

Mindenekelőtt nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy a természetben sohasem uralkodnak egy teljes esztendőn keresztül csak aerob, vagy anaerob viszonyok. A természetes állapotot talán még az extrém kezelés közelíti meg a legjobban. Azonoságról azonban itt sem beszélhetünk, mert a lapos tepsikben vékony rétegben elhelyezett talajban az aerob és anaerob viszonyok váltakozása, valamint a hőmérséklet ingadozása sokkal nagyobb mértékű volt, mint a természetes állapotú talajban. Ennek megfelelően természetes körülmények között valószínűleg az aerob és extrém kezelés eredményei közé eső értékeket kaptunk volna.

Tekintetbe kell vennünk azt is, hogy a kísérlet során adagolt szervesanyag mennyisége majdnem húszszorosa volt annak a maximális mennyiségnek, amely természetes körülmények között évenként az istállótrágyával valamint a tarló és gyökérmaradványokkal a talajba kerül. A talaj humusztartalmának egyensúlyi állapot kialakítására irányuló törekvése valószínűvé teszi ugyan, hogy kevesebb szervesanyag adagolása mellett is hasonló számszerű eredményeket kaptunk volna, ez a megállapítás azonban még megerősítésre szorul, mert az is lehetséges, hogy a felborult humuszegyensúlyú talajokban kevesebb szervesanyag kisebb mértékű humuszgyarapodást okozott volna. Az egyensúlyi állapotban levő talajoknál véleményem szerint azonban mindenképpen hasonló lett volna az eredmény.

Vizsgálataim gerincét a humusztartalom vizsgálatok képezték. Meghatároztam azonban a talajok összes N tartalmát is (11. táblázat).

Sajnos a N adatok nem mutatnak olyan jó egyezést, mint az összes C eredmények. Az eredeti morzsás és mesterségesen morzsásított talajok között elég sok esetben nagyobb, de szabálytalan eltérés található. Az eredmények részletes értékelését az adatok nagyobb szórása miatt nem végeztem el. Tekintetbe véve azonban a kísérlet felépítését, egyrészt az egyes szervesanyagoknak az enyészeti körülményektől független, másrészt az enyészeti körülményeknek az adagolt anyagoktól független hatását ezekből az eredményekből is megállapíthatjuk. A kísérlet ugyanis az első esetre vonatkozóan úgy tekinthető, mint egy 12-szeres, a második esetre vonatkozóan pedig mint egy 32-szeres ismétlésben végzett kísérlet. Az ismétlések számának fokozása azt eredményezi, hogy valószínűbb értékeket kapunk.

Az enyészeti körülmények hatása közötti különbségeket a 12. táblázat tartalmazza.

A két talaj között ugyanolyan jellegű különbség látható, mint a humusztartalom változásnál. A humuszos talajban csökkent, a humusz-szegény talajban növekedett az összes N absz. mennyisége. A két talajhoz azonos mennyiségű N-t adtam. Hogy az egyik talajban ennek ellenére növekedett, a másikban pedig csökkent az N-tartalom, újból csak a humusztartalommal kapcsolatban tárgyalt egyensúlyra való törekvéssel magyarázható. Ezt bizonyítja az is, hogy amíg a humuszos talajban a C/N arány alig változott, a humusz-szegény talajban 6,8-ról 8,2-re, tehát a humuszos talajéhoz közelálló értékre tárgult.

A különböző enyészeti körülmények közül az anaerob viszonyok gazdálkodtak legjobban a talaj és a talajhoz adott anyagok N-készletével. Legpazarlóbb volt e tekintetben az aerob kezelés.

2 II. táblázat A talajok összes N tartalma (g/100 g talaj) a kísérlet befejezésekor

Kezelés	1	2	3	4	5	6	7	8	Átlag 1-8
	Kontrol	Istállótrágya + 2% kólaszlát	Lucernaszit	Henfűves gyökér	Lucerna- gyökér	Fügyökér	Szalma + 0,4% N	Pétió, szuperfoszfát, kállsó	
Aerob	Eredeti	0,264 0,245	0,274 0,301	0,257 0,260	0,250 0,241	0,234 0,233	0,272 0,263	0,219 0,217	0,218 0,253
	Órölt	0,206 0,187	0,296 —	0,268 0,240	0,232 0,249	0,252 0,222	0,267 0,250	0,209 0,226	0,218 0,245
	Átlag	0,226	0,292	0,257	0,244	0,236	0,264	0,218	0,249
Anaerob	Eredeti	0,198 0,198	0,280 0,278	0,270 0,273	0,231 0,247	0,233 0,223	0,329 0,302	0,290 0,283	0,287 0,271
	Órölt	0,254 0,249	0,318 0,292	0,302 0,311	0,258 0,261	0,261 0,257	0,218 0,215	0,243 0,239	0,241 0,269
	Átlag	0,225	0,292	0,290	0,250	0,244	0,267	0,264	0,270
Extrém	Eredeti	0,196 0,211	0,246 0,246	0,304 0,294	0,287 0,283	0,310 0,345	0,280 0,284	0,235 0,262	0,206 0,204
	Órölt	0,234 0,255	0,296 0,281	0,262 0,266	0,223 0,227	0,262 0,276	0,253 0,252	0,293 0,271	0,217 0,215
	Átlag	0,225	0,268	0,282	0,255	0,290	0,268	0,272	0,211

