

# BIOSZFÉRA ÉS A TALAJOK

V. A. KOVDA

akadémikus

Tudományos Akadémia Talajtani Intézete, Moszkva

SZABOLCS ISTVÁN

a mezőgazdasági tudományok doktora

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Az ember és környezete problémakörének kutatása és tanulmányozása egyre időszerűbb és egyre nagyobb figyelmet fordítanak erre mind az egyes országok kutatási szervei, mind pedig a nemzetközi szervezetek. Korunk és minden valószínűség szerint a következő korszakok egyik legfontosabb kérdése, hogy az ember és természeti környezetének harmóniája, a folyamatok dinamikája és egyensúlya mennyiben biztosítható, továbbá, hogy az egyensúlyi állapot, vagy annak megváltozásai mennyiben befolyásolják kedvező, illetőleg kedvezőtlen irányban elsősorban az élővilágot és az emberiség életfeltételeit.

A bioszféra témaköre olyan széles, hogy benne korunk minden tudományága elsőrendűen érdekelt és interdiszciplináris jellege a legáltalánosabb. Ezt bizonyítja az is, hogy az ember és környezete kérdésével foglalkozó tudományos és főleg tudáspolitikai és tudományszervezési értekezleteken és megnyilvánulásokon a legkülönbözőbb társadalmi és természettudományok képviselői szerepelnek. E sok tudományág közreműködése és eredményeik korszerű és céltudatos szintézise ad lehetőséget arra, hogy a bioszféra kutatását, megismerését, sőt sajátosságainak bizonyos tervszerű irányítását is mint a jelenkor egyik legfontosabb interdiszciplináris tevékenységét a tudományos fejlődés és az emberi társadalom érdekében hasznosíthassuk.

Annak ellenére, hogy egyetlen szaktudomány, vagy tudományág sem követelhet magának hegemoniát, vagy akár prioritást a bioszféra kutatásaiban, vannak olyan tudományágak, amelyek szinte egész problematikájukkal és tematikájukkal, szemléletükkel és módszereikkel a bioszférával és annak vizsgálatával a legszorosabb kapcsolatban állanak. Ezek közé tartozik a talajtan is, mely tudomány Földünk méreteihez képest azzal a kicsiny biogeokémiai szférával foglalkozik, amely a szárazföldeket, sekély tófenékeket és tengerfenékeket fedi. A földkéreg és az élő anyagok állandó kölcsönhatása alakítja ki a talajokat, amelyekben a különböző élő szervezetek élnek és amelyekben felhalmozódnak anyagcseretermékeik, elhalt részeik és többé, vagy kevésbé átalakult maradványaik. Az élő szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) és a talajok alkotják azokat a bonyolult ökoszisztémákat (biogeocönózisokat), amelyek jellemzőek az adott tájra, annak geológiai, földrajzi, hidrológiai, klimatikus és más viszonyaira és amelyek állandó változásban



vannak a környezet természeti és társadalmi alakulásaitól függően és ezekkel szoros kölcsönhatásban.

Az ökoszisztémák változásának intenzitása elsősorban a bennük lezajló életfolyamatok függvénye, így olyan helyeken, ahol a hő, nedvesség és más viszonyok e folyamatoknak kedveznek, pl. nedves trópusokon, ez jelentős, míg pl. a sarkkörökön túl csekély. Hasonló törvényszerűség tapasztalható, ha magas hegységekből az életfolyamatokra kedvezőbb síkságok, vagy tengerpartok felé haladunk. Természetesen extrém arid vidékeken ugyancsak csökkenő intenzitást észlelünk a biogeocönózis folyamatainál az életfolyamatokhoz szükséges víz hiánya miatt.

Az élő szervezetek és talajok által alkotott ökoszisztémák látják el a legfontosabb funkciókat, azokban a bonyolult folyamatokban, melyek fenntartják és fejlesztik az élő világot Földünk felszínén. Ezek között is a legfontosabb: a fotoszintézis; a Nap sugárzó energiájának e folyamatok következtében való megkötődése és a bioszférába való eljuttatása, valamint az életfolyamatok számára legfontosabb elemeknek, mint például az oxigénnek, hidrogénnek, szénnek, nitrogénnek, foszfornak, kénnek, káliumnak, magnéziumnak, káliumnak, nyomelemeknek, szilíciumnak stb. a bioszférába való ciklusos és differenciált bejuttatása és forgalmuk szabályozása. Az elsődleges biogeokémiai hatások a talaj  $\rightleftharpoons$  növény kölcsönhatásban mutatkoznak, azonban a növényekkel táplálkozó állatok, de nem kevésbé a mikroszervezetek is szervesen bekapcsolódnak e folyamatokba. Így a talaj és az élő szervezetek szoros összekapcsolódásával alakult ki a folyamatoknak az a bonyolult és hosszú lánc, melyben mikroszervezetek, növények, állatok tevékenysége és anyagcsere-termékeik útján termelődik és kerül lebontásra, illetőleg felhasználásra az élő világ fennmaradásához és fejlődéséhez nélkülözhetetlen tápanyag és energia.

A talaj semmiképpen sem tekinthető élő szervezetnek, sem kisebb, sem nagyobb kiterjedésben, azonban feltétlen szükséges az élő szervezetek működéséhez. Mind a talajban lakó mikroorganizmusok, mind pedig a növényzet, de közvetve az állatvilág és az ember is feltétlen igénylik azokat a tápanyagokat, amelyeket a talaj, termékenysége révén szolgáltat, és az energiát is, amely az élővilág számára a talajban halmozódik fel.

