

## AGROÖKOLÓGIA – TÁJÖKOLÓGIA

VÁRALLYAY GYÖRGY

MTA Talajtani és Agrokémiiai Kutatóintézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.  
e-mail: g.varallyay@rissac.hu

**Kulcsszavak:** agroökoszisztéma, talajtakaró, talajdegradáció, szélsőséges vízgazdálkodás, környezeti érzékenység, anyagforgalom

**Összefoglalás:** Az emberi élet minőségének kritériumai között három biztosan szerepel: megfelelő mennyiségű és minőségű egészséges élelmiszer; tiszta víz; kellemes környezet. Mindhárom szorosan kapcsolódik az agroökoszisztémákhoz, azok tényezőihez, szerkezetéhez, működési mechanizmusához, szabályozásához, hasznosításához.

Az agroökológia az agroökoszisztémák és a környezet viszonyának megismerésével foglalkozó tudományág. Agroökoszisztéma minden olyan élőhely-élőlény együttes, amelyet különböző mértékben, időben, módon, tudatosan befolyásol és szabályoz az ember. Az agroökológia egyik eleme, a talajban tározott nedvesség is víz, amelynek nemcsak a vízgazdálkodás, hanem a környezet egészére is jelentős, gyakran meghatározó hatása van. Magyarország területének több mint 80%-a teresztrisz ökoszisztémákkal borított, amelyek nagyrészt agroökoszisztémák. Az agroökológia jelentősége tehát Magyarországon megkülönböztetett jelentőségű, s kutatása kiemelt figyelmet, prioritást érdemel.

Ennek megfelelően indult „Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei)” című NKFP kutatási programunk egy 10 kutatóhelyet magában foglaló konzorcium együttműködésében. A Program egy korszerű szintézis, amelynek célja az agroökoszisztémák zavartalan és káros környezeti hatások nélküli működésének tudományos megalapozása: tényezőinek, elemeinek értékelő felmérése; környezeti összefüggéseinek részletes elemzése; anyag- és energiaforgalmi folyamatainak jellemzése, kvantifikálása, mechanizmusának tisztázása; befolyásolási (szabályozási) lehetőségeinek feltárása; alternatívák és ajánlások megfogalmazása a zavartalan működés biztosítása érdekében.

Magyarország viszonylag és általában kedvező agroökológiai adottságokkal rendelkezik. Ezt a kedvező helyzetet azonban ezen adottságok nagy és szeszélyes tér- és időbeni variabilitása, valamint az alábbi tényezők korlátozzák, veszélyeztetik: A folyamatok szabályozásának tudományos megalapozásához korszerű adatbázist hoztunk létre a talaj tulajdonságairól, vízgazdálkodásáról, anyagforgalmáról. Vizsgáltuk különböző agroökoszisztémák (szántóföldi kultúrák, gyomflóra, gyp, erdő) tájalkotó szerepét, működési mechanizmusát, környezetkímélő szabályozásának lehetőségeit és hatásait. A Programban eddig elért eredmények néhány mozaikját mutatjuk be jelen közleményünkben.

### Bevezetés

A 2002-ben megjelent Környezet- és Természetvédelmi Lexikon definíciói szerint:

- Ökológia a szünbiológia körébe tartozó tudomány, amelynek feladata azoknak a háttér-jelenségeknek és folyamatoknak a kutatása, amelyek az élőlényközösségek viselkedését (pl. tér- és időbeli eloszlását, ennek dinamikáját) behatárolják. Igyekszik feltárni és értelmezni az élőlényközösségekre hatást gyakorló ökológiai környezeti és az ezeket felfogó, ezekre reagáló ökológiai toleranciai tényezők közvetlen összekapcsoltságát (komplementaritását).
- Tájökológia: a táji léptékű térbeli heterogenitás és interakciók interdiszciplináris tudománya, ideértve a térbeli változatosság biotikus, környezeti és társadalmi okait és következményeit. A közép-európai eredetű definíció szerint a tájökológia az ember által létrehozott, illetve átalakított táj és az ember kölcsönhatását vizsgálja.
- Agroökológia: az ökológiai kutatásoknak azon területe, amely a mezőgazdasági területeken élő populációk, az ember által szabályozott ökoszisztémák és környezetük közötti okozati összefüggéseket vizsgálja.

- Ökoszisztéma: rendszerként értelmezett, rendszermodellel reprezentált ökológiai objektum. Élő egységei, amelyek különböző növények, állatok mikroorganizmusok populációi lehetnek, a közöttük lévő kapcsolatok révén önszabályozott működést valósítanak meg. A rendszer jellemző állapotait és állapotváltozásait külső tényezők (fény, hő, víz, tápanyagok) is befolyásolják. Az ökológiai rendszerekre meghatározott stabilitás és reziliencia jellemző.
- Agroökoszisztéma: az ember által rendszeresen, mesterségesen befolyásolt ökoszisztéma. Az ökoszisztémákat ért emberi beavatkozások nemcsak a házasított fajok evolúciójára vannak hatással (domesztikáció), hanem az ökológiai, populáció-biológiai és genetikai változások sorát indítják el az agroökoszisztémák nem közvetlen emberi hatás alatt álló alrendszereiben (pl. konkurensok, kártevők).

Az ökológia fenti értelmezései az utóbbi években gyakran szűkültek a természetes ökoszisztémákra, sőt azok bizonyos típusaira. Jóllehet ugyanezen időszak alatt a Földön, kivétel nélkül minden kontinensen, különösen pedig Európában egyre több, sokfélebb és erősebb antropogén hatás érte és éri a természetes ökoszisztémákat (terresztris, vízi, sőt atmoszferikus ökoszisztémákat egyaránt), s okozott azokban különböző mértékű és irányú változásokat, amelyek az ember, illetve a társadalom szempontjából egyaránt lehetnek kedvezőek vagy kedvezőtlenek, kívánatosak vagy károsak, sőt katasztrofálisak. Szűkebb értelemben vett, „természetes”, „eredeti”, „érintetlen” ökoszisztéma pedig ma már (sajnos) alig van Magyarországon és Európában.

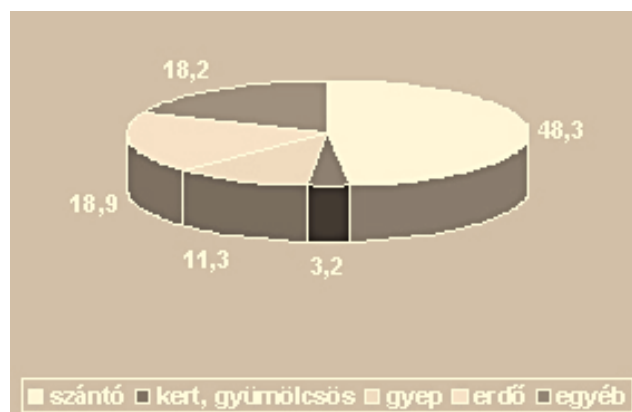
Mivel munkánk célja nem a fogalmak – szakkörökben nagyon sok vitát kiváltó – definíciója volt, annak során az alábbi egyszerűsített meghatározásokat tekintettük kiindulópontnak: az ökológia: „az élővilág és a környezet viszonyának kutatásával és feltárásával foglalkozó tudományág”. Feladata e kapcsolat (rendszer) elemeinek pontos megismerése; összefüggéseinek feltárása, a bennük és köztük végbemenő anyag- és energiaforgalom feltételeinek megállapítása, mechanizmusának egzakt és kvantitatív tisztázása. A bonyolult kölcsönhatások alapos és részletes megismerése nyújt lehetőséget azok térbeli változatosságának és időbeni dinamikájának, különböző hatásokkal szembeni érzékenységének és változékonyságának sokoldalú elemzésére. Mindez nélkülözhetetlen előfeltétel a legkülönbözőbb emberi tevékenységek bekövetkezett, vagy várhatóan bekövetkező ökológiai (környezeti) hatásainak regisztrálásához és előrejelzéséhez, a fennálló kölcsönhatások befolyásolási lehetőségeinek megállapításához, eredményes és hatékony szabályozásához, amelyre az ember létének és megfelelő, de legalább elfogadható életminőségének biztosításához egyre inkább van szükség és össztársadalmi igény. Minden területen és minden vonatkozásban (VÁRALLYAY 2004).