a) Humuszos talaj

b) Humusz-szegény talaj

Aerob	Eredeti	0,099 0,090	0,174 0,167	0,133 0,119	0,097 0,105	0,101 0,146	0,156 0,151	0,116 0,096	0,122 0,118	0,078 0,054	0,066 0,117
	Órölt	0,078 0,085	0,090 0,174	0,152 0,124	0,132 0,124	0,128 0,164	0,177 0,164	0,146 0,142	0,166 0,164	0,154 0,108	0,131 0,137
	Átlag	0,089	0,152	0,132	0,115	0,164	0,125	0,143	0,164	0,108	0,099
Anaerob	Eredeti	0,103 0,097	0,196 0,210	0,195 0,182	0,142 0,142	0,160 0,176	0,121 0,128	0,140 0,146	0,090 0,089	0,090 0,089	0,140 0,146
	Órölt	0,128 0,129	0,213 0,231	0,173 0,173	0,134 0,141	0,171 0,216	0,154 0,135	0,149 0,146	0,071 0,107	0,071 0,107	0,089 0,155
	Átlag	0,115	0,213	0,181	0,140	0,181	0,135	0,148	0,090	0,150	
Extrém	Eredeti	0,126 —	0,163 0,146	0,124 0,158	0,157 0,109	0,117 0,117	0,081 0,077	0,084 0,071	0,110 0,102	0,110 0,106	0,110 0,116
	Órölt	0,185 0,158	0,178 0,160	0,157 0,181	0,126 0,129	0,142 0,149	0,100 0,142	0,168 0,129	0,128 0,104	0,128 0,104	0,148 0,148
	Átlag	0,149	0,162	0,155	0,131	0,132	0,100	0,114	0,111	0,132	

12. táblázat

Az enyészeti körülmények hatása a talaj összes N tartalmában bekövetkező változásokra (g/100 talaj)

	Kezelés		
	Aerob	Anaerob	Extrém
	<i>a) Humuszos talaj</i>		
Átlag összes N g/100 g talaj	0,249	0,270	0,260
Eltérés az eredeti értéktől	-0,021	0,000	-0,010
Rangsor	3	1	2
	<i>b) Humusz-szegény talaj</i>		
Átlag összes N g/100 g talaj	0,127	0,150	0,132
Eltérés az eredeti értéktől	+0,012	+0,045	+0,017
Rangsor	3	1	2

A talajhoz kevert anyagok hatását a 13. táblázat szemlélteti.

13. táblázat

A talajhoz adott anyagok hatása a talaj összes N tartalmában bekövetkező változásokra (g/100 talaj)

	1	2	3	4	5	6	7	8	1-8
	Kontrol	Istálló- trágya + 2% kóla- foszfát	Lucerna- liszt	Here- fűves gyökér	Lucerna- gyökér	Fű- gyökér	Szalma +0,4% N	Pétisó, szuper- foszfát, kálisó	Átlag
	<i>a) Humuszos talaj</i>								
Átlag összes N g/100 g talaj ...	0,225	0,283	0,281	0,249	0,295	0,250	0,267	0,231	0,260
Eltérés az eredeti értéktől	-0,045	+0,01	+0,011	-0,021	+0,025	-0,020	-0,003	-0,039	-0,010
Rangsor	8	2	3	6	1	5	4	7	
	<i>b) Humusz-szegény talaj</i>								
Átlag összes N g/100 g talaj ...	0,116	0,175	0,156	0,128	0,158	0,132	0,134	0,108	0,138
Eltérés az eredeti értéktől	+0,001	+0,060	+0,041	+0,013	+0,043	+0,017	+0,014	-0,007	+0,023
Rangsor	7	1	3	6	2	5	4	8	

A rangsorolás a két talajnál azonosnak vehető. Legjobb hatásúak az istállótrágya, lucernagyökér és a lucernaliszt voltak. Ezek még a humuszos talajban is N gyarapodást eredményeztek. A szervesanyagok közül legrosszabb a herefűvesgyökér és a tiszta fűgyökér volt. A szalma közepes helyet foglal el, ebben azonban minden bizonnyal a vele együtt adagolt N-nek van döntő szerepe. A műtrágyázott talaj került a legrosszabb helyre.

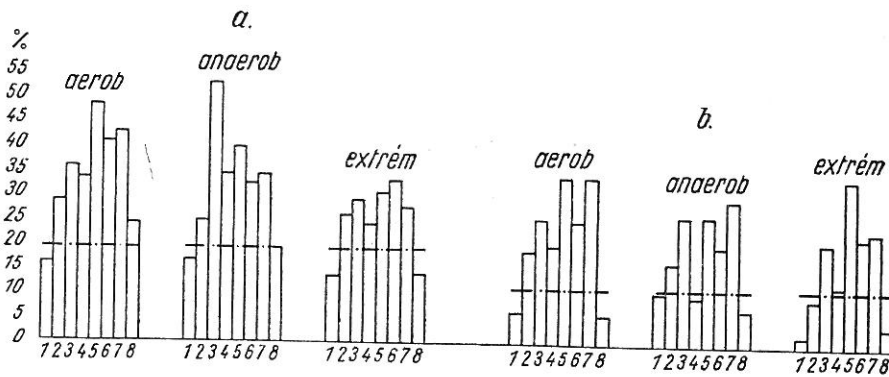
Kiszámítottam a C/N arányokat is. Feltűnő, hogy mindkét talajt a szakirodalmi adatok szerint várhatónál szűkebb C/N arányúnak találtam.

	Aerob	Anaerob	Extrém	Átlag
Humuszos talaj	7,8	8,3	7,8	8,0
Humusz-szegény talaj	8,9	7,8	8,0	8,2

A humuszos talajban a kísérlet tartama alatt humuszveszteség volt. A C/N aránya a humuszveszteség arányában szűkült. Anaerob kezelés mellett nem volt humuszveszteség (összes C tartalom 2,24-ről 2,23-ra változott!), ennek megfelelően a C/N arány is változatlan maradt. Az aerob és extrém kezelésnél humuszveszteség volt és a maradék humusz C/N aránya szűkebb lett. (A könnyebben bomló, kisebb N-tartalmú humuszvegyületek bomlottak el nagyobb mértékben.)

A másik talajnál a C/N arány mindenütt tágult. Érdekes azonban, hogy amíg az aerob és anaerob kezelés mellett a kiindulási értékhez viszonyított humuszgyarapodás azonos volt (0,37 ill. 0,38 g pro 100 g talaj), a végső C/N arány az anaerob kezelésnél mégis sokkal szűkebb, mint aerob enyészeti viszonyok esetén.