Igen nagy szerepet játszanak a fent ismertetett folyamatokban a talajok szerves anyagi — a humuszvegyületek. A humusz azoknak a bonyolult kölcsönhatásoknak és folyamatoknak eredményeként képződik, melyek a talaj és az élő szervezetek között mennek végbe, s bizonyos értelemben életfolyamatok terméke. A talajhumusz a fentebb hivatkozott bonyolult biogeokémiai lánc utolsó szeme, mely e folyamatot a teljes mineralizációhoz kapcsolja, melynek során abból egyszerű ásványi anyagok, mint például széndioxid, víz, nitrátok és ammoniumsók, karbonátok, foszfátok, szulfátok és másfélszeres oxidok vegyületei, szilikátok stb. képződnek.

Igen jelentős a talaj termékenységének kialakulásában a humusz sze-



repe, úgy is mint közvetlen energia és tápanyag-raktár, de úgy is, mint a talajt kialakító bonyolult folyamatok terméke és aktív résztvevője. A talajhumuszból nemcsak felvehető növényi tápanyagok szabadulnak fel, nemcsak a mikroorganizmusok használják fel, hanem jelentősen befolyásolják a humuszanyagok a talajok fizikáját, kémiáját és egyéb tulajdonságait, ezért képződését és termékenységét is, annak ellenére, hogy nem áll fenn egyenes arány a talaj humusztartalma és termékenysége között, sőt a modern agronómia kedvezőtlen humusztartalom esetén is képes jó terméseket biztosítani, mégis a talaj képződésében, termékenységének kialakulásában, különösen pedig e folyamatok földtörténeti létrejöttében a humuszanyagoknak igen nagy a jelentősége. A talajokban lejátszódó bonyolult biokémiai folyamatokban a humuszanyagok mind az élő szervezetek számára történő anyag- és energiaátadás, mind pedig a bioelemek és energia megkötése vonatkozásában különleges jelentőségűek.

A talaj termékenységének csak egyik fontos tényezőjét képezik a bennelevő tápanyagok, amellet rendkívül fontos az is, hogy a talajban levő potenciális tápanyagkészlet az élő világ számára hozzáférhető legyen. Közismert ugyanis, hogy azokból az ásványi anyagokból, amelyeket a növényzet a talajból igényel, a talajban nagyságrendekkel nagyobb mennyiség van, mint amennyit abból a növényzet felvenni képes. Ez igen szembetűnően megmutatkozik akkor, amikor a talajnak olyan fontos kémiai alkotórészeit, mint az összes foszfor vagy összes káliumtartalmát vizsgáljuk, amelyek köztudomásúan a legfontosabb növényi tápanyagok közé tartoznak. Ezekből az anyagokból a talajokban található össz mennyiség sokezerszerese annak, amennyit a növény évenként ezekből a talajokból felvesz. Ezért kell azt megállapítanunk, hogy a talaj termékenységének a bennelevő tápanyagokon kívül fontos feltétele ezeknek az anyagoknak a felvehetősége, amely nemcsak ezeknek a talajban levő kémiai formájától függ, hanem olyan tényezőktől is, mint a talaj nedvességtartalma, a talaj szerkezete, a talaj légjárhatósága, a talajban levő mikroorganizmusok tevékenysége stb.

Körülbelül két billió év óta fejtenek ki az élő szervezetek számottevő hatást a hidroszféra, atmoszféra és litoszféra folyamataira. Ezek a hatások állandóan növekednek és a biogén folyamatok az egész földkéreg változásait már hosszú idő óta olyan mértékben befolyásolják, hogy ez a „biogén” effektus külön földtörténeti periódusnak tekinthető. Hozzávetőleg 400 millió éve, mikor az élet általánosan elterjedt a szárazföldeken (a Devon után) a fenti hatás különösen jelentőssé vált. Ma a szárazföldeken található biomassza, amelybe beleértjük az élő szervezetek tömegén kívül az elhalt, vagy szerves kötésben átalakult élő anyagot is  $10^{10-12-13}$  tonnára becsülhető. Ebből legnagyobb mennyiségű az erdőségek biomasszája, míg az állatvilágé csak az egész mennyiség 0,5–3%-a. Meg kell azonban jegyezni, hogy az élővilág fejlődésével párhuzamosan ez az arány az állatvilág javára permanensen növekvő tendenciát mutat.



Az I. táblázatban bemutatunk néhány adatot az élőanyag mennyiségi eloszlásáról Földünkön.

### I. táblázat

*Az élőanyag megoszlása a Földön (száraz anyag/tonna)*

Szerző	Szárazföldek		Óceánok		Összes élő anyag
	fitomassza	egyéb	fitomassza	egyéb	
Vernadskij 1926					n $10^{15}$
Vernadskij 1940					n $10^{13}$ — $10^{14}$
Kovda 1969	$3,1 \cdot 10^{12}$ — $1 \cdot 10^{13}$				
Bogorov 1969			$0,17 \cdot 10^9$	$3,3 \cdot 10^9$	
Wittaker and Woodwell 1969	$1,85 \cdot 10^{12}$		$3,3 \cdot 10^9$		
Baziljevics Rodin, Rozov 1970	$2,4 \cdot 10^{12}$	$0,02 \cdot 10^{12}$	$0,0002 \cdot 10^{12}$	$0,003 \cdot 10^{12}$	$2,42 \cdot 10^{14}$