### **Agroökológia**

Az agroökológia az agroökoszisztémák és a környezet viszonyának megismerésével foglalkozó tudományág. Agroökoszisztéma pedig minden olyan élőhely-élőlény együttes, amelyet különböző mértékben, időben, módon, tudatosan befolyásol, szabályoz az ember, bizonyos céljai megvalósítása érdekében. Ismételten szükséges hangsúlyozni – bár Magyarországon is meglehetősen nehéz általánosan elfogadtatni – két alaptételt:

- az agroökológia is ökológia; az agroökoszisztémák is ökoszisztémák; a termesztett növények és azok környezete is élőlény-együttes (tehát tanulmányozásuk az ökológia része), csak azok szabályozottságának mértéke és módja különbözik;
- az agroökológia egy alapeleme, a talajban tározott nedvesség is víz, amelynek a vízgazdálkodás egészére, felszíni és felszín alatti vízkészleteink mennyiségére és minőségére, térbeli eloszlására és időbeni dinamizmusára jelentős, gyakran meghatározó hatása van.

Magyarország nem beépített 85%-nyi területének túlnyomó hányadát nem természetes vagy természetes-közei, hanem tulajdonképpen „mesterséges”, különböző mértékben szabályozott agroökoszisztémák (telepített erdő és gyepek, szántóföldi és kertészeti kultúrák, mesterséges vizes élőhelyek stb.) borítják. Vitatható és vitatott, hogy a 19%-nyi erdő- és a 11%-nyi gyepterület milyen hányada tekinthető természetes vagy közel természetes ökoszisztémának. Kétségtelen azonban, hogy csak kisebb része. S amennyiben funkciójuk és hasznosítási céljuk biomassza-termelés (fa, kaszáló, legelő), úgy még ezek is agroökoszisztémáknak tekinthetők, ami alól csak a védett, illetve természetvédelmi és rekreációs célokat szolgáló területek jelentenek kivételt. A 48%-nyi szántó és a 3%-nyi kert- és szőlőterület pedig egyértelműen agroökoszisztéma (1. ábra).



1. ábra Magyarország területének földhasználati megoszlása  
Figure 1. Land use pattern of Hungary.

Az agroökoszisztémák alaposabb megismerése tehát megkülönböztetett jelentőségű. Ennek ellenére azok sokoldalú ökológiai felmérésére, értékelésére eddig viszonylag kevés figyelem irányult, komplex elemzésére pedig csupán a Magyar Tudományos Akadémia – Láng István által kezdeményezett – „Magyarország agroökológiai potenciáljának felmérése” című országos program (1978–1982) tett – eredményes – kísérletet (LÁNG et al. 1983). Ez a széles körű szakembergárda bevonásával rövid idő alatt megvalósult program sem találkozott egyértelmű helyesléssel és támogatással, s elsősorban az elméleti ökológusok vitatták annak „agroökológia” címét és tartalmát. Létjogosultságát és társadalmi szükségességét azonban szinte mindenki elismerte, s az élet egyértelműen igazolta.

A világ szakmai közvéleménye igen nagy érdeklődéssel kísérte a Programot, s komoly nemzetközi elismeréssel nyugtázta annak korszerű koncepcióját és racionális megvalósítását. Bizonyítja ezt, hogy azóta a Föld számos területén indultak az agroökológiai potenciál felmérésére, jellemzésére és fenntartható hasznosítására vonatkozó, teljesen hasonló alapelvekkel és metodológiával felépített globális, regionális vagy nemzeti programok a FAO, UNESCO, UNEP, IIASA és más nemzetközi szervezetek irányításával, koordinálásával. Legutóbb például a FAO „Global Agro-Ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century” programja.

Ennek megfelelően indult „Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei)” című NKFP kutatási programunk egy 10 kutatóhelyet magában foglaló konzorcium együttműködésében. A Program egy korszerű szintézis, amelynek célja az agroökoszisztémák zavartalan és káros környezeti hatások nélküli működésének tudományos megalapozása (VÁRALLYAY 2004).

### **Az „Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei)” NKFP kutatási program**

Az emberi élet minőségének kritériumai között három elem biztosan megjelenik:

- megfelelő mennyiségű és minőségű egészséges élelmiszer;
- tiszta víz;
- kellemes környezet.

Mindhárom szorosan kapcsolódik az agroökoszisztémákhoz, azok tényezőihez, szerkezetéhez, működési mechanizmusához, szabályozásához, hasznosításához (VÁRALLYAY 1997, VÁRALLYAY és LÁNG, 2000). Élelmiszereink, illetve azok alapanyagainak túlnyomó részét belátható távlatban is agroökoszisztémák produktumai fogják képezni. A különböző célú felhasználásra kerülő biomassa előállításához megfelelő mennyiségű és minőségű, az adott helyen és adott időben rendelkezésre álló vízre van szükség. Hogy ez milyen forrásokból, milyen feltételek mellett és hogyan biztosítható, az a potenciális vízkészleteken túl elsősorban az agroökoszisztémák vízháztartásától függ. Így kapcsolódik az Agroökológia Program a különböző vízkészlet-gazdálkodási programokhoz, vagy a „tiszta víz” akcióprogramhoz (SOMLYÓDY 2002).

Az agroökoszisztémák területi elhelyezkedése, szerkezete fontos, Magyarországon gyakran meghatározó eleme az esztétikus tájnak és a kellemes környezetnek. Különösen akkor, ha számításba vesszük az agroökoszisztémák különböző mértékű szabályozásának, az ennek érdekében végrehajtott intézkedéseknek és beavatkozásoknak környezet-alakító hatásait is. Így kapcsolódik az Agroökológia Program a különböző környezet- illetve természetvédelmi, valamint „biodiverzitás” programokhoz.

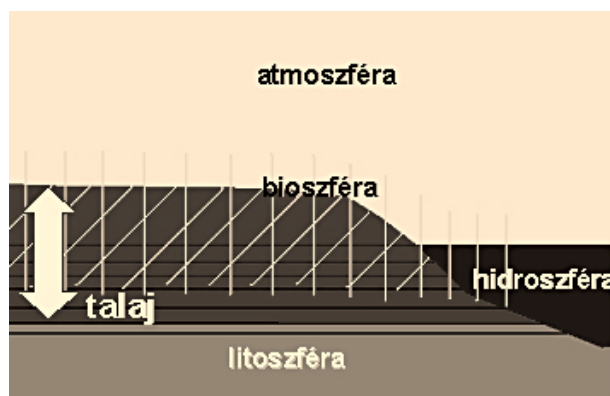
Az agroökoszisztémák funkciói az utóbbi évtizedekben egyre sokoldalúbbá váltak. A naturálgazdálkodás időszakában hosszú ideig csak a biomasszatermelés volt a cél, élelmiszer és takarmány (állattenyésztésen keresztül másodlagos élelmiszer), ipari nyersanyag (élelmiszeripar, textilipar stb.) és energiaforrás (tűzifa, biofuel) előállítása céljából (Várallyay 1997, Várallyay és Láng 2000).

Csak jóval később értékelték fel az agroökoszisztémák környezeti, közjóléti funkciói: szerepük az esztétikus táj kialakításában, a CO<sub>2</sub>-körforgalom szabályozásában, a vízháztartási szélsőségek mérséklésében, vagy éppen az értelmes munkahely-teremtésben.

Az „Agroökológia” kutatási program mindezek alapján megfogalmazott korszerű szintézis, amelynek célja az agroökoszisztémák zavartalan, és káros környezeti (mellék) hatások nélküli működésének tudományos megalapozása:

- tényezőinek, elemeinek értékelő felmérése;
- környezeti összefüggéseinek részletes elemzése;
- anyag- és energiaforgalmi folyamatainak jellemzése, kvantifikálása, mechanizmusának tisztázása;
- befolyásolási (szabályozási) lehetőségeinek feltárása;
- alternatívák és ajánlások megfogalmazása a zavartalan működés biztosítása érdekében (VÁRALLYAY 2004).