Végül pedig meghatároztam a talajokban található összes 0,25 mm-nél nagyobb vízálló morzsza mennyiségét. Az eredményeket a 14. táblázatban és a 3. ábrán közlöm.



3. ábra

A talajban talált vízálló morzsák mennyisége.

a) humuszos talaj, b) humusz-szegény talaj. Függőleges tengely: a vízálló morzsák mennyisége százalékban. Vízszintes tengely: a kezelések sorszáma. Az eredményvonal a kísérlet beállításakor talált vízálló morzsák mennyiségét jelenti

Amint már említettem, a mesterségesen morzsásított anyag adatait az alapértékek nagy szórása miatt a kiértékelésnél nem tudtam felhasználni, így csak az eredeti morzsás állapotban hagyott talajok eredményeit ismertetem.

A kontrol és a csak műtrágyázott talajokban egy eset (humuszos talaj, aerob kezelés, műtrágyázott) kivételével mindenütt csökkent a vízálló morzsák mennyisége. Ezek az eredmények ismét azt bizonyítják, hogy frissen képződő humusz nélkül vízálló aggregátumok nem keletkezhetnek. Természetesen szabadföldi körülmények között, tehát olyan talajon, amelyen növényzet is él, trágyázás nélkül vagy csak műtrágyázás mellett is képződhetnek új vízálló morzsák, mert ott a tarló és gyökérmaradványok

elbomlásakor a friss humuszanyagok képződésének megvan a lehetősége, ha a mikrobiológiai folyamatok és a külső tényezők valóban jóminőségű humusz keletkezését biztosítják.

A szervesanyag adagolás mindkét talajnál és minden esetben növelte a vízálló morzsák mennyiségét. A szervesanyagok hatásának vizsgálatánál szembeűnő, hogy bár a humusztartalom változás tekintetében mindkét talajnál az anaerob és extrém enyészeti körülmények mutatkoztak kedvezőbbeknek, a vízálló morzsák mennyisége legnagyobb mértékben az aerob kezelésnél emelkedett (14. táblázat jobboldali utolsó-előtti oszlopa). Az a tény, hogy a humuszos talajban — a humusztartalom csökkenése ellenére is — növekedett a vízálló morzsák mennyisége, bizonyítja, hogy ebben a talajban is képződtek a kísérlet ideje alatt friss humuszanyagok.

Az egyes szervesanyagok hatásában egy-egy kezelésen belül a két talaj között nincs lényeges különbség. Az egyszerűség kedvéért tehát elegendő lesz a két talaj átlaga alapján tárgyalni az eredményeket.

Érdekes, hogy a szervesanyagok morzsastabilizáló hatására felállított rangsor nem az egyes anyagok tényleges humuszképző hatásával, hanem a C tartalom érvényesülésének határfokával mutat azonosságot. Legjobb hatása a lucernagyökérnek és a péti sóval adagolt szalmának volt. A legrosszabb két helyre itt is a herefüves gyökérzet és az istállótrágya került. Az istállótrágya rosszabb érvényesülése ismét bizonyíték arra, hogy a vízálló morzsák kialakítását elsősorban azok a talajban képződő humuszanyagok tudják biztosítani, amelyek keletkezésük pillanatában kapcsolódhatnak a talaj ásványi kolloidjaihoz. Az érett istállótrágya e tekintetben tehát hátrányosabb helyzetben van, mert a belőle képződő humuszanyagok egyrésze már többé-kevésbé kialakult állapotban kerül a talajba. Fontos szerepet játszik természetesen a bomló szervesanyagnak a talaj tömegében való eloszlása is. Minél tökéletesebben, egyenletesebben oszlik el a szervesanyag a talajban, annál jobb hatást fejthet ki. Az istállótrágyát sohasem tudjuk egyenletesen belekeverni a talajba, annak hatása tehát mindig csak fészkenként érvényesülhet.

Érdekes jelenség figyelhető meg a lucernaliszt és a fűgyökér esetében. A lucernaliszt a C tartalom határfokánál tárgyaltakhoz hasonlóan anaerob viszonyok között kitűnő hatású volt, ugyanakkor az aerob és extrém kezelése mellett a 4. helyre szorult vissza. A fűgyökér pedig itt is a lucernaliszttel ellentétesen viselkedett, hatása anaerob kezelés mellett volt a legrosszabb. Ezek a különbségek azonban — bár a két talaj átlagában is kifejezésre jutunk — csak a humuszos talajnál figyelhetők meg. A másik talajnál mindkét anyag mindhárom kezelés mellett közepes hatású volt.

A morzsavízállósági eredmények értékelésénél tekintetbe kell vennünk azt a körülményt, hogy a kísérletben a gyökérzet mechanikai morzsakialakító hatása nem érvényesülhetett, hiszen összecőrtölt anyagot adtam a talajhoz. A gyökereknek ez a fizikai hatása pedig a szerkezet kialakulásának folyamatában döntő fontosságú. Kísérletben csak a szervesanyagok minőségének hatását tudtam megállapítani. Természetes körülmények között, ha tehát a szervesanyagot a talajban kialakult és elhalt gyökérzet szolgáltatva volna, az eredmények valószínűleg másképpen alakultak volna. Az istállótrágyára és a szalmára ez a megállapítás nem vonatkozik. A gyökereknél azonban valószínűleg nagyobb szerkezetjavító hatást lehetne azonos enyészeti feltételek mellett megállapítani.

