319.869

"AGRO-21" Füzetek

AGROÖKOLÓGIA

AGROÖKOSZISZTÉMÁK KÖRNYEZETI ÖSSZEFÜGGÉSSEI ÉS SZABÁLYOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

37/2004

Magyarország területének több mint 80%-a terresztris ökoszisztémákkal borított

A TARTALOMBÓL

2004. 37. szám

„AGRO-21" FÜZETEK

AGROÖKOSZISZTÉMÁK KÖRNYEZETI ÖSSZEFÜGGÉSEI ÉS SZABÁLYOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

"AGRO-21" BROCHURES

ENVIRONMENTAL RELATIONS OF AGROECOSYSTEMS AND POSSIBILITIES OF THEIR CONTROL

„AGRO-21" HEFTE

DIE UMWELT-ZUSAMMENHÄNGE VON AGROÖKOSYSTEMEN UND MÖGLICHKEITEN IHRER REGIRUNG

«АГРО-21» БРОШЮРЫ

ВЗАИМОСВЯЗИ АГРОЭКОСИСТЕМ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕОЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

SZERKESZTI:

CSETE LÁSZLÓ – VÁRALLYAY GYÖRGY
c. egyetemi tanár – akadémikus
a konzorcium tagja – a konzorcium vezetője

KIADJA:

AZ „AGRO-21" KUTATÁSI PROGRAMIRODA
1061 Budapest, Andrássy út 23.

FELELŐS KIADÓ:

VÁRALLYAY GYÖRGY
akadémikus

ISSN 1218-5329

Készült:
AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

37/2004

TARTALOM

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

319.869

ELŐSZÓ

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.

Az *agroökológia* az agroökoszisztémák és a környezet viszonyának megismerésével foglalkozó tudományág. Az *agroökoszisztéma* minden olyan élőhely–élőlény együttes, amelyet különböző mértékben, időben, módon, tudatosan befolyásol, szabályoz az ember. Az agroökológia egyik alapeleme, *a talajban tározott nedvesség is víz,* amelynek a vízgazdálkodás egészére jelentős, gyakran meghatározó hatása van.

Magyarország területének több mint 80%-a terresztris ökoszisztémákkal borított, amelyek nagyrészt agroökoszisztémák. A szántó, a kert és gyümölcsös teljesen, a gyepek és erdők pedig túlnyomó részben.

Fenti indokok alapján nyújtotta be NKFP Pályázatát egy kutatói konzorcium, s nyert anyagi forrásokat OM-3B/0057/2002. sz. projektjére. Az *AGROÖKOLÓGIA (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei)* című kutatási program korszerű szintézis, amelynek célja az agroökoszisztémák zavartalan és káros környezeti hatások nélküli működésének tudományos megalapozása.

Ennek a kutatási programnak eddigi eredményeit adjuk közre az „AGRO-21" Füzetek 37. számában.

Budapest, 2004. október

Várallyay György
a Konzorcium elnöke

AZ AGROÖKOLÓGIA KUTATÁSI PROGRAM (AGROÖKOSZISZTÉMÁK KÖRNYEZETI ÖSSZEFÜGGÉSEI ÉS SZABÁLYOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI)

VÁRALLYAY GYÖRGY

ÖSSZEFOGLALÁS

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. Csak jóval később értékelődtek fel az agroökoszisztémák környezeti, közjóléti funkciói: szerepük az esztétikus táj kialakításában, a CO_2-körforgalom szabályozásában, a vízháztartási szélsőségek mérséklésében, vagy éppen az értelmes munkahelyteremtésben.

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.

Az Agroökológia Kutatási Program egy olyan kétdimenziós mátrixba rendezhető, amelynek egyik sorát az ökoszisztéma elemeinek diszciplináris csoportosítása jelenti, másik sorát pedig a diszciplinákon belül megoldandó, szükségszerűen logikusan egymásra épülő feladatok.

Az értelmező szótárak megfogalmazása szerint 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 lehetőséget nyújt 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 szükség van, és ami egyúttal össztársadalmi igény is. Minden területen és minden vonatkozásban.

Az ökológia fenti, legszélesebb értelem-

ben vett, eredeti értelmezése az utóbbi években gyakran szűkült a természetes ökoszisztémákra, sőt azok bizonyos típusaira. Jóllehet ugyanezen időszak alatt a Földön, kivétel nélkül minden kontinensen, különösen pedig Európában egyre több, sokfélébb 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.