Az agroökoszisztémák a litoszféra (geológiai képződmények, talajképző kőzet), atmoszféra, hidroszféra (felszíni és felszín alatti vízkészletek), bioszféra és a pedoszféra (talaj) kölcsönhatásának zónájában alakultak ki, mégpedig az emberi tevékenység különböző, de egyre jelentősebb befolyásának eredményeképpen: 2. ábra.



2. ábra A Föld szféráinak kölcsönhatása  
Figure 2. Sphere interactions in the Earth system.

Ezek a szféra-kölcsönhatások („termőhelyi adottságok”) határozzák meg az agroökoszisztémák funkcióképességét („agroökológiai potenciál”), azok kialakulását, fejlődését és változásait; anyag- és energiaforgalmát; biogeokémiai ciklusait, transzport- és abiotikus/biotikus transzformációs folyamatait, hasznosítási lehetőségeit és védelmének, megőrzésének, állag-megóvásának lehetőségeit, feladatait.

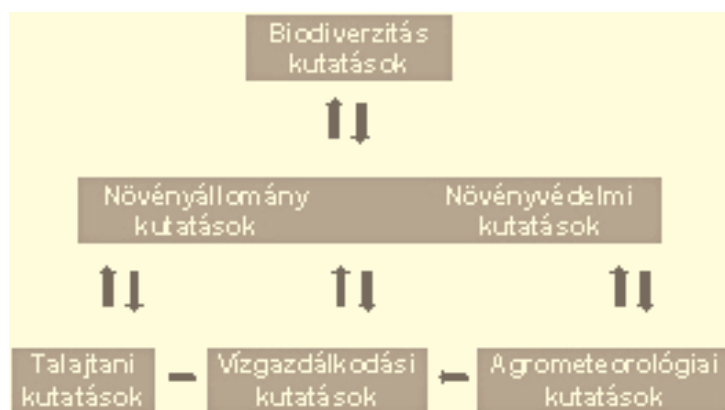
Az Agroökológia Kutatási Program – ennek megfelelően – egy olyan kétdimenziós mátrixba rendezhető, amelynek egyik dimenzióját az ökoszisztéma elemeinek diszciplináris csoportosítása jelenti (1–6), másik dimenzióját pedig a diszciplinákon belül megoldandó, szükségszerűen logikusan egymásra épülő feladatok (A–D).

### Az ökoszisztéma elemei

1. Felszín közeli légkör (éghajlat, időjárás, állományklíma).
2. Talaj (beleértve a felszín közeli alapkőzetet és domborzatot; valamint az anyagok biogeokémiai körforgalmát).
3. Felszíni és felszín alatti vízkészletek; a talaj vízgazdálkodása és nedvességforgalma.
4. Növényzet (szántóföldi kultúrák főbb típusai, gyepterületek, különböző jellegű erdők; beleértve a gyomtársulásokat és a növényvédelem speciális ez irányú aspektusait).
5. Állatvilág (talajban és a talajjal kapcsolatban lévő fauna; illetve bizonyos ökoszisztémáknak szintén részét képező haszonállatok).
6. Biodiverzitás.

### A program fő feladatai

- A. Jelenlegi helyzet állapotfelmérése.
  - B. A különböző szabályozottságú (természetes fitotron), szintű (globális tábla) és funkcionális célú (biomassza-termelés, környezetvédelem, közjólét stb.) agroökoszisztémákban és azok között végbemenő anyagforgalmi folyamatok feltárása, ok-nyomozó jellemzése.
  - C. Az agroökoszisztémák és az egyéb környezeti tényezők közötti kölcsönhatások sokoldalú elemzése, mindkét vonatkozásban
    - a környezet elemeinek hatása az agroökoszisztémákra (jelen projekt);
    - az agroökoszisztémák hatása a környezetre (remélt jövőbeni projekt).
  - D. Alternatív ajánlások megfogalmazása az agroökoszisztémák zavartalan működtetésére és környezeti hatásainak lehetőség szerinti optimalizálására.
- A Program fentieknek megfelelő felépítését mutatja a 3. ábra.



3. ábra Az Agroökológia Program fő kutatási területei  
 Figure 3. Structure of the Agro-ecology Program.

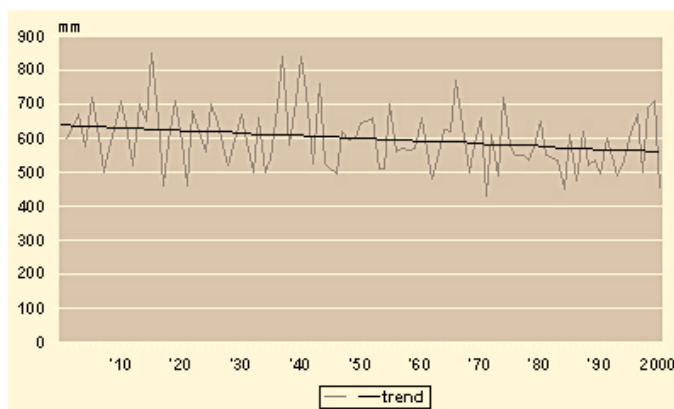
A kutatásokra – az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet vezetésével – egy konzorcium vállalkozott: SZIE-MKK Földműveléstani Tanszék, Corvinus Egyetem Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék, NYME-MÉK Matematika-Fizika Tanszék, MTA

Mezőgazdasági Kutatóintézete, MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, MTA TAKI - Agro-21 Programiroda, SZIE MKK Növénytermesztéstani Tanszék, SZIE MKK Növénytani és Növényélettani Tanszék, NYME MÉK Agrártudományi Centrum.

A Program logikai koncepcióját mutatjuk be a következőkben, néhány eddigi eredményt felvillantva, elsősorban olyanokat, amelyek a tájökológia szempontjából is érdeklődésre tarthatnak számot (VÁRALLYAY 2004).

### Ökológiai adottságok, természeti viszonyok

Az éghajlat és az időjárás az agroökoszisztémák működésének feltételrendszerét, erőforrását, egyben legfontosabb kockázati tényezőjét jelentik. A Kárpát-medencében, s ezen belül Magyarországon az éghajlat és időjárás elemei igen nagy tér- és időbeni variabilitást, nehezen kiszámítható és előrejelezhető, s – ma még – sajnos nem, vagy csak nagyon kismértékben befolyásolható, szeszélyes változatosságot mutatnak, s a legjelentősebb kockázati tényezőjét jelentik az agroökoszisztémák zavartalan funkcionálásának. Legjelentősebb ezek közül talán a csapadékviszonyok kiszámíthatatlansága, szélsőségei. Már az éves csapadékösszegek is igen nagy ingadozást mutatnak (amelyben egy csökkenési trend így is megfigyelhető): 4. ábra (VARGA-HASZONITS és VARGA 2004).



4. ábra Az éves csapadékösszegek változása (Forrás: Varga-Haszonits, 2003)

Figure 4. Long-term fluctuation of the atmospheric precipitation in Hungary.

Ez a csapadék egy változatos domborzatú felszínt borító, heterogén, gyakran mozaikosan tarka talajtakaróra (vagy az azt borító agroökoszisztémákra) hull. A változatosság nemcsak a talajok típusában és altípusában mutatkozik meg (5. ábra), hanem a talajökológiai tényezőkben, talajtulajdonságokban is: fizikai talajféleség, ásványi összetétel, szervesanyag-készlet, vízgazdálkodási tulajdonságok, kémhatás és mészállapot, tápanyag-szolgáltató képesség, pufferkapacitás, biológiai tevékenység, elemforgalom, szennyezettség stb. (LÁNG et al. 2003, MAGYARORSZÁG NEMZETI ATLASZA 1989, STEFANOVITS 1963, VÁRALLYAY 2004a).



5. ábra Magyarország talajai  
Figure 5. Schematic soil map of Hungary

1. Futóhomok. 2. Rendzina. 3. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj. 4. Pszeudoglejes barna erdőtalaj. 5. Barnaföld, Ramann-féle barna erdőtalaj. 6. Kovárványos barna erdőtalaj.
7. Csernozjom barna erdőtalaj. 8. Csernozjom jellegű homok. 9. Mészlepedékes csernozjom.
10. Alföldi és réti csernozjom. 11. Mélyben sós alföldi és réti csernozjom. 12. Szoloncsák és szoloncsák-szoloncsec. 13. Sztyeppesedő réti és réti szoloncsec. 14. Szoloncseces réti talaj.
15. Réti talaj. 16. Síkláptalaj. 17. Mocsári erdők talaja. 18. Öntéstalajok.