Jóllehet az I. táblázat adatai sokban becslésszerűek, mégis jól mutatják az élő anyag hozzávetőleges mennyiségét és eloszlását is Földünkön. Látható ebből, hogy az élő anyag túlnyomó része a szárazföldeken található, míg bolygónk felületének nagyobb részét kitöltő óceánokban, csak kb. a szárazföldek élő anyagának ezredrésze van. Érdekes ellentét figyelhető meg azonban, ha a szárazföldek és óceánok élő anyagainak a fitomassza és egyéb élő anyagok (felhasználó szervezetek, stb.) közötti megoszlását vizsgáljuk. Míg a szárazföldeken a fitomassza mennyisége az egyéb szervezetekének több mint százszorososa, az óceánokban ez az arány éppen fordított és a fitomassza mennyisége csak mintegy tizedét teszi ki az egyéb élő szervezetek tömegének. Ez az adat is mutatja, hogy a szárazföldek és óceánok biocönózisai között számottevő minőségi különbség van. Nem célunk jelen dolgozatban ennek okait elemezni, sem pedig a szárazföldi és óceáni életfolyamatok egyéb sajátosságait, melyek például a biotomassza évenkénti újratermelésének mennyiségi és minőségi mutatóiban is nagyban különböznek.

Igen jelentős mennyiségét teszik ki a biotomasszának a talajokban élő mikroszervezetek, ámbár hozzávetőlegesen pontos számadatokkal is alig rendelkezünk erre vonatkozóan.

A növények részesedése szárazföldünk biotomasszájában nagy. Ez a szervesanyag tömeg nemcsak a folyamatok révén áll szoros kapcsolatban a talajjal, hanem lokálisan is, hiszen a növényi gyökérzet a talajban van, a növények földfeletti része pedig a talajból veszi fel a tápanyagok túlnyomó részét, az asszimiláció révén átszajátított  $\text{CO}_2$ -n kívül gyakorlatilag az összes ásványi tápanyagot.

A II. táblázatban bemutatjuk a növények föld feletti részének és az élő és elhalt gyökérzet mennyiségi arányait, melyből látható, hogy a növényi



biomassza jelentős része gyökerek formájában a talajban található. Jól mutatják a táblázat adatai azt is, hogy különböző növényi formációk esetében a föld feletti és föld alatti, tehát talajban található biomassza mennyiségi arányai milyen különbözőek lehetnek, így például a tajgán a talaj fölött, míg a csernozjomterületeken, különösen pedig szolonyecek esetében a talajban található a növényi biomassza túlnyomó része.

**II. táblázat**

*A növényi biomassza föld feletti részének és a gyökérzetnek mennyiségi arányai*

Növényzet	Arány
Tundra	1 : 8, 1 : 6
Tajga	4 : 1
Erdős sztyep	3 : 1
Füves csernozjom terület	1 : 9
Csernozjomok és réti talajok asszociációi	1 : 6
Szolonyec területek	1 : 20

A fentieknél extrémebb körülmények között, például félsivatagi vidékeken, magas hegyi platókon stb. előfordulhat, hogy a növényi biomassza 90—95%-a van a talajban. Ha figyelembe vesszük a gyökerek mennyiségén túlmenően a talajhumusz mennyiségét is, könnyen beláthatjuk, hogy a biomassza túlnyomó része a talajokban van jóformán minden szárazföldi ökoszisztéma esetében.

Erre vonatkozóan adatokkal szolgál a III. táblázat.

**III. táblázat**

*A különböző ökoszisztémák szervesanyag tartalmának megoszlása t/ha*

Típus	Föld feletti fitomassza	Humusz
Tengerparti és szárazföldi vízállások, lápok	10—20	128
Tundra	3—10	320
Tajga	270	100
Füves területek	16	355

Ha a növényi biomasszában és talajokban felhalmozódott potenciális energiával számolunk, a IV. táblázatban látható hozzávetőleges adatokhoz jutunk.

**IV. táblázat**

*A növényi biomassza és a talajok szerves anyagainak energiataralma*

Szárazföld	10 <sup>19-20</sup> KCal
Fotoszintézis évi energiaeffektusa	10 <sup>17-18</sup> KCal
A talaj szerves anyagai	10 <sup>19-22</sup> KCal



A fentiek alapján megállapítható, hogy az életfolyamatok számára nélkülözhetetlen energia túlnyomó része bolygónkon a talajok és lápos-nedves területek legfelső rétegeiben van felhalmozva. Ezek a rétegek nemcsak felhalmozzák a szóban forgó energiát, hanem rendszeresen és szabályozottan átadják a biogeocönózisban (ökoszisztémában) résztvevő élő szervezeteknek. Az említett rétegek, Földünk felszínének e vékony, arányaiban filmszerű burka köti meg a legfontosabb bioelemeket, mint például a nitrogént, foszfort, káliumot stb. és megóvjá ezeknek túlnyomó részét attól, hogy az elemek nagy geológiai körforgásába kerülve a talajokból kimosódjanak és végül az óceánokba kerüljenek.

Természetes körülmények között minden ökoszisztéma sajátos önregulációs rendszerrel bír, amely a fejlődés évezeire, sőt évmilliói alatt alakult ki. Minden biogeocönózis a kölcsönhatások meghatározott mennyiségi és minőségi szintjén sokrétűen kapcsolódik mind az élő, mind az élettelen anyagokhoz, biotikus és abiotikus folyamatokhoz. A biogeocönózis egyes komponensei, így pl. a növények, állatok, mikroszervezetek, talajok, sőt talajlevegő, talajvíz, stb. egymással szoros kölcsönhatásban állanak a közös energiaforrások, az anyagcsere hasonló vagy összekapcsolódó folyamatai, a fizikai, kémiai és biológiai folyamatok sajátos periodicitása, adaptációk és antagonizmusok és számos más folyamat és monomentum következtében.