Vizsgálataim eredményei majdnem minden tekintetben megegyeznek Kreybig már említett kísérleteinek eredményeivel. Kreybig kísérleteihez humuszban gazdag talajt használt fel. Ennek megfelelően az adagolt szervesanyagok mindenütt humusztartalom csökkenést okoztak. Eredményeimmel egybehangzóan ő is a csak műtrágyázott talajokban találta a legnagyobb humuszvesztéseket. A szervesanyagok közül

14. táblázat

A 0,25 mm-nél nagyobb vízálló morzsák százalékos mennyisége a kísérlet befejezésekor

K e z e l é s	1	2	3	4	5	6	7	8	Átlag 2-7	Átlag 1-8
	Kontrol	5% istálló- trágya 2% kóla- foszfáttal	5% lucerna- liszt	5% here- fűves gyökér	5% lucerna- gyökér	5% fű- gyökér	5% szalma + 0,4% N	3,0 pértisó 1,5 szuper- foszfát 1,0 kálisó q/ki		
a) Humuszos talaj (Kiindulási érték: 18,8)										
Aerob	16,1	28,5	35,4	32,9	47,8	40,4	42,6	23,9	38,0	33,5
Rangsor	8	6	4	5	1	3	2	7		
Anaerob	16,4	24,4	52,3	33,8	39,4	31,8	34,3	18,8	36,0	31,4
Rangsor	8	6	1	4	2	5	3	7		
Extrém	13,6	23,7	26,4	18,8	28,2	30,5	25,0	13,9	28,8	22,5
Rangsor	8	5	3	6	1	1	4	7		
Átlag	15,4	25,5	38,0	28,5	38,5	34,2	34,0	18,9	34,3	29,1
Rangsor	8	6	2	5	1	3	4	7		
b) Humusz-szegény talaj (Kiindulási érték: 11,3)										
Aerob	6,5	19,2	25,7	10,8	33,8	24,9	34,1	5,9	26,3	21,2
Rangsor	7	6	3	5	2	4	1	8		
Anaerob	10,7	16,4	25,9	9,7	26,2	20,1	29,6	6,9	21,3	18,2
Rangsor	7	5	3	6	2	4	1	8		
Extrém	2,2	9,7	21,0	12,0	34,1	22,0	23,6	4,1	20,4	16,1
Rangsor	8	6	4	5	1	3	2	7		
Átlag	6,5	15,1	24,2	13,8	31,4	22,3	29,1	5,6	22,7	18,5
Rangsor	7	5	3	6	1	4	2	8		
c) Két talaj átlaga (Kiindulási érték: 15,1)										
Aerob	11,3	23,9	30,6	26,4	40,8	32,7	12,9	14,9	32,2	27,4
Rangsor	8	6	4	5	1	3	2	7		
Anaerob	13,6	20,4	39,1	21,8	32,8	26,0	32,0	12,9	28,7	24,8
Rangsor	7	6	1	5	2	4	3	8		
Extrém	7,9	16,7	23,7	15,4	31,2	26,3	24,3	9,0	24,6	19,3
Rangsor	8	5	4	6	1	2	3	7		
Átlag	11,0	20,3	31,1	21,2	35,0	28,8	31,6	12,3	28,5	23,8
Rangsor	8	6	3	5	1	4	2	7		

nála is a lucernaliszt volt a legrosszabb humuszképző anyag. Vizsgálatai során mindenütt a C/N arány szükülését állapította meg, amely szintén megegyezik a kísérletemben vizsgált humuszos talaj adataival. A jelenség magyarázatával a megfelelő helyen már foglalkoztam. Ellentétesek azonban megállapításaink a vízálló morzsák mennyiségének változására vonatkozóan. Kreybig aerob feltételek mellett, 1% szervesanyag adagolásával 3 hónap alatt mindenütt a vízálló morzsák mennyiségének csökkenését állapította meg. Ennek okát ma már nem tudjuk kideríteni. A két kísérlet összehasonlítása ebből a szempontból eléggé nehéz, mert mind az adagolt szervesanyagok mennyiségében, mind a kísérlet tartamában nagyok a különbségek. Lehetséges, hogy az eltérő eredmények magyarázatát ebben kell keresnünk.

Kísérletemben a talajok könnyen oldható foszforsav és kálitartalom változásainak vizsgálatára nem tértem ki, mert ezzel a kérdéssel Kreybig tenyészedénykísérleteiben részletesen foglalkozott.

A kísérlet eredményeiből láthatjuk, hogy mind a talaj humusztartalmára, mind szerkezetére a nagyobb N tartalmú anyagok voltak jobb hatással. Természetesen ugyanez érvényes az összes N tartalomban bekövetkezett változásokra is. Érdekes a N műtrágyával együtt adagolt szalmának minden téren megmutatkozó kedvező hatása. Ez a jelenség teljes összhangban áll K e m e n e s y tapasztalataival, aki kísérleteiben nyers istállótrágya + 1% pétisóval jobb hatást ért el, mint érett istállótrágyával. A probléma érdekes és feltétlenül megérdemelné, hogy behatóbb vizsgálatok tárgyát képezze. A jelenség végleges magyarázatát ma még nem tudjuk megadni. Lehetségesnek tartom azonban, hogy az alábbi hipotézis nem jár messze a valóságtól:

Ma már nem vitatott tény az, hogy a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai döntő módon befolyásolják a talajban kialakuló humusz minőségét, kémiai összetételét. Ugyanabból a szervesanyagból is más összetételű humuszvegyületek képződnek a különböző talajokban. A humuszt tehát a talaj specifikus vegyületének tekinthetjük. Ha a talajba más körülmények között kialakult humuszt viszünk be, az ott mindaddig idegen anyagként fog viselkedni, amíg a talajban végbemenő biológiai folyamatok át nem alakítják a talajra jellemző specifikus humuszvegyületekké. Ez a folyamat természetesen veszteségekkel jár és a szervesanyag érvényesülésének hatásfokát csökkenti. Az érett istállótrágyával már többé-kevésbé humifikált szervesanyagokat juttatunk a talajba. Ezeknek a humuszanyagoknak keletkezési körülményei azonban nem azonosak azokkal a körülményekkel, amelyek az illető szervesanyagokból a talajban kialakították volna a humuszvegyületeket. Az érett istállótrágya humuszanyagainak egyrésze tehát a talajban idegen anyagként fog szerepelni. Átalakulásuk a talajra jellemző specifikus humuszanyagokká a trágya érvényesülésének hatásfokára természetesen hátrányos befolyással lesz. Ha azonban a nyers szervesanyagot juttatjuk a talajba, úgy a humifikálódás már közvetlenül a talajra jellemző humuszanyagokat fogja kialakítani. Ennek következtében a nyers istállótrágya jobban fog érvényesülni, mint a trágyatelepen érlelt trágya. Természetesen a megfelelő erjedési feltételek biztosításához a N hiányt műtrágyával pótolnunk kell. Emellett a nyers trágya alkalmazása a már ismertett okokból a talajmorzsák vízállóságának kialakulására is jobb hatással lesz.