Felszín közeli tömör kőzet.

Magyarország legfontosabb feltételelesen megújuló (megújítható) természeti erőforrása a talaj, amelynek ésszerű és fenntartható használata, védelme, állagának megőrzése és sokoldalú funkcióképességének fenntartása az agroökológia, a biomassza-termelés és a környezetvédelem alapvető közös feladata, a megfelelő életminőség egyik feltétele, tehát össz-társadalmi érdek (VÁRALLYAY 2000).

A talaj sokoldalú funkcióit (primér növényi biomassza-termelés alapvető közege; a bioszféra primér tápanyagforrása; a többi természeti erőforrás integrátora, transzformátora; hő-, víz- és növényi tápanyagok természetes raktározója; a természet hatalmas szélsőség-tompító (puffer), szűrő- és detoxikáló rendszere; a biota élettere, gén-rezervoárja; a biodiverzitás fontos tényezője; természeti és történelmi örökségek hordozója, konzerválója) a történelem során az adott körülményektől és társadalmi elvárásoktól függően különböző formában és mértékben hasznosította az ember. S hasznosítja ma is egyre sokoldalúbban és egyre nagyobb mértékben, ésszerűen vagy meggondolatlanul, nem (mindig) gondolva annak következményeire. Az ésszerűtlen (!) földhasználat gyakran vezet(ett) a talaj kiszorolásához, megújuló képességének meggyűlöltetéséhez, az agroökoszisztémák működési zavaraihoz, súlyos esetben komoly, sőt katasztrofális (egy-egy hajdani civili-



záció pusztulását okozó) ökológiai környezet-károsodásokhoz (LÁNG et al. 2003, SZABOLCS és VÁRALLYAY 1978).

Magyarország viszonylag és általában – nemzetközi összehasonlításban is – kedvező agroökológiai adottságokkal, ezen belül talajviszonyokkal rendelkezik. Ezt a FAO/UNESCO 1:5 000 000 méretarányú világtérképe, a FAO 1:1 000 000 méretarányú Európa térképe, a UNEP/ISRIC 1:5 000 000 méretarányú talajdegradációs világtérképe, valamint legutóbb Európa Talajtani Atlasza egyértelműen igazolják. A kedvező helyzetet azonban az agroökológiai adottságok nagy és szeszélyes tér- és időbeni variabilitása, valamint az alábbi tényezők gyakran jelentős mértékben korlátozzák, veszélyeztetik:

- (1) Talajdegradációs folyamatok (VÁRALLYAY 2003).
- (2) Szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés-aszály).
- (3) Elemek (növényi tápanyagok és potenciális szennyező anyagok) biogeokémiai ciklusának kedvezőtlen irányú megváltozása.

Az agroökoszisztémák és a talaj környezeti érzékenységeinek jellemzésével, „stressz-elemzésével a káros folyamatok eredményesen szabályozhatóak, ami a fenntartható fejlődés egyik kulcskérdése Magyarországon (VÁRALLYAY 2000). A talajok termékenységét gátló tényezőkről, illetve a legfontosabb talajdegradációs folyamatokról közöltünk vázlatos térképet (VÁRALLYAY 2003).

A talaj termékenységét gátló tényezőket vagy különböző talajjavítási-meliorációs beavatkozásokkal lehet megváltoztatni, vagy kénytelenek vagyunk azokhoz (mint adott helyzethez) alkalmazkodni (SZABOLCS és VÁRALLYAY 1978). A talajdegradációs folyamatok azonban többnyire nem szükségszerű és kivédhetetlen következményei a biomassza-termelésnek, más termelő tevékenységeknek, vagy az általános társadalmi fejlődésnek, hanem – az esetek nagy részében – megelőzhetőek, kiküszöbölhetőek, de legalább bizonyos tűrési határig mérsékelhetőek. Ez azonban csak a talajok, illetve ökoszisztémák különböző stressz-hatásokkal szembeni „környezeti érzékenységeinek” jellemzésével, illetve a káros következmények nélküli tűrési határok megállapításával lehet kellőképpen célirányos, eredményes és hatékony (VÁRALLYAY 2003).

Magyarország talajairól – több évtizedes talajfelvételezési-talajvizsgálati-talajtérképezési munka eredményeképpen – igen részletes talajtani/termőhelyi információk állnak rendelkezésre, amelyek egy része korszerű térinformatikai (GIS) adatbázisba (AGROTOPO) szerveződött (VÁRALLYAY 1985a) és az ország nagytájaira és középtájaira szerkesztett 1:100 000 méretarányú tematikus térképek (talajtípus; kémhatás és mészállapot; fizikai talajféleség; vízgazdálkodási tulajdonságok; szervesanyag-készlet; a talaj anyagforgalmának alapvető típusai; talajdegradációs régiók) atlaszában került összefoglalásra, amelynek területi adatait az említett adatbázis tartalmazza. Ebből mutatunk be egy összeállítást az 1. táblázatban, amelyben a középtájak területét (SOMOGYI 1990), ún. „termőhelyi potenciáljának” értékszámait (CSETE és LÁNG 2004, LÁNG et al. 1983), vízgazdálkodási kategóriáinak megoszlását (VÁRALLYAY 1985b, VÁRALLYAY et al. 1980), valamint a nagytájak élőhely-típusainak számát foglaltuk össze. Az összeállítás szemléletesen jelzi a 7 nagytáj természetföldrajzi heterogenitását, hisz az azokon belüli középtájak is igen változatos, gyakran egymástól eltérő képet mutatnak. S ugyanez jellemző a még kisebb „egységek” részletesebb felbontású agroökológiai képére is. Az elkészített atlaszról a 6. ábrán mutatunk be egy szemléltető vázlatot.

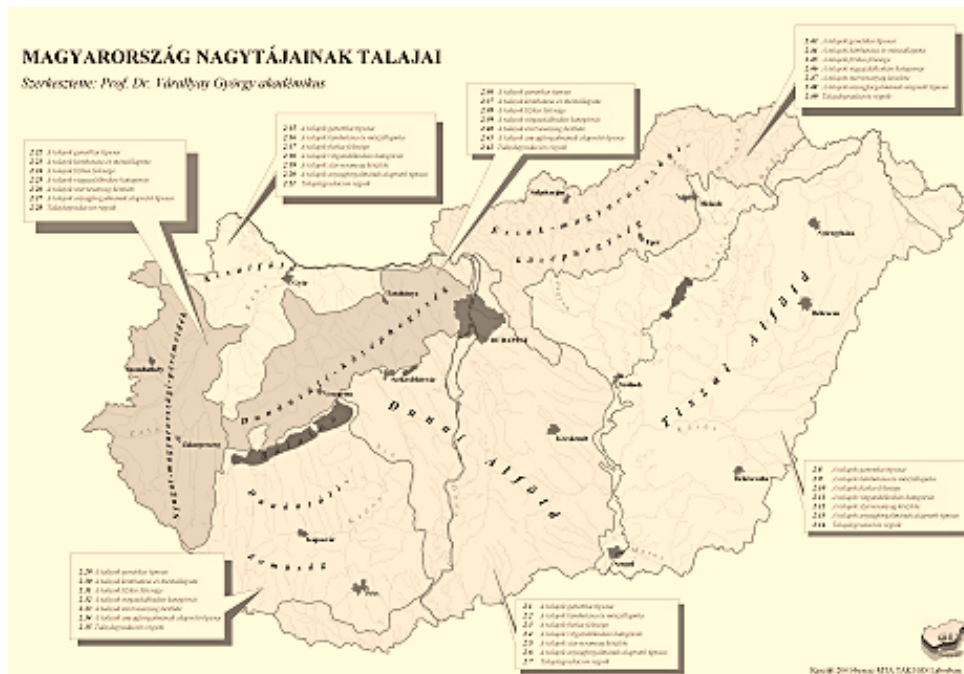
1. táblázat. Magyarország nagytájainak és középtájainak néhány ökológiai jellemzője.  
Table 1. Some ecological characteristics of the macro- and meso- eco-regions in Hungary.