A talaj maga is a biogeocönózis terméke, azonban ugyanakkor tulajdonságaiban a megjelenési formájában visszatükrözi az adott biogeocönózis történetét és sajátosságait.

A talaj anyagában felhalmozott energia és biofil elemek alakítják ki a talaj termékenységét, azt a tulajdonságát, mely az egész élővilág primér tápanyagforrásává teszi. A talaj termékenysége hosszú folyamatok eredménye és a legszorosabb kapcsolatban van a talajképződéssel.

Természetesen a talaj Földünkön sokkal régebbi képződmény, mint az emberi élet. A talajok és ezzel együtt a talajok termékenysége már akkor is nagy szerepet játszottak az élővilágban, mikor az ember még nem jelent meg Földünkön. Az élővilág fejlődésével párhuzamosan a talajok is fejlődtek, minden valószínűség szerint differenciálódtak és fontos szerepet játszottak abban a biológiai egyensúlyban, amely az adott időszakban az adott helyen kialakult.

Az ember, Földünkön való megjelenése óta intenzíven vesz részt a biogeocönózisban. Tevékenysége nem csak az egyéb élőlényekhez hasonló anyagcsere-tevékenységgel és a környezetre gyakorolt hatással jellemezhető, hanem azzal is, hogy tudatos termelő tevékenységével környezetére minőségileg más befolyást gyakorol, mint az élővilág egyéb képviselői. Igaz, hogy megjelenése utáni első időszakban az ember is sokban csak hasonló befolyást gyakorolt az őt körülvevő ökoszisztémára, mint az állatvilág egyes fajai, de ez a helyzet a paleolit és különösen a neolit korszakban jelentősen megváltozott. Ez érvényes



arra a hatásra is, amelyeket az emberi tevékenység a talajokra, főleg azok felső rétegeire gyakorolt. Az emberiség élete, táplálkozása, letelepedése, munkája számára is a talaj jelentette és jelenti az alapot.

A talaj  $\rightleftharpoons$  élőlények rendszer a fő (és sok esetben az egyetlen) forrása a tápanyagoknak, egyes nyersanyagoknak, melyek nélkülözhetetlenek az emberiség számára.

A talaj  $\rightleftharpoons$  élőlények rendszer a mezőgazdaság, erdészet, melioráció, sok iparág stb. alapja.

A talaj  $\rightleftharpoons$  élő szervezetek rendszere szabályozza és biztosítja az olyan környezeti tényezőket, amelyek az emberi élet számára is elsődlegesek, pl. a biológiailag tiszta vizet, tiszta levegőt, táplálékot, normális életkörülményeket. Mindez a fejlődés hosszú útján ciklikus változások során és eredményeként alakult ki, s az ember biológiai és termelő tevékenysége részben ösztönösen, részben tudatosan sokféle módon és különböző kihatásokkal vett részt és eredményezett változásokat természeti környezetében és annak egyensúlyi viszonyaiban.

A vadászat, tűz felfedezése, erdőirtások, a föld feltörése, legeltetés, öntözés, lápok kiszáritása, a lejtők teraszolása, trágyázás, csak néhány módszer mutatnak be azokból, amelyekkel az ember fejlődéstörténete során a talajokat és az egész természeti környezetét jelentősen megváltoztatta. A civilizációval újabb tényezők, mint pl. légszennyeződés, a szemét, herbicidek, szintetikus anyagok kiszórása, bányameddők stb. útján is jelentős hatást gyakorol az ember a környezetre, az esetek nagyrésztében a talajon keresztül.

Az építkezések, katonai létesítmények és intézkedések, mérgező anyagok, stb. amelyek a környezet biológiai egyensúlyát megváltoztatják, jelentősen hatnak a talajokra is.

Mind a régebbi, mind pedig az újabb változások, amelyek a talaj termékenységében bekövetkeznek, egyes esetekben annak növekedésével, más esetekben csökkenésével járnak. Sajnos az emberi tevékenység sok esetben végzetes hatást gyakorolt a talaj termékenységére, talán elegendő, ha csak Mezopotámiában az ókorban virágzó kultúrákra hivatkozunk, amelyek a helytelen öntözés és ennek folytán bekövetkező elsősodás, elszikesedés miatt pusztultak el. Irakban a Tigris völgyében a hajdani öntözőrendszerek maradványait radiokarbonnal megvizsgálva azt is megállapították, hogy körülbelül mely időszakban történtek ezek a katasztrófális változások. Sok hasonló szomorú példát lehetne felhozni, akár az oktalan erdőirtások és hegyvidékek elkarsztosodása, akár termékeny talajok elláposodása, és sok más folyamat vonatkozásában.