Fentieket látszanak igazolni kísérletem eredményei, amelyekben a pési sóval adagolt szalma nem maradt le az érett istállótrágya mögött, sőt a széntartalom érvényesülésének hatásfokát és szerkezetkialakító hatását tekintve azt felül is múlta.

A talaj szükségletét túlhaladó szervesanyagmennyiség még elbomlása esetében sem szolgáltat friss humuszanyagokat, hanem a baktériumok energiaforrásaként használódik fel és gyorsan mineralizálódik. Eközben természetesen nagy mennyiségű CO₂ és növényi táplálékanyag szabadul fel, amely a talaj pillanatnyi termőképességét fokozni fogja. Bár nagy mennyiségben alkalmazott egyoldalú műtrágyázással is hasonló

eredményt érhetünk el, a két folyamat között mélyreható minőségi különbség van. A műtrágyák nagymértékű és egyoldalú alkalmazása ugyanis, amint azt adataim is igazolták, megbontja a talaj dinamikáját és a humuszkészlet csökkenéséhez vezet. Így a hatás megszűnése után a talaj termőereje rohamosan hanyatlani fog mindaddig, amíg a humuszgyengülési állapotot bőséges szervestrágyázással helyre nem tudjuk állítani. A nagy mennyiségben alkalmazott szervestrágyázás termőképességfokozó hatásánál ezzel a veszedelemmel nem kell számolnunk, mert a talaj maga szabályozza a szervesanyag humuszképző- és táplálóanyagként való felhasználásának a talaj adottságainak megfelelő optimális viszonyát.

A szabadföldi körülmények azonban nem azonosak az ismertetett kísérlet körülményeivel, mert kísérletemet növényzet nélküli talajjal végeztem. A növényzet tarló- és gyökérmaradványai pedig szervesanyagot is szolgáltatnak. Kérdés azonban, hogy ebből a szervesanyagból képződik-e elegendő mennyiségű humusz ahhoz, hogy az intenzív műtrágyázás hatására felfokozott humuszelbomlást kompenzálni tudja?

Régen vitatott kérdés, hogy hosszabb időn keresztül csak műtrágyázással fenntartható-e vagy sem a talaj termőképessége. Mindkét álláspont fel tud mutatni a maga igazolására kísérleti eredményeket. Azonban még azokban a kísérletekben is, amelyek azt látszanak igazolni, hogy az állandó egyoldalú műtrágyázás sem ártalmas a talaj termőképességére, a talaj humusztartalmának csökkenése figyelhető meg. A humusztartalom csökkenése pedig véleményem szerint előbb vagy utóbb feltétlenül a talaj fizikai tulajdonságainak leromlásához fog vezetni. (Gondoljunk csak az Egyesült Államok példájára, ahol az egyoldalú gabonatermelés és a szervestrágyázás elhanyagolása hatalmas területek termőképességének leromlásához és az erózió nagyfokú fellépéséhez vezetett!)

Nem szabad figyelmen kívül hagynunk azt sem, hogy azoknak a hosszú ideje folyó tartamkísérleteknek nagy része, amelyek az egyoldalú műtrágyázás alkalmazhatóságát igazolják, a nyugat-európai humid éghajlatú területeken folyik, s így eredményeit behatóbb ellenőrzés nélkül hazai viszonyainkra nem tudjuk átvinni. *Mindezek alapján célszerűnek tartanám ennek a régen vitatott kérdésnek a tisztázására a hazai éghajlati és talajadottságok mellett is szabatos tartamkísérletek beállítását.*

Az ismertetett kísérlettel kapcsolatos vizsgálatokat Csády Magdolna és Galambos Katalin végezték. Az adatfeldolgozás munkájában pedig Bánó Tamás nyújtott hathatós segítséget. Lelkiismeretes és pontos munkájukért itt mondok köszönetet.

Összefoglalás

A fejemgyei löszhát tájára jellemző két talajjal tenyészedény kísérletben vizsgáltam különböző szervesanyagoknak a talaj humusztartalmára és szerkezetére gyakorolt hatását. A vizsgált két talaj közül az egyik nagyobb humusztartalmú, a másik erózióknak kitett domboldal humuszban szegény talaja volt (1. táblázat).

Az adagolt szervesanyag mennyisége 3800 q/kh. (6600 q/ha) istállótrágyának felel meg. A kísérletet egyidejűleg aerob, anaerob és extrém enyészeti feltételek mellett 4 ismétlésben végeztem. A kísérlet tartama egy esztendő volt.

Vizsgáltam a talajok összes C és N tartalmának, valamint morzsavizállóságának változását. Az összes C tartalom változás tekintetében a két talaj között nagy különbségeket találtam. A humuszos talajban az összes C tartalom, tehát a humusz mennyisége, a nagymennyiségű szervesanyag adagolás ellenére is csökkent, ugyanakkor a humuszszegény talajban az összes C tartalom nagyfokú emelkedése volt megállapít-

ható (6. táblázat). E jelenség magyarázatát a talajoknak abban a tulajdonságában látom, hogy minden talaj igyekszik humusztartalmát egy, a kémiai és fizikai tulajdonságainak megfelelő szintre beállítani és azon tartani. A humuszos talaj humusztartalma ezen a szinten volt, itt tehát még a nagymennyiségű szervesanyag sem tudta a humusztartalmat emelni. A humusz-szegény talajban az állandó erózió a humuszos felső réteg lehordásával és a könnyen oldható humuszvegyületek kimosásával megakadályozta az egyensúlyi állapot kialakulását. A kísérlet körülményei között az erózió nem érezte hatását, a talaj tehát a belekevert szervesanyagból igyekezett humusztartalmát az egyensúlyi állapotot jelentő szintig emelni. Természetesen mindkét talajban képződtek friss humuszanyagok, a humuszos talajban azonban ez az állandó mineralizáció hatását fenti okból nem tudta kompenzálni. Az értékelésnél ezért minden sorozatnál a kontrol talajban a kísérlet végén talált C tartalomhoz viszonyítottam az egyes szerves anyagok hatását.