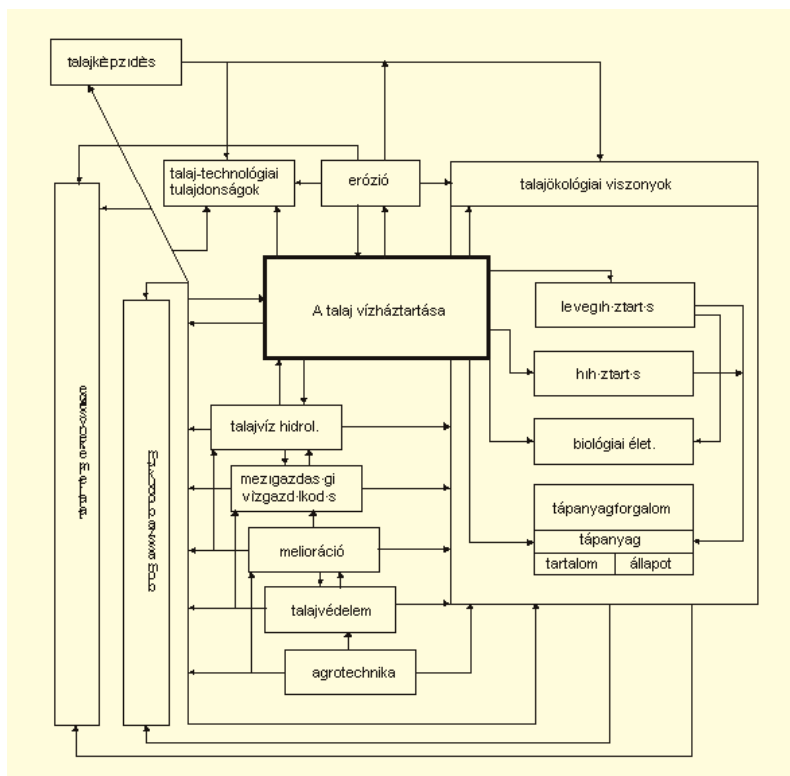
Nagytáj/kistáj	Terület (az ország területének %-ában)	Vízgazdálkodási kategóriák										Termő- helyi adottságok	Élőhely- típus mozaikok száma
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Egyéb		
		%											
<b>Dunai Alföld</b>	21,3												11
Dunamenti-síkság	5,8	19	14	32	12	1	8	8	1	0	6	17	
Duna-Tisza közí hátság	7,7	61	9	6	2	1	16	5	0	0	0	11	
Bácskai-hátság	2,2	38	13	29	1	0	19	1	0	0	0	22	
Mezőföld	4,2	8	15	64	1	0	6	2	3	2	1	27	
Drávamenti-síkság	1,4	6	25	64	3	1	0	0	0	0	0	21	
<b>Tiszai Alföld</b>	33,7												16
Felső-Tiszavidék	2,9	1	8	17	25	24	16	0	8	0	0	10	
Közép-Tiszavidék	7,7	1	1	11	19	9	41	16	0	0	2	11	
Alsó-Tiszavidék	1,8	4	2	17	27	19	27	4	0	0	0	19	
Észak-Alföldi hordalékkúp-síkság	4,3	9	8	25	12	21	18	7	0	0	0	12	
Nyírség	5,0	35	51	6	2	2	3	0	1	0	0	10	
Hajdúság	1,7	3	5	72	1	0	13	6	0	0	0	20	
Berettyó-Körösvidék	4,7	1	2	14	5	5	55	15	3	0	0	8	
Körös-Maros köze	5,6	0	3	37	6	1	48	5	0	0	0	20	
<b>Kisalföld</b>	5,7												5
Győri-medence	2,7	0	5	42	4	18	12	0	13	5	0	19	
Marcal-medence	1,7	2	27	17	6	0	14	0	0	34	0	11	
Komárom-Esztergomi-síkság	1,3	2	46	43	4	0	0	0	0	5	0	21	
<b>Ny-m-i peremvidék</b>	7,8												9
Alpokalja	1,0	0	0	15	43	0	28	0	0	13	0	7	
Sopron-Vasi-síkság	2,0	0	0	31	45	5	3	0	0	16	0	12	
Kemeneshát	1,2	6	2	7	21	0	7	0	0	56	0	8	

1. táblázat folytatása  
Contd. Table 1.

Nagytaj/kistaj	Terület (az ország területének %-ában)	Vízgazdálkodási kategóriák										Termő- helyi adottságok	Élőhely- típus mozaikok száma
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Egyéb		
		%											
Zalai-dombsídek	3,6	0	4	8	46	0	36	0	3	2	0	12	
<b>Dunántúli dombvidék</b>	12,8												16
Külső-Somogy	3,1	0	6	75	15	0	4	0	1	0	0	17	
Belső-Somogy	3,4	0	58	24	15	0	3	0	1	0	0	11	
Balaton-medence	1,5	1	5	9	3	0	4	0	21	14	42	12	
Mecsek és Tolna-Baranyai- dombvidék	4,8	0	3	30	55	4	2	0	0	5	0	16	
<b>Dunántúli-középhegység</b>	7,0												15
Bakonyvidék	3,8	1	8	12	24	0	1	0	0	54	0	10	
Vértes-Velencei-hegyvidék	1,5	6	6	53	10	0	0	0	0	26	0	12	
Dunazug-hegyvidék	1,7	0	4	16	51	0	0	0	0	26	3	9	
<b>Észak-m-i középhegység</b>	11,7												18
Visegrádi-hegység	0,4	3	13	1	15	2	0	0	0	66	0	5	
Börzsöny	0,4	0	2	1	19	11	0	0	0	67	0	5	
Cserháti-vidék	2,8	11	5	19	42	12	3	0	0	9	0	13	
Mátravidék	1,2	0	0	3	5	42	10	0	0	40	0	3	
Bükkvidék	1,9	0	0	1	38	27	0	0	0	34	0	11	
Aggtelek-Rudabányai-hegyvidék	0,4	0	0	0	0	47	0	0	0	53	0	5	
Észak-Magyarországi medencék	3,5	0	4	5	52	34	0	0	0	6	0	12	
Tokaj-Zempléni-hegyvidék	1,1	0	0	0	11	26	8	0	0	55	0	5	
<b>Összesen</b>	100	10	11	24	18	7	16	4	1	8	1		

\* Termőhelyi adottságok: 9 agroökoszisztéma 1–3 pontos összevont értékelése alapján (maximális pontszám 9 3 = 27)  
Vízgazdálkodási kategóriák magyarázata 1. Homoktalajok; 2. Homokos vályogtalajok; 3. Vályogtalajok; 4. Agyagos vályogtalajok;  
5. Agyagtalajok; 6. Enyhén szikes vagy pszeudoglej talajok; 7. Erősen szikes talajok; 8. Láptalajok; 9. Sekély termőrétegű talajok.





7. ábra A talaj vízháztartásának ökológiai összefüggései és befolyásolásának lehetőségei  
 Figure 7. Relationships of the moisture regime with other agro-ecological characteristics and possibilities of their control.

az életminőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a mezőgazdaság-fejlesztésnek és a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője (VÁRALLYAY 1999, 2004b). Vízkészleteink ugyanis korlátozottak (MAGYARORSZÁG NEMZETI ATLASZA 1989, SOMLYÓDY 2002, VÁRALLYAY 2001).

A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb) mint jelenleg, s nem fog csökkenni tér- és időbeni változékonysága sem. Hazánkban – elsősorban a Magyar Alföldön – pedig éppen ennek van megkülönböztetett jelentősége. Az átlagos csapadékmennyiség többnyire szeszélyes időbeni és területi megoszlásban hull le, gyakran csupán szerény hányada jut el a növényig. Ezért adódik gyakran zavar a növények vízellátásában, s van, vagy lenne szükség a hiányzó víz utánpótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen.

A Magyar Alföld vízháztartási szélsőségességét a szeszélyes csapadékviszonyok mellett két további tényező súlyosbítja (VÁRALLYAY 1999):

- a makrodomborzat tekintetében sík Alföld heterogén mikrodomborzata (padkával, hátakkal, erőkkel, laposokkal, semlyékekkel); és
- a térség talajviszonyainak igen nagy változatossága, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a talajok jelentős hányadának kedvezőtlen fizikai-vízgazdálkodási tulajdonságai.