Hazánkban különösen így van ez, hiszen az ország nem beépített 85%-nyi területének túlnyomó hányadát nem természetes vagy természetes-közeli, hanem tulajdonképpen „mesterséges", különböző mértékben szabályozott *agroökoszisztémák* (telepített erdő és gyep, szántóföldi és kertészeti kultúrák, mesterséges vizes élőhelyek stb.) borítják. Ennek ellenére ezen agroökoszisztémák 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 kísérletet. Ez a széles körű szakembergárda bevonásával rövid idő alatt megvalósult program sem találkozott egyértelmű helyeslással és támogatással, s elsősorban az elméleti ökológusok vitatták annak *„agroökológia"* címét és tartalmát. Létjogosultságát és társadalmi szükségességét azonban szinte mindenki elismerte.

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.

Magyarországon azonban változatlanul nehéz elfogadtatni két – aligha vitatható – 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.

Emiatt az agroökológia az országos K+F programokban többnyire nem kapott társadalmi jelentőségének megfelelő prioritást.

Az agroökológia az agroökoszisztémák és a környezet viszonyának megismerésével foglalkozó tudományág. Agroökoszisztéma pedig minden olyan „élőhely–élőlény" együttes, amelyet különböző mértékben, időben és módon, tudatosan befolyásol (szabályoz) az ember, bizonyos céljai megvalósítása érdekében.

Hazánk területének több mint 80%-a különböző terresztris ökoszisztémákkal borított (*1. ábra*). 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 biomasszatermelés (fa, kaszáló, legelő), úgy még ezek is agroökoszisztémáknak tekinthetők, ami alól csak a védett, ill. természetvédelmi és rekreációs célokat szolgáló területek jelentenek kivételt. A 48%-nyi szántó és

a 3%-nyi kert- és szőlőterület pedig egyértelműen agroökoszisztéma (1. ábra). Az *agroökológia* jelentősége tehát Magyarországon megkülönböztetett jelentőségű, s kutatása is kiemelt figyelmet érdemel.

A különböző célú felhasználásra kerülő biomassza 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.

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 környezetalakító hatásait. Így kapcsolódik az Agroökológia Kutatási Program a különböző környezet- ill. természetvédelmi, valamint a legszélesebb értelemben vett „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. Csak jóval később értékelődtek fel az agroökoszisztémák környezeti, közjóléti funkciói: szerepük az esztétikus táj kialakításában, a CO_2-körforgalom szabályozásában, a vízháztartási szélsőségek mérséklésében, vagy éppen az értelmes munkahelyteremtésben.

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;
– változatok és ajánlások megfogalmazása a zavartalan működés biztosítása érdekében.

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*).

Az agroökoszisztémák zavartalan funkcióképességét elsősorban az azok környezetét jelentő *„termőhelyi adottságok"* határozzák meg és az ún. *„agroökológiai potenciál"* fejezi ki. Ennek legfontosabb elemei a következők:

– felszín közeli légkör éghajlata és időjárása;
– geológiai felépítés és domborzat;
– talajviszonyok;
– felszíni és felszín alatti vízkészletek.

E tényezők határozzák meg egy adott ökoszisztéma kialakulását, fejlődését és változásait; anyag- és energiaforgalmát; biogeokémiai ciklusait, abiotikus/biotikus transzport- és transzformációs folyamatait; valamint funkcióit és funkcióképességét; hasznosítási lehetőségeit és védelmének, megőrzésének, állag-megóvásának feladatait.

Az Agroökológia Kutatási Program egy olyan kétdimenziós mátrixba rendezhető,

amelynek egyik sorát az ökoszisztéma elemeinek diszciplináris csoportosítása jelenti (1–6), másik sorát pedig a diszciplinákon belül megoldandó, szükségszerűen logikusan egymásra épülő feladatok (A–F):

Az ökoszisztéma elemei:

1. Felszín közeli légkör (éghajlat, időjárás, állományklíma).
2. Talaj (beleértve a felszín közeli alapkőzetet és domborzatot; anyagok biogeokémiai körfogalma).
3. Talajnedvesség (felszíni és felszín alatti vízkészletek; a talaj vízgazdálkodása és nedvességforgalma).
4. Növény (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; ill. bizonyos ökoszisztémáknak szintén részét képező haszonállatok).
6. Biodiverzitás.

Feladatok:

A/ Jelenlegi *helyzet* állapotfelmérése.

B/ Egyes *ökológiai tényezőkön belül* végbemenő folyamatok jellemzése, kvantifikálása, oknyomozó elemzése, hatásmechanizmusának tisztázása.

C/ Az egyes agroökológiai *tényezők közötti* anyag- és energiaforgalmi folyamatok, sokoldalú kölcsönhatások feltárása, oknyomozó elemzése.

D/ Az agroökoszisztémák és az egyéb környezeti tényezők *kölcsönhatásainak* sokoldalú elemzése