Régebben nem álltak rendelkezésre azok a tudományos ismeretek, amelyek segítségével a természeti környezetre történő befolyást, ennek kihatásait, irányait és befolyásolhatóságát előrejelezhatték és megállapíthatták volna. Az elmúlt korok embere csak akkor tapasztalhatta, hogy például öntözéssel



elszikesítette a talajt, amikor az bekövetkezett, de a folyamatokat, a termékenység csökkenésének okát, s ebben saját tevékenységének szerepét még akkor sem ismerhette fel a tudományos felkészültség hiányában. Ez a megállapítás nemcsak a régmúlt időszakokra érvényes, hanem a közeli múltra, de sajnos néha még a jelenre is. Csak az emberi tevékenységnek az ökoszisztémákra való hatásának ismerete, kvalitatív és lehetőleg kvantitatív jellemzése ad lehetőséget a bekövetkező folyamatok előrejelzésére és a káros folyamatok csökkenésére vagy elkerülésére. Így van ez a talajtan területén is, ahol ma már megvannak a lehetőségek arra, hogy az emberi tevékenység során a talaj termékenységét fenyegető, néha katasztrófális veszélyeket előre jelezzük és elkerüljük.

Természetesen az emberi tevékenység célja kezdettől fogva az volt, hogy a talajból több élelmet, nyersanyagot stb. kapjon, más szóval növelje a talaj termékenységét. Annak ellenére, hogy az előzőekben néhány szomorú példát hoztunk fel arra, hogy ez a szándék egyes esetekben ellentétes eredménnyel járt, egészében meg kell állapítani, hogy a mezőgazdasági termelés egész fejlődésmenete során jelentősen növelte a talajok produktivitását. Mind az ókori, mind az újabb kori kultúrák sok szép példát szolgáltatnak erre, elég ha csak a Nílus völgy, a Gangesz völgye, vagy a mai Európa mezőgazdasági termelésére hivatkozunk. Ez a tevékenység mind a múltban, mind pedig a jelenben elsőrendű jelentőségű, hiszen az amberiség táplálkozását biztosítja, azonban a természeti környezetre gyakorolt közvetlen és közvetett hatása nem mindig egyértelmű, még akkor sem, ha a természetlakok igen jelentősek. Köztudomású, hogy pl. Európában a XV—XVIII. századokban hektáronként 6—700 kg gabonatermés volt elérhető, mely azóta megsokszorozódott. E növekedés, mely nemcsak a gabonatermelésre jellemző, ma sem állt meg és ez adja az egyik döntő lehetőséget az emberi kultúra és civilizáció további fejlődéséhez. Ugyanakkor pl. a peszticidek kiterjedt alkalmazása, erdők, pihenésre szolgáló területek csökkentése stb. a fenti tendenciával ellentétes irányba is hatnak az ember és természeti környezete harmóniájának kedvezőtlen megzavarásával. Nem szabad ebből olyan következtetéseket levonni, hogy a talajok termékenységének emelését szolgáló kémiai, biológiai, vagy más módszerekről mondjunk le, de a hatások felmérése, intézkedések ésszerűsítése, mindenképp indokolt.

Földünkön a mezőgazdasági termelés jelenlegi megoszlását az V. táblázaton láthatjuk.

Mint az V. táblázat mutatja, a Föld mezőgazdasági területei az egész szárazföld 25—30%-át teszik ki, de ha az erdőket is hozzászámítjuk, kb 60% lesz ez az érték. A táblázat adatai több következtetésre is lehetőséget adnak. Ezek közül az egyik az, hogy Földünkön még nagy kiterjedésben található olyan területek, amelyek szükség esetén bevonhatók a mezőgazdasági termelésbe. Másik, hogy az erdők kiterjedése körülbelül megegyezik a szántó, rét-legelő



## V. táblázat

*A mezőgazdasági területek megoszlása Földünkön*

A szárazföldek felszíne,	14,8 · 10 <sup>9</sup> ha
ebből:	
Szántó	1,5 · 10 <sup>9</sup> ha
Rét, legelő	2,6 · 10 <sup>9</sup> ha
Erdő	4,06 · 10 <sup>9</sup> ha
Összesen:	8,16 · 10 <sup>9</sup> ha

területek összegével. Nem szabad azonban ebből arra következtetni, hogy az erdőterületek csökkentése helyes, mert sok esetben oktalan erdőirtásokkal az adott ökoszisztéma egyensúlya kedvezőtlen irányba változik, mint arról az előbbiekben szó volt. Nem kevésbé káros a természetes legelők „túllegeltetése”, amely számos helyen, számos esetben katasztrófális következményekkel járt.

Azok a beavatkozások a természetes biogeocönózisba, amelyek a mezőgazdasági termeléssel gyakorolunk, szükségszerűen megváltoztatják a természeti folyamatok egyensúlyviszonyait, ezzel az anyagcseretermékek minőségét és mennyiségét, sok esetben kisebb vagy nagyobb mértékben az egész természeti környezetet, sőt tájat is. Utóbbira fentebb is hoztunk fel példákat a másodlagos szikesedéssel, erdőirtásokkal stb. kapcsolatban, de olyan példákkal is lehet szolgálni, mint pl. termékeny ültetvények, hajdani erdők helyén, vagy öntözött és termékennyé tett egykori homokterületek. A mezőgazdasági termelésnek a természeti környezetre gyakorolt hatását egyértelműen negatívnak képzelnünk legalább olyan hiba, mint figyelmen kívül hagyni a beavatkozások veszélyét.