Nem lehet számítani felszíni és felszín alatti vízkészleteink jövőbeni növekedésére sem. S ezen korlátozott (s a vízfelhasználás következtében óhatatlanul romló minőségű) készletekből kell(ene) kielégíteni az egyre nagyobb és sokoldalúbb társadalmi igényeket. Ez csak a vízfelhasználás hatékonyságának növelésével valósítható meg, amelynek fontos eleme a talaj, illetve az agroökoszisztémák racionális vízháztartás-szabályozása (VÁRALLYAY 2004b).

Magyarország talajainak vízgazdálkodási jellemzői – hasonlóan a többi talajtulajdon-sághoz – igen változatos képet mutatnak: 8. ábra.

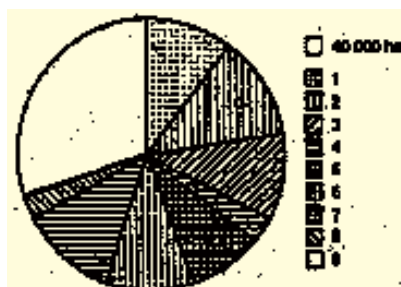


8. ábra Magyarország talajaink vízgazdálkodási tulajdonságai.  
Figure 8. Map of the hydrophysical properties of Hungarian soils.

1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok. 2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok. 3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok. 4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok. 5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok. 6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok. 7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok. 8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó és víztartó képességű talajok. 9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok.

A talajszelvény alap-variánsok: A mélységgel egyre könnyebbé váló mechanikai összetétel (könnyebb mechanikai összetételű alapkőzetten kialakult talajok): 2/1, 3/1. Az egész szelvényben viszonylag egyenletes mechanikai összetétel: 1/1, 2/2, 3/2, 4/2. Viszonylagos agyagfelhalmozódás a B-szintben: 4/1, 5/1. A 6. kategória talajszelvény-variánsai: 6/1: rossz szerkezetű, tömődött, agyag mechanikai összetételű talajok; 6/2: pszeudoglejes barna erdőtalajok; 6/3: a vastag A-szintű mély réti szolonyeczek, sztyeppesedő réti szolonyeczek és szolonyeces réti talajok; 6/4: a mélyben sós és/vagy szolonyeces talajok; 6/5: lápos réti talajok.

Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és (csak) 31%-a jó vízgazdálkodású. A kedvezőtlen vízgazdálkodás okai a szélsőségesen nagy homoktartalom (a terület 10,5%-án), a nagy agyagtartalom (11%), a szikesedés (10%), a láposodás (3%), vagy a sekély termőréteg (8,5%). A közepes vízgazdálkodás okai a könnyű mechanikai összetétel (11%), az agyagfelhalmozódás a talajszelvényben (12%), vagy szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%) (9. ábra) (VÁRALLYAY 2001).



9. ábra Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása Magyarországon.

Figure 9. Distribution of soils according to their hydrophysical properties in Hungary.

1–5. *Kedvezőtlen* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (43%).

A kedvezőtlen tulajdonságok oka: 1. Szélsőségesen nagy homoktartalom (10,5%).

2. Szélsőségesen nagy agyagtartalom (11%). 3. Szikesedés (10%). 4. Láposodás (3%).

5. Sekély termőréteg (8,5%). 6–8. *Közepes* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (26%). Oka: 6. Könnyű mechanikai összetétel (11%). 7. Agyagfelhalmozódás a talajszelvényben (12%). 8. Mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%).

9. *Jó* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok (31%).

A – sajnos – egyre gyakoribbá váló szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés-szárazság, aszály) oka a légköri csapadék nagy és szeszélyes tér- és időbeni variabilitása, formája, intenzitása; a változatos mezo- és mikrodomborzat; a mozaikosan tarka talajtakaró és a talajok jelentős részének kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságai, vízháztartása; a talajon lévő természetes és termesztett növényzet (vegetáció-talajhasználat módja, művelési ágak, vetésszerkezet) nem megfelelő állományai. Következményei pedig a fokozott párolgási, felszíni lefolyási és szivárgási vízveszteségek; a talaj-, biota-, növény-, termés- és energiaveszteség (VÁRALLYAY 1999).

Ilyen körülmények között megkülönböztetett jelentősége van annak a ténynek, hogy a talaj Magyarország legnagyobb (potenciális) természetes víztározója. Felső 0–100 cm-es rétegének pórusterébe évi 30–35 km<sup>3</sup> víz beleférne, ami az átlagosan lehulló csapadék (500–600 mm = 50–55 km<sup>3</sup>) mintegy kétharmada. S hogy mégis gyakran fordulnak elő vízháztartási szélsőségek annak az oka, hogy ez a potenciális tározótér nem tud feltöltődni. Ennek négy oka lehet (VÁRALLYAY 2004b):

- a pórustér már telített vízzel („tele üveg effektus”);
- a pórustér egy felszíni vagy felszín közeli víz át nem eresztő, vagy gyenge vízáteresztő képességű réteg jelenléte miatt nem vagy csak lassan tud feltöltődni („leduga-

szolt üveg effektus”): a talaj mélyebb rétegei alig áznak be még felszíni vízborítás esetén sem;

- a póruster (durva gravitációs pórusok nagy aránya miatt) nem képes a beszivárgott vizet a nehézségi erővel szemben visszatartani („lyukas üveg effektus”);

- a talaj vagy a felszín közeli geológiai rétegek megakadályozzák a felszín alatti vizek zavartalan horizontális szivárgását („oldalt lyukas üveg effektus”).

A talaj vízraktározó képességének pedig az ökoszisztémák zavartalan működése, megfelelő vízellátása szempontjából döntő jelentősége van, hisz a növények (pl. a természetes növényzet, az állókultúrák, vagy az őszi kultúrák) tavaszi-nyári transzspirációs „vízhiányát” az őszi-téli csapadékkal feltöltött és a talajban tárolt vízkészletekből lehet csak zavartalanul kielégíteni (SZÖLLŐSI et al. 2004; VÁRALLYAY 2004a).

### A környezeti tényezők agroökológiai következményei

A környezeti tényezők agroökológiai következményeit több vonatkozásban is részletesen elemeztük.

(1) Fitotronos modellkísérletekben vizsgáltuk a hő-viszonyok (hőmérséklet, hő-szint) hatását a kalászosok (őszi búza, rozs, tavaszi búza) fejlődésének megindulására. A vizsgált 12 faj és fajta viselkedésében jelentős különbségek adódtak, amely fontos információt jelent mind a növénynemesítők, mind a növénytermesztők számára.

Még nagyobb különbségek voltak kimutathatóak a vizsgált 12 fajta biomassza tömegének alakulásában a vízellátás (szabadföldi vízkapacitás 30–40–50–60–70%-a) függvényében. A csökkenő vízellátás minden fajta esetében csökkentette a biomasszahozamot. Ezt a fajta genetikai potenciálja nem volt képes ellensúlyozni, sőt a nem megfelelő vízellátás a nagy genetikai potenciálú fajták biomasszahozamában okozott legnagyobb mértékű csökkenést (VEISZ és SELLEYI 2004).

(2) A Nagygyombosi Gazdaságban végzett igen nagy számú kísérletben ugyancsak egyértelmű összefüggés volt megállapítható a csapadék mennyisége és a búza termése között.

A csapadékviszonyok nemcsak a termés mennyiségét, hanem annak minőségét is meghatározták. Bár száraz évjáratokban gyakran volt megfigyelhető a „minőség” kedvező alakulása a mennyiség rovására, ezek között nem lehetett egyértelmű összefüggést megállapítani (SZÖLLŐSI et al. 2004).