Megállapítható, hogy az aerob kezelés gazdálkodott a leghatározottabban a talajhoz kevert szervesanyagokkal. Az anaerob és extrém enyészeti feltételek között nem volt különbség (8. táblázat).

Legtöbb humusz az istállótrágyából és a szalmából, legkevesebb a lucernalisztból képződött (9. táblázat, 2. ábra). A szervesanyag minőségének hatása leginkább aerob viszonyok között jutott kifejezésre. A szervesanyagok C tartalmának érvényesülési határfoka különböző volt. A 10. táblázat adatai azt mutatják, hogy a ténylegesen elbomlott szervesanyag C tartalmából hány százalék épült be a talaj humuszanyagaiba. Ezek az adatok tehát a C tartalom érvényesülésének határfokát adják meg. Legjobb határfokkal a szalma, legrosszabbal az istállótrágya és a herefüves gyökér érvényesült. A lucernaliszt mint humuszképző anyag aerob és extrém körülmények között nagyon rosszul, anaerob viszonyok mellett jól érvényesült.

Az összes N tartalom változás nagysága kisebbmértékű volt. A humuszos talajban a C/N arány alig változott, a humusz-szegény talajban viszont tágabbá vált. Ennek magyarázatát ugyancsak a talajnak a humusztartalmi egyensúly kialakítására való törekvésben látom.

Végül a 14. táblázat, valamint a 3. ábra a vízálló morzsák mennyiségének alakulását szemlélteti. A kísérletben a gyökerek mechanikai morzsásító hatása természetesen nem érvényesülhetett, az anyagokat őrölt állapotban kevertem a talajhoz. Az eredmények igazolják, hogy a humuszos talajban is képződtek friss humuszanyagok, egyébként ugyanis a vízálló morzsák mennyisége nem növekedett volna. A vízálló morzsák kialakulására az aerob viszonyok voltak a legkedvezőbbek. Az egyes szervesanyagok hatása a C tartalom érvényesülésének határfoka szerint alakult. Az istállótrágya rosszul érvényesült, ami bizonyítékot szolgáltat ismét arra, hogy vízálló kötések kialakításához csak a talajban képződő friss humuszanyagok alkalmasak.

Erkezett 1956. június 23.

Irodalom

- [1] Agrohímicsészkie metodü isszledovanyija pocsv. Szovjet Tud. Akad. Moszkva. 1954.
- [2] Allison, F. E., Sherman, M. S. & Pinck, L. A.: Soil Sci. 68. 403. 1949.
- [3] Ballenegger, R.: Talajvizsgálóti módszerkönyv. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1953.
- [4] Ensminger, L. E. & Gieseking, L. E.: Soil Sci. 53. 1942.
- [5] Harmsen, W. G.: Plant and Soil. 3. 110. 1951.
- [6] Kreybig, L.: Agrokémiai Kutatóintézet Évkönyve. Budapest. 29. 1951.
- [7] Kreybig, L.: Agrokémia és Talajtan. 3. 67. 1954.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ПОЧВЫ ЛЕССОВОГО ПЛАТО В КОМИТАТЕ ФЕХЕР

М. Дворачек

Сельскохозяйственный Опытный Институт Академии Наук Венгрии г. Мартовашар

Резюме

Я исследовал в вегетационных опытах влияние различных органических веществ на содержание гумуса и на структуру двух почв, характерных для лёссового плато комитата Фехер. Первая из изученных почв имела более высокое содержание гумуса, а вторая из-за эрозии содержала меньше гумуса (таблица 2).

В моих опытах я использовал 8 вариантов. 1. Контроль, 2. 5% навоза, содержащего 2% фосфорита, 3. 5% муки из люцерны, 4. 5% корней злакобобовых трав, 5. 5% корней люцерны, 6. 5% корней злаковых, 7. 5% соломы + 0,4% N в виде соли Пети, 8. 300 кг/холд соли Пети + 150 кг/холд суперфосфата + 100 кг/холд калийной соли.

Количество вносимых органических веществ соответствует 380 кг (холд) т. е. 660 кг (га) навозу. Опыт проводился при аэробных, анаэробных и экстремных условиях разложения, в 4-х повторностях. Опыт продолжался 1 год.

Было исследовано изменение содержания C и N и водопрочность структурных агрегатов. В отношении изменения общего содержания C я обнаружил большие различия между двумя почвами. В гумусовой почве содержание общего C, т. е. количество гумуса снизилось, несмотря на большие дозы вносимых органических веществ, в то же время в почве, бедной гумусом наблюдалось значительное повышение гумуса (таблица 7.) Такое явление на мой взгляд объясняется тем, что каждая почва обладает свойством удерживать некоторое количество гумуса на определенном уровне, соответствующем физико-химическим особенностям данной почвы. Содержание гумуса в гумусовой почве было уже на этом уровне, поэтому применение даже высоких доз органических веществ не могло повысить содержание гумуса. В бедных гумусом почвах постоянная эрозия путем смыывания верхнего гумусового слоя и растворения легко растворимых соединений гумуса нарушает установленное состояние равновесия. При условии данного опыта эрозия не могла действовать, поэтому почва старалась из вносимых доз органических веществ поднять содержание гумуса до состояния равновесия. Конечно в обеих почвах образовались свежие гумусовые вещества, но они не могли комплексировать из-за выше описанных причин, влияния постоянной минерализации в гумусовой почве. При оценке опыта во всех повторностях влияние отдельных органических веществ характеризовалось путём сравнения содержания C в конце опыта с содержанием C в контрольных сосудах.

Можно установить, что при аэробных условиях быстрее всего уничтожаются органические соединения. Между анаэробными и экстремными условиями разложения различия не обнаружилось (таблица 9).

Больше всего гумуса образовалось из навоза и соломы, меньше всего из муки люцерны (табл. 10 и рисунки 2 и 3). Влияние качества органического вещества выявилось прежде всего при аэробных условиях (таблица 11.). Степень использования содержания C органических веществ различна. Данные таблицы 12 показывают, что % содержания C, фактически разложившихся органических веществ, связывается гумусовыми веществами почвы. Эти данные показывают степень использования содержания C. Наилучшая степень использования C имеется у соломы, наихудшая у навоза и корней злаково-бобовых трав. Мука люцерны, как исходное вещество для образования гумуса при аэробных и экстремных условиях не пригодна, но при анаэробных условиях хорошо используется.

Величина изменения общего содержания N была меньше. В гумусовой почве соотношение C : N мало изменилось, а в бедной гумусом почве оно стало более широким (таблица 16.). По моему мнению это объясняется тоже стремлением почвы создать равновесие содержания гумуса.

Наконец, таблица 17 и рисунки 4 и 5 иллюстрируют изменение количества водопрочных агрегатов. В данном опыте механическое давление корней по созданию структурных агрегатов не могло выявиться, т. к. вещества были примешаны к почве

в растёртом состоянии. Результаты показали, что в гумусовой почве тоже образуются сырые гумусовые вещества, в противном случае количество водопрочных агрегатов не увеличивалось бы. Для образования водопрочных агрегатов аэробные условия оказались наиболее благоприятными. Влияние отдельных органических веществ следовало по степени использования содержания С. Навоз плохо использовался, это доказывает, что для образования водопрочных связей пригодны только сырые гумусовые вещества, образовавшиеся в почве.

Таблица 1. Результаты лабораторного анализа использованных в опыте почв 1. гумусовая почва 2. бедная гумусом почва.

Таблица 2. Результаты химического анализа органических веществ, использованных в опыте. 1. мука люцерны, 2. корни люцерны, 3. корни трав, 4. корни злаково-бобовых трав, 5. солома, 6. навоз, содержащий 2% фосфорита.

Таблица 3. Количество испаренной воды в мм за 1 год из почв при аэробных условиях у 8 вариантов. а) гумусовая почва, б) бедная гумусом почва, с) среднее из двух изученных почв.

Таблица 4. Количество неразложившегося органического вещества почвы в конце опыта в % от вносимого количества у вариантов 2—7.

Таблица 5. Общее содержание С почв в гр/100 гр почвы в конце опыта у 8 вариантов а) гумусовая почва, б) бедная гумусом почва.

Таблица 6. Изменение общего содержания С почв в гр/100 гр почвы в ходе опыта у 8 вариантов.

Таблица 7. Снижение содержания С у контроля и варианта с минеральными удобрениями в ходе опыта в гр/100 гр. почвы.

Таблица 8. Прибавка общего содержания С в почвах с прибавкой органического вещества в конце опыта по сравнению с контролем в гр/100 гр. почвы (а, б, с смотри выше).

Таблица 9. Очередность почв, получивших органическое вещество, на основании прибавления содержания С по сравнению с контролем (а, б, с см. выше).

Таблица 10. Количества С, связанного гумусовыми веществами почвы из содержания С органических веществ почвы у 8 вариантов (а, б, с см. выше).

Таблица 11. Общее содержание N в гр/100 гр почвы в конце опыта у 8 вариантов (а, б, с см. выше).

Таблица 12. Влияние условий разложения на изменение общего содержания N почвы в гр/100 гр. почвы.

Таблица 13. Влияние веществ, прибавленных к почве на изменения в общем содержании азота почвы, в гр/100 гр почвы у 8 вариантов.

Таблица 14. %-ное количество водопрочных агрегатов с диаметром выше 0,25 мм в конце опыта у 8 вариантов.

Рис. 1. Испарение воды в среднем у двух почв при аэробных условиях. Левый столб обозначает средние данные исходной почвы, а правый столб средние данные почв с искусственно созданными структурными агрегатами. Толстая горизонтальная линия обозначает средние из этих двух. На вертикальной оси имеются количества испаренной воды в мм за 1 год, а цифры на горизонтальной оси обозначают варианты.

Рис. 2. Изменение общего содержания С почв в ходе опыта. а) гумусовая почва, б) бедная гумусом почва. На вертикальной оси имеются данные общего С в гр/100 гр почвы. На горизонтальной оси число вариантов. Линия обозначает исходное общее содержание С почв.

Рис. 3. Количество водопрочных агрегатов в почве а) гумусовая почва, б) бедная гумусом почва. На вертикальной оси, количество водопрочных агрегатов в %. На горизонтальной оси число вариантов. Линия обозначает количество водопрочных агрегатов в начале опыта.

Effect of Various Organic Substances in Soils of the Loess Ridge Region in Fejér County

M. DVORACSEK

Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences,
Martonvásár

Summary

Pot experiments were carried out with two soils characteristic of the loess ridge region in Fejér county, in order to study the effect of different organic substances on the structure and humus content of the soil. One of the soils tested was of a higher humus content, the other being in turn, the soil of a slope poor in humus, exposed to erosion (Table 2).

In the present experiments the following treatments were applied: 1. Control, 2,5% stable manure (with 2% Kola phosphate), 3. 5% pulverised alfalfa, 4. 5% clover roots, 5. 5% alfalfa roots, 6. 5% grass roots, 7. 5% straw and 0,4% nitrogen in form of salt of Pét, 8. 300 kgs. of salt of Pét +150 kgs. of superphosphate +100 kgs. of potassium salt per cadastral yoke.