A növekedő népesség és még ennél is intenzívebben jelentkező növekvő igények szükségessé teszik a mezőgazdasági termelés olyan növekedését, mely csak a természetes környezetre gyakorolt további, mind mennyiségileg, mind minőségileg még fokozottabb befolyással jár. A cél, hogy ezek során a természetes talajtermékenységet lehetőleg ne csökkentsük, hanem növeljük, s olyan helyen, ahol a talajtermékenység kevés az intenzív mezőgazdasági termeléshez, azt meliorációs intézkedésekkel emeljük. Ezért a talajok meliorációjával foglalkozó tudományzakoknak is központi kérdése kell hogy legyen a talajok termékenysége, valamint az a probléma, hogy egyes meliorációs intézkedések hogyan befolyásolják a természeti környezetet. Nem korlátozódhat ma már a melioráció egyes kedvezőtlen tulajdonságok egyszerű csökkentésére, hanem a talaj, élőlények és az egész természeti környezet ismeretében az összes tényezők szem előtt tartásával kell kidolgoznia és alkalmaznia azokat a módszereket, melyek az adott helyen és talajon úgy teszik lehetővé az intenzív termesztést, hogy annak kihatásai is összhangban legyenek a természeti környezet kedvező egyensúlyával.

A melioráció sok eredményes, szép példáját láthatjuk világszerte. Le-csapolt, öntözött, kémiailag megjavított területek bizonyítják a meliorációs



intézkedések nagy sikerét és azt is, hogy ilyen módszerekkel nyílik lehetőség újabb területek mezőgazdasági termelésbe való bekapcsolására. Azonban jóformán minden szélesebb körű meliorációs intézkedés, vagy szisztéma járhat olyan veszélyekkel, amelyek a talajok termékenységének csökkenéséhez vezetnek, ha a természeti tényezők valamelyikét vagy éppen összhangjukat nem részesítjük kellő figyelemben. Jóllehet az öntözéssel kapcsolatban az előzőekben szó volt a másodlagos szikesedés következtében előálló károkról, mégis általánosságában is és egyes részleteiben is a melioráció esetleges nem kedvező, a talaj termékenységére nézve „degradáló” hatásainak lehetőségéről itt is beszélni kell.

A melioráció segítségével komplex hatások következtében igen produktív agroökoszisztémákat teremtenek, amelyeknek hatása túlnő a közvetlen mezőgazdasági termelésen. Ezért a talajra gyakorolt befolyáson túlmenően igen sok tényezőt és kölcsönhatást kell figyelembe venni komplex meliorációs tervek elkészítése és végrehajtása során. Magyarországon is vannak erre példák, mert ilyen szemlélet nyilvánul meg a tiszai öntözőrendszerek tervezése és megépítése során, sőt az üzemelésükre való felkészüléssel kapcsolatban is. Nagyon fontos az az elővigyázatosság, amelyet a talajok termékenységével kapcsolatban ezek a tervek is figyelembe vesznek, hiszen az Egyesült Nemzetek szakosított szerveinek adatai szerint a világ ma működő öntözőrendszereinek jóval több, mint a fele a másodlagos szikesedés és másodlagos láposodás közvetlen károsító hatása alatt áll és évente több millió hektár termőterület esik ki a fenti folyamatok miatt a termelésből.

Ha ehhez hozzászámítjuk azt, hogy ezeken a területeken az öntözőrendszerek építése és üzemeltetése milyen nagy szellemi és anyagi ráfordításokat követel, továbbá, hogy ezek az öntözőrendszerek általában olyan sűrűn lakott területeken készültek, ahol a tápanyagellátás fontos probléma, megítélhetjük, hogy e folyamatok nemcsak a múltban, hanem a jelenben is komoly veszélyt jelentenek, megismerésük, felmérésük és az ellenük való harc mennyire fontos.

Sajnos legtöbb esetben a műszaki tervezéssel egyidőben nem készül el idejében az öntözés által érintett talajok termékenységváltozásának előrejelzése pedig csak ez adhat lehetőséget a megfelelő tervezésre és az esetleges káros hatások kiküszöbölésére, vagy csökkentésére. A magyar öntözésfejlesztéssel kapcsolatos helyes szemléletet így nemzetközi vonatkozásban is értékelni kell.

Más vonatkozásban, túlnedves területek lecsapolásánál is meg kell kívánni a gondos talajtani előrejelzést, ellenkező esetben előfordulhat a melioráció során túlzott kiszáritás és az állandó vagy periodikusan nedvességhiány esetleg más értelemben, de végső kihatásában az ökoszisztéma ugyanolyan kedvezőtlen megváltozásával jár a termelés vonatkozásában, mint a javítást megelőzően a túlbő nedvesség.

Hasonló megfontolások alapján kell az erózió elleni intézkedéseket, a



talajvédelmet is tervezni és kivitelezni. Nyilvánvaló, hogy a talajvédelem végrehajtása: teraszolás, lejtők szabályozása stb. nemegyszer megváltoztatják az egész környezetet, mesterséges ökológiai rendszert eredményeznek. A műszaki intézkedések és az agronómiai szempontok összehangolása teszik lehetővé, hogy az ilyen változások elősegítsék a talajvédelem legfontosabb célját, a termőtalaj produktivitásának növelését.

Hosszú lenne a sora azoknak a meliorációs intézkedéseknek, amelyekről hasonlóan lehetne nyilatkozni, mert jóformán mindegyiknek legfontosabb célja a talaj termékenységének nemcsak fenntartása, hanem növelése. A talaj termékenységgel szoros kapcsolatban levő problémákkal találkozunk a tereprendezésnél, ahol a termékeny felső szintek elvesztésének veszélye áll fenn és ezt figyelembe véve kell a műszaki megoldást keresni, vagy patakok, folyók öntésterületeinek vízrendezése esetén, ahol a mezőgazdasági növények optimális vízellátása a cél. Itt lehetne beszélni a bányameddők termővé tételéről, vagy a nálunk régebben elterjedt digóbányák hasznosításáról is.