(3) A mezőgazdasági táblán nemcsak kultúrnövény van, hanem sajnos előfordulnak gyomok is. Bizonyítva, hogy egy kultúrnövény állomány is ökoszisztéma. Legfeljebb a kompetíciót igyekszik befolyásolni az ember – céljainak megfelelően. A biodiverzitás színtere ugyanis nem a termesztett kultúrnövény állománya! Gyomcönológiai vizsgálataink szerint az aszályos évben jól megfigyelhető a mélyen gyökerező, agresszív vízfelvételű, szárazságtűrő gyomfajok előretörése a szárazságra érzékenyen reagáló fajokkal szemben. A várható klímaváltozásra, illetve a prognosztizált időjárási szélsőségek esetére tehát megfelelő gyomszabályozási technológiákkal kell felkészülni (BIRKÁS és GYURICZA 2004).

(4) Magyarország gyepterületeinek jelentős hányada az emberi tevékenység által többé vagy kevésbé befolyásolt agroökoszisztéma (TUBA et al. 2004). Egy mezőgazdaságilag értékes *Salvia-Festucetum rupicolae* löszpusztagyep társuláson végzett vizsgálataink

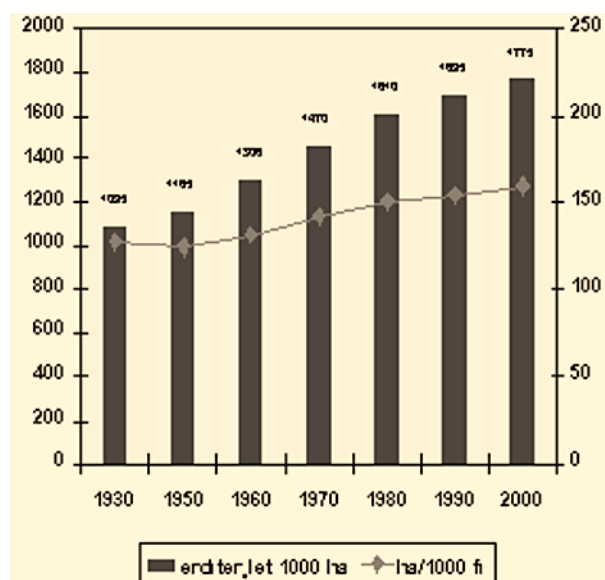


szerint a CO<sub>2</sub>-kezelés növelte a szárazanyag-produkciót és az összborítást; a fajösszetételt pedig a nem pillangós kétszikűek javára tolta el az egyszikűek és a pillangósok rovására.

Az éves C-mérleg jelentős szezondinamikát mutatott. A vegetációs periódusban – áprilistól kezdve – egy erőteljes CO<sub>2</sub>-felhasználás figyelhető meg az asszimiláció illetve a biomassza-képzés eredményeképpen. Az októberrel kezdődő téli időszakban viszont a CO<sub>2</sub>-forgalom nagyon lelassul, enyhe emisszióval. A C elnyelés-emisszió aránynak jelentős szerepe van a légköri hőmérséklet alakulásában. A nemzetközi egyezményekben előírt CO<sub>2</sub>-koncentráció csökkentésre két lehetőség van: CO<sub>2</sub>-emisszió csökkentése; CO<sub>2</sub>-elnyelés növelése. Ilyen szempontból megkülönböztetett fontosságú és aktualitású a különböző ökoszisztémák C-forgalmának, illetve nettó C-elnyelésének ismerete, hisz legújabbán a CO<sub>2</sub>-csökkentés „kereskedelmének” terve is napirendre került.

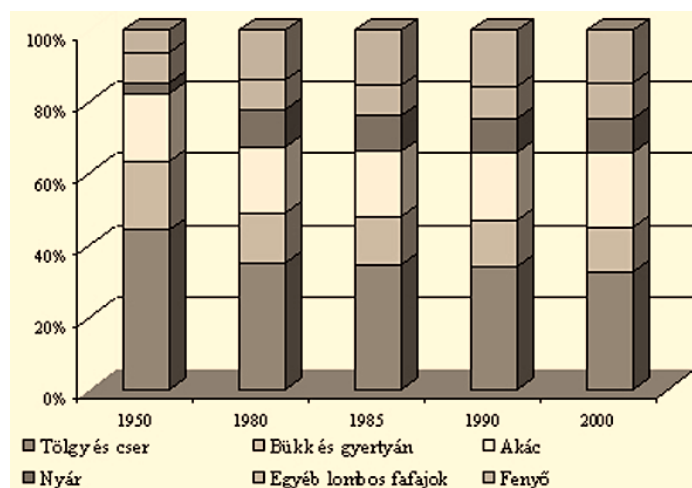
(5) Magyarország erdőszültsége 1950 óta egyenletesen nő (10. ábra), de a közép-európai 26%-os átlagot csak 2035 táján fogja megközelíteni – ha a tervezett folyamatos évi növekedés realizálódik. A fajösszetételben csökkent az őshonos tölgy, cser, bükk és gyertyán aránya; az akác arányának stagnálása mellett nőtt viszont a gyorsan nöövő fenyőfélék és a nyár részesedése (11. ábra). A különböző mértékben szabályozott erdő ökoszisztémáknak a fatömeg-produkción, a talajvédelmi és közjóléti funkciókon túlmenően szintén nagy szerepe van a C-körforgalom szabályozásában (SOLYMOS 2004).

(6) Az ökoszisztémának részét képezik az ott élő különböző organizmusok (biota) is. A Programban foglalkoztunk ezért ökotoxikológiai biotesztek kifejlesztésével, invázió rovarfajok monitorozásával (SZÉKÁCS et al. 2004), valamint rovar-populáció dinamika vizsgálatokkal is (KUROLI et al. 2004, SZÉKÁCS et al. 2004). Érdekes új irányt jelentett ezen a területen a drótférgek göcszerű és szezonális előfordulásának térinformatikai módszerek felhasználásával történő elemzése, amelynek eredményei közül a 12. ábrán mutatunk be egy példát (KUROLI et al. 2004).

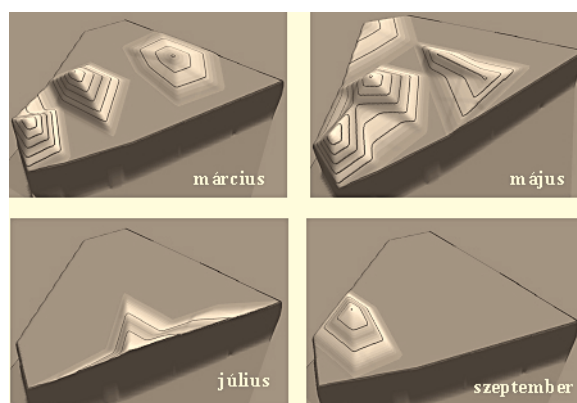


10. ábra Magyarország erdőszültsége (Solymos, 2004)

Figure 10. Forest lands in Hungary.



11. ábra A hazai erdőterület megoszlása fajok szerint (Solymos, 2004)  
 Figure 11. Distribution of the main forest types (species groups) in Hungary.



12. ábra A drótférgek göcszerű és szezonális előfordulása (Kuroli, 2004)  
 Figure 12. Seasonal dynamics of the spatial distribution of wireworms within a farming plot.

A kutatások a megbízhatóbb előrejelzésekhez, a preventív védekezési módszerek kidolgozásához, valamint a termőhely-specifikus precíziós növénytermesztés megvalósításához szolgáltatnak nélkülözhetetlen információkat.

### Beavatkozások az agroökoszisztémák anyagforgalmába

Az agroökoszisztémákba történő beavatkozások közül a talajművelés, a vízellátás és a tápanyagellátás módszereit vizsgáltuk részletesebben. A kiindulási alapot ehhez a táblaszintű termesztéstechnológia „agroökológiai mérlegének” elemzése jelentette, felmérve a „túlzott” és az „elégtelen” beavatkozások előnyeit és hátrányait. (BIRKÁS és GYURICZA 2004, SZÖLLŐSI et al. 2004). E vizsgálatok eredményeit az „AGRO-21 Füzetek” 37. számában (2004) foglaltuk össze.

### Záró következtetés

A kutatási programban elért eddigi eredmények jól alapozhatnak meg további nemzetközi, országos vagy regionális programokat (pl. agrár-környezetvédelmi, természetvédelmi, vízgazdálkodási, élelmiszerbiztonsági, környezet-egészségügyi stb. programokat). A legutóbbi eredményeink eredményesen kerültek felhasználásra a klímaváltozás hatásainak kutatási programjában (VAHAVA).