The quantity of organic substances applied corresponds to 380 quintals per cadastral yoke (= 6600 quintals per hectare). The experiments were conducted for 12 months, in quadruplicates, under aerobic, anaerobic and extreme fermentation conditions.

Changes in the content of total C and N, further in the water stability of soil aggregates were investigated. Appreciable differences were found in the changes of total C content of the two soils tested. In the soil rich in humus, the content of total C (i. e. the quantity of humus) diminished although a great amount of organic substances was added. Adversely, the soil poor in humus showed an increase of total C content to a considerable extent (Table 7). This may be explained by the property of soils to reach and maintain a given level of humus content corresponding to the chemical and physical nature of the soil. The soil rich in humus already attained this level. Obviously, the great quantity of organic substance added could not lift the level of humus content any more. In the soil poor in humus, in turn, the continuous action of erosion inhibited the formation of an equilibrium state by removing the humus-rich topsoil and by leaching out the readily soluble humus compounds. However, under the experimental conditions applied, no erosion effect took place. Thus, the soil poor in humus attempted to raise its humus content up to the equilibrium level, by taking up appreciable amounts of the organic substances added. Although fresh humus substances formed in both soils, this process was unable to compensate the action of continuous mineralisation, due to the causes mentioned former. Therefore, at the evaluation of each series of experiments the action of various organic substances was referred to the C content found at the termination of the experiment.

The consumption of organic substances was highest under aerobic conditions whereas no essential difference was observed between the anaerobic and extreme conditions of fermentation (Table 9).

The greatest amounts of humus formed from stable manure and straw, the smallest ones of pulverised alfalfa (Table 10 and Figs. 2 and 3). The effect of the nature of the organic substance was most pregnant under aerobic conditions (Table 11). The degree of utilisation of the C content of organic substances proved to be different. The values of Table 12 show the percentages of the C content of actually decomposed organic substance converted into humus compounds of soil, indicating the degree of utilisation. Straw showed the best, stable manure and clover roots the worst utilisation. Pulverised alfalfa as humus forming agent was poorly utilised under aerobic and extreme conditions, whereas its utilisation was good under anaerobic conditions.

Changes in the total N content proved rather insignificant. The ratio C/N changed but slightly in the soil rich in humus, becoming broader in the soil poor in humus (Table 16), due to the mentioned trend of soils to maintain an equilibrium level of humus content.

Table 17, further Figs. 4 and 5 show the changes in the quantity of water stable aggregates. Since roots were applied in a pulverised state, their mechanical aggregate-forming action could obviously not take place. The increase of the amount of water-stable aggregates indicates that fresh humus substances formed also in the soil rich in humus.

The formation of water-stable aggregates was most favourable under aerobic conditions. The action of various organic substances was similar to the degrees of utilisation of their C content. Stable manure was poorly utilised, indicating that humus substances formed freshly in the soil are required for building up water-stable aggregates.

Table 1. Results of the laboratory tests of the soils applied in the experiments. 1. Soil rich in humus, 2. soil poor in humus.

Table 2. Results of the chemical analysis of the organic substances applied in the experiments. 1. Pulverised alfalfa, 2. alfalfa roots, 3. grass roots, 4. clover roots, 5. straw, 6. stable manure and 2% rock phosphate (Kola).

Table 3. Quantity of water, in millimetres, evaporated during one year from the aerobically treated soils, under the eight different treatment. *a)* Soil rich in humus, *b)* soil poor in humus, *c)* mean values of soils *a)* and *b)*.

Table 4. Quantity of organic substance not decomposed at the end of experiments, under treatments 2—7, expressed as percentage of quantities applied.

Table 5. Total C content of soils (grams in 100 g. of soil) at the end of experiments under the eight types of treatment, *a)* soil rich in humus, *b)* soil poor in humus.

Table 6. Changes in the total C content of soils during the experiment, under the eight types of treatment, grams/100 g. soil.

Table 7. Decrease of C content in untreated and fertilized soils, respectively, during the experiment, grams/100 g. soil.

Table 8. Surplus of total C content in soils treated with organic substance, referred to the control, at the end of the experiment (grams in 100 g. of soil), *a)*, *b)*, *c)* as in Table 3.

Table 9. Sequence of soils treated with organic substance, on the basis of the surplus of C content, referred to the control. *a)*, *b)*, *c)* as in Table 3.

Table 10. Quantity of C (in per cent) converted from organic manures into soil humus compounds, under the eight types of treatment. *a)*, *b)*, *c)* as in Table 3.

Table 11. Total N content of soils (grams in 100 g. soil) at the end of experiments, under the eight types of treatment. *a)*, *b)*, *c)* as in Table 3.

Table 12. Effect of conditions of fermentation on the changes in the total N content of soils (grams in 100 g. soil).

Table 13. Effect of substances added to soil, on the changes in the total N content (grams in 100 g. soil), under the eight types of treatment.

Table 14. Percentual amount of water-stable aggregates above 0,25 mm., at the end of experiments, under the eight types of treatment.

Fig. 1. Quantity of water evaporated by soils under aerobic conditions. Left column: mean values of original soils; right column: mean data of soils with artificially formed aggregates. Thick horizontal line: means of both soils. Vertical axis: amount of water (millimetres) evaporated in one year. Numbers on the horizontal axis indicate indexes of treatments.

Fig. 2. Changes in the total C content of soil. *a)* Soil rich in humus, *b)* soil poor in humus. Vertical axis: total C content, grams in 100 g. soil. Horizontal axis: number of treatment. —.—.— line: total C content of soil at the beginning of experiment.

Fig. 3. Quantity of water-stable aggregates in soil. *a)* Soil rich in humus, *b)* soil poor in humus. Vertical axis: percentage water-stable aggregates. Horizontal axis: number of treatment. —.—.— line: quantity of water-stable aggregates in the soil at the beginning of the experiment.