A mezőgazdasági termelés fejlesztését célzó intézkedések és módszerek ma már a melioráció fogalmának új értelmezését is szükségessé teszik. Ezek az eljárások manapság sokkal kevésbé különböznek el a mezőgazdasági termelést szolgáló egyéb módszerektől, mint valaha. Példa erre a nagyadagú műtrágyák és kisadagú javítóanyagok alkalmazása. Sok műtrágyaféleség határozott talajjavító hatást is kifejt és a kis adagban alkalmazott javítóanyagok gyakran tápanyagforrást is jelentenek a növényzet számára. Ilyen célból használnak például Romániában foszfor-gipszet szolonyecek javításánál és Magyarországon is a kisadagú kalciumvegyületek alkalmazása a szolonyeceken a termelt növények kalciumigényének kielégítését is hivatott elősegíteni.

A kémiai szerek, elsősorban műtrágyák és növényvédőszer alkalmazása a mezőgazdaságban ma már olyan mértéket öltött, hogy ez jelentős hatást gyakorol a természeti környezetre is. Nem kívánunk itt foglalkozni a peszticidek talajokban, vizekben való felhalmozódásával és ez ezzel kapcsolatos közismert problémákkal, de ez jól mutatja, hogy szükséges és hasznos kémiai anyagok alkalmazása esetén is fennáll a környezet szennyezésének veszélye és e folyamatoknak részben helye, részben közvetítője a talaj, amely átadhatja a káros anyagokat a környező levegőnek, vizeknek, de le is kötheti, sőt el is bonthatja azokat adott feltételek mellett.

Az utóbbi időben igen fontos kérdéssé vált a radioaktív hasadási termékeknek a bioszférába való bekerülése és további hatásuk az élő szervezetekre.

A Föld felszínére érkező radioaktív szennyezéseket a talaj a levegőből, esővízből, felszíni vizekből stb. megköti, felhalmozza és ezeket az élőszervezetek részére átadhatja, ezáltal bevonja az elemek biológiai körforgásába. Így előfordul, hogy a talajban ezeknek a bomlástermékeknek a koncentrációja lényegesen meghaladja a környező atmoszféra, litoszféra, illetve hidroszféra megfelelő koncentráció értékeit.



A talaj e sajátos szerepéről következik, hogy benne a radióaktív anyagok mennyisége mindaddig, amíg újabb szennyeződések érkeznek a környezetből, fokozatosan nő és a szennyező források megszűnésével a benne felhalmozott radióaktív anyagok mennyisége csak igen lassan csökken. A talaj közvetítésével veszélyes izotópok kerülhetnek növények, állatok és az ember szervezetébe, ezért a talajok termékenységének ilyen irányú tanulmányozása, valamint védelme igen fontos.

Közismert, hogy a talajtermékenység növelésének egyik legfontosabb eszköze a műtrágyázás. A műtrágyázás jelentősége főként abban van, hogy kémiai anyagokkal igyekeznek a talaj tápanyagszolgáltató képességét növelni. Igen érdekes megemlíteni azt, hogy azokból a tápanyagokból, amelyekből a talaj igen nagy mennyiséget tartalmaz, e mennyiség század vagy sokszor csupán ezred része a növények számára felvehető vegyület alakjában való bejuttatása nagy mértékben emeli a talaj termékenységét. Általában a talajok összes nitrogéntartalmának csupán néhány százalékának megfelelő nitrogén műtrágya mennyiséget viszünk bele évenként a talajba, és ennek segítségével a termések megkészszerzése is elérhető. Még tágabbak az arányok, ha olyan növényi tápanyagokról beszélünk, mint a foszfor vagy kálium vegyületei.

A műtrágyázás tehát nem is annyira a felhasznált műtrágyamennyiség révén (ámbar ma már ez is igen tekintélyes) válik a bioszférát erősen befolyásoló tényezővé, hanem főleg azért, mert a talajok természetes tápanyagellátását oly nagy mértékben változtatja meg, hogy ezáltal a környezet biológiai és ezen túlmenően gazdasági viszonyait is módosítja. A műtrágyák alkalmazásával a növényi tápelemek dinamikájában a talaj—növény rendszerben döntő minőségi és mennyiségi változásokat hozunk létre, ezekről nemesak a szakirodalom ad jó képet, hanem az intenzív műtrágyázást folytató országok nagy termésátlagai is.

A műtrágyák segítségével a talaj  $\rightleftharpoons$  élő szervezetek rendszer anyag- és energiaforgalmában olyan, a növénytermesztésre kedvező kihatású változások érhetők el, amelyek hatékonysága, figyelembe véve a folyamatokba juttatott anyagmennyiségeket, igen nagy. Emellett a műtrágyák alkalmazásának környezetszennyező hatása még a mai nagy és állandóan növekvő dózisok mellett is csekély és ha egyes esetekben ez fenyeget is, könnyen és gyorsan elhárítható. Például klorid tartalmú műtrágyák nagy adagjai esetén fellépő növényt vagy talajt károsító hatásoknál ezek megszüntetéséhez elegendő más aniont tartalmazó műtrágya használata.

A talaj termékenysége a legfontosabb kifejezője e természeti képződmény és a bioszféra többi eleme között fennálló szerves kapcsolatnak. A talaj termékenysége már akkor is biztosította az élő világ primér tápanyagait, mikor az ember még nem jelent meg Földünkön. Az emberi tevékenység szükségszerűen változtatta meg az ember előtti természetes ökoszisztémák önregulációját, így a talajképződési folyamatokat, a talajok tulajdonságait, köztük termé-



kenységüket is. Hasonlóan változtatta meg az ember a hidroszférát, atmoszférát és a környezet más elemeit is, legtöbbször nem ismerve vagy nem végigkövetkeztetve e változások kihatásait.

Ma, midőn az ember és környezete optimális egyensúlyának kialakítása céljából a bioszféra tényezőit e cél érdekében tudatosan, a modern tudomány és technika módszereivel kívánjuk befolyásolni, meg kell azt is vizsgálni, mennyire lehetséges e feladat végrehajtása ma és a közeli jövőben.

A természeti környezet legszélesebb értelmű konzerválásának és védelmének fontos feladatával együtt ugyanis nyilvánvaló, hogy akarva, akaratlan az emberi tevékenység egyre nagyobb hatással van a bioszférára. Midőn a károsodások megszüntetéséről vagy legalább csökkentéséről van szó, egyre inkább előtérbe kerülnek azok az intézkedések és módszerek, melyek kedvező kihatásúak az emberiség számára. Ez a szemlélet sem új, szinte egyidős az emberi társadalommal. Más kérdés, hogy hányszor fordult visszájára, hány esetben milyen károkat okoztak helyi vagy időszakos eredmények nagyobb területeken, vagy későbbi időszakokban. A jelenlegi nemzetközileg és interdiszciplinárisan is összehangolt „Ember és természeti környezete” programnak nagy érdeme, hogy összefogóan és az emberiség jövője számára munkálkodik ezen a problémakörön.

Amint az emberi tevékenység egyre intenzívebb befolyást gyakorol a környezetre, amelynek további növekedése is szükségszerű, úgy kell e tevékenység kihatásait egyre intenzívebben megismerni és figyelembe venni, esetleg a lehetőségek határain belül szükségszerűen módosítani. Csak azáltal óvhatjuk meg a természeti környezetünket és biztosíthatjuk annak az emberi tevékenységgel való kedvező összhangját a jövőben, ha az arra gyakorolt befolyást ismerjük, sőt bizonyos mértékig szabályozni, irányítani is tudjuk. Minél jobban hasznosítja az emberi tevékenység az ökoszisztémákat, azaz a talajra vonatkoztatva minél nagyobb terméseket ér el, annál jobban kell ismernie e hasznosítás természeti folyamatait és következményeit, de ezen túlmenően is annál nagyobb mértékben kell óvni és kedvező irányba befolyásolni a természetes környezetünket.

Számolnunk kell azonban azzal, hogy még a mai fejlett tudomány és technika és a legszélesebb nemzetközi összefogás esetén is korlátozottak a bioszféra döntő faktorait befolyásolni képes intézkedések lehetőségei. Még ma is kevés a lehetőségünk például a kozmikus sugárzó energia, az időjárás stb. jelentős megváltoztatására. Aránylag nagyobbak a lehetőségek a biogeocönózisok, élő szervezetek és talajok befolyásolására. Ez azonban nem történhet egymástól elszigetelt módszerekkel, hanem csak a természeti környezet egészére gyakorolt hatásokat ismerő interdiszciplináris tevékenység útján. Mint fentebb már szó volt róla, a talajok termékenységének kedvező irányú befolyásolására ma már jó lehetőségek vannak. Az Egyesült Nemzetek szakosított szerveinek adatai alapján a 6. sz. táblázat mutatja, hogy a bioszféra egyes



komponensei milyen mértékben befolyásolhatók és változtathatók meg a ma<sup>i</sup> tudomány és technika színvonalán, valamint a belátható jövőben. Természet-szerűen a táblázat adatai többnyire kvalitatívek, többször becslésszerűek, vagy feltételezéseken alapulnak.

### VI. táblázat

*A bioszféra egyes komponenseinek befolyásolhatósága*

Komponens	Befolyásolhatóság mértéke	
	jelenleg	a belátható jövőben
Fény, hőgazdálkodás	—	Mesterséges fény?
Atmoszféra	—	A CO <sub>2</sub> koncentráció növelése?
Víz	+	+++
Élő szervezetek	+	++
Talajok	+++	++++

A táblázaton a + jelek a befolyásolhatóság mértékének arányait tüntetik fel. A VI. táblázat azt mutatja, hogy már a jelenben is, de különösen a jövőben a talajokra gyakorolt hatás eredményes lehet az ember és természeti környezete szempontjából, hiszen aránylag jó lehetőségek vannak a talajképző folyamatok és a talaj termékenységének mesterséges megváltoztatására, mint az előzőekben erről bővebben is szó esett.

A talaj nemcsak eddig volt az élő világ számára szükséges tápanyag és energia alapvető forrása, hanem az marad a belátható jövőben is. Ezért midőn az ember és természeti környezete összefüggéseit, dialektikus egységét és ellentéteit vizsgáljuk, a talaj és talajtermékenység jelentősége alapvető. Tudományszakunk legfontosabb feladata, hogy az emberi tevékenységnek a környezetre gyakorolt egyre intenzívebb hatásait a talajok esetében nemcsak felmérje és jellemezze, hanem megtalálja és kidolgozza — szorosan együttműködve sok más tudományággal — azokat a szempontokat és módszereket, amelyek segítségével a talajok termékenysége nemcsak fenntartható, de állandóan növelhető is, másszóval a gyorsan szaporodó emberiség egyre növekvő igényeinek megfelelően biztosíthatjuk az életfolyamatok számára nélkülözhetetlen tápanyagokat, illetve energiát.