Reméljük, hogy lehetőséget kapunk az „Agroökoszisztémák hatása a környezetre” témájú program végrehajtására. Az agroökoszisztémák környezeti hatásainak elemzésére ugyanis indokolatlanul kevés tapasztalat és vizsgálati eredmény áll rendelkezésre, pedig ilyenekre a racionális erőforrás-hasznosítás, természet- és környezetvédelem, multifunkcionális mezőgazdaság, terület-hasznosítás és tájfejlesztés, valamint a környezet-egészségügy szempontjából egyaránt nagy szükség lenne.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatások az OM-3B/0057/2002. sz. NKFP Projekt keretében folytak. A szerző ezúton is köszönetet mond a konzorcium tagjainak eredményes munkájukért.

### Irodalom

- „AGRO-21” Füzetek, 2004. Agroökológia (agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). 37: 217.
- BIRKÁS M., GYURICZA Cs. 2004: Agroökoszisztéma elemek kölcsönhatásainak vizsgálata művelési kísérletben. AGRO-21 Füzetek. 37: 97–110.
- CSETE L., LÁNG I. 2004: Agroökoszisztémák, regionalitás és biodiverzitás. AGRO-21 Füzetek. 37: 186–204.
- Környezet- és Természetvédelmi Lexikon I–II. 2002. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KUROLI G., POLGÁR Á., NÉMETH L. 2004: A talaj és a drótférgek közötti interakció. AGRO-21 Füzetek. 37: 175–185.
- LÁNG, I., CSETE L., HARNOS Zs. 1983: A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 265
- LÁNG I., BEDŐ Z., KERÉKES S. (Szerk.) 2003: Növény, állat, élőhely. Magyar Tudománytár. MTA Társadalomkutató Központ. Kossuth Kiadó. Budapest.
- Magyarország Nemzeti Atlasza 1989: Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. p. 395
- SOLYMOS R. 2004: A természetközeli erdei ökoszisztémák néhány elvi és gyakorlati kérdése. AGRO-21 Füzetek. 37: 139–145.
- Somlyódy L. 2002: A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. p. 402
- SOMOGYI S. 1990: Magyarország kistájainak katasztere. I.–II. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, p. 1023
- STEFANOVITS P. 1963: Magyarország talajai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZABOLCS I. VÁRALLYAY Gy. 1978: A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 27: 181–202.
- SZÉKÁCS A., FÓNAGY A., FEKETE G., SZENTKIRÁLYI F., BERNÁTH B. 2004: Ökotoxikológiai és rovarmonitorozási vizsgálatok az agroökológia szolgálatában. AGRO-21 Füzetek. 37: 146–159.
- SZÖLLŐSI G., UJJ A., SZENTPÉTERY Zs., JOLÁNKAI M. 2004: A szántóföldi növénytermesztés néhány agroökológiai aspektusa. AGRO-21 Füzetek. 37: 89–96.
- TUBA Z., NAGY Z., CZÓBEL Sz., BALOGH J., CSINTALAN Zs., FÓTI Sz., JUHÁSZ A., PÉLI E., SZENTE K., PALICZ G., HORVÁTH L., WEIDINGER T., PINTÉR K., VIRÁGH K., NAGY J., SZERDAHELYI T., ENGLONER A., SZIRMAI O., BARTHA S. 2004: Hazai gyepársulások funkcionális ökológiai válaszai, C-körforgalma és üveg-házhatású gázainak mérlege jelenlegi és jövőben várható éghajlati viszonyok, illetve eltérő használati módok mellett. AGRO-21 Füzetek. 37: 123–138.

- VÁRALLYAY GY. 1985a: Magyarország 1:100 000 méretarányú agrotopográfiai térképe. *Agrokémia és Talajtan*. 34:243–248.
- VÁRALLYAY GY. 1985b: Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan*. 34:267–298.
- VÁRALLYAY GY. 1997: A TALAJ ÉS FUNKCIÓI. *MAGYAR TUDOMÁNY*. 42(12): 1414–1430.
- VÁRALLYAY GY. 1999: A Tiszántúli talajainak kétrétegű vízgazdálkodása és környezeti hatásai. In: DATE „Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok” Agrokémiai és Talajtani Szekció, Debrecen. pp. 19–30.
- VÁRALLYAY GY. 2000: Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: Székfoglalók, 1995–1998. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. pp. 1–32.
- VÁRALLYAY GY. 2001: A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*. 46(7): 799–815.
- VÁRALLYAY GY. 2003: A talaj környezeti érzékenységeinek értékelése. *Tájökológiai Lapok*, 1(1): 45–62.
- VÁRALLYAY GY. 2004: Az Agroökológia Kutatási Program (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). *AGRO-21 Füzetek*. 37: 5–22.
- VÁRALLYAY GY. 2004a: Talaj az agroökoszisztémák alap-eleme. *AGRO-21 Füzetek*. 37:33–49.
- VÁRALLYAY GY. 2004b: A talaj vízgazdálkodásának (agro)ökológiai vonatkozásai. *AGRO-21 Füzetek*. 37: 50–70.
- Várallyay Gy., Láng I., 2000: A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények*. pp. 5–19.
- VÁRALLYAY GY., SZÜCS L., MURÁNYI A., RAJKAI K., ZILAHY P. 1979: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. *Agrokémia és Talajtan*. 28: 363–384.
- VÁRALLYAY GY., SZÜCS L., MURÁNYI A., RAJKAI K., ZILAHY P. 1980a: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó tényezők 1:100 000 méretarányú térképe II. *Agrokémia és Talajtan*. 29: 35–76.
- VÁRALLYAY GY., SZÜCS L., RAJKAI K., ZILAHY P., MURÁNYI A. 1980b: Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*. 29: 77–112.
- VARGA-HASZONITS Z., VARGA Z. 2004: Az éghajlati változékonyság és a természetes periódusok. *AGRO-21 Füzetek*. 37: 23–32.
- VEISZ O., SELLYEI B. 2004: Klímatisz szélsőségek hatásának tanulmányozása őszi kalászosokon. *AGRO-21 Füzetek*. 37: 77–88.

AGRO-ECOLOGY – LANDSCAPE ECOLOGY

GY. VÁRALLYAY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC)  
of the Hungarian Academy of Sciences,  
H-1022 Budapest, Herman Ottó út 15. Hungary.  
E-mail: g.varallyay@rissac.hu

**Keywords:** agro-ecosystems, soil resources, soil degradation, extreme moisture regime, environmental sensitivity/vulnerability, substance regime in soils.

Among the quality criteria of human life the most important three elements are: good quality healthy food; clean water; pleasant environment. All three are closely related to the rational and sustainable use of agro-ecosystems. More than 80% of Hungary is covered by terrestrial ecosystems, mainly by agro-ecosystems (arable land; gardens, orchards, vineyards; man-made or strongly man-influenced grasslands and forests). Consequently, their sustainable management has particular significance in agricultural development, environment protection, landscape preservation, biodiversity, human health, etc.

The main objective of the „Agroecology” Program was to identify, describe, quantify and evaluate the main physiographical factors (climate, weather; soil; water resources; biota) and land use practices from the viewpoint of agro-ecosystems; to clarify their relationships and the mechanism of the existing processes in the soil-water-plant-air continuum for their efficient control.

Hungary has relatively favourable agro-ecological conditions. However, this favourable situation is threatened and sometimes considerably limited by the

- high, irregular and hardly predictable spatial and time variability, and sensitivity of environmental factors (climate, weather, especially temperature and precipitation pattern; geological, soil, water and biological resources);
- soil degradation processes;
- frequent extreme hydrological events (simultaneous hazard of flood, waterlogging, over-moistening or drought);
- unfavourable changes in the biogeochemical cycles of nutrient elements and pollutants.

In the Program a comprehensive up-dated GIS database was established on the main agro-ecological factors with special regard to the soil conditions and soil moisture regime. Detailed studies are carried out on the

- assessment and agro-ecological evaluation of these factors;
- analysis of their impacts on various agro-ecosystems (arable crops, grassland, forest);
- possibilities of their efficient and environment-conserving control measures.

Some preliminary results of the Program are summarized in the present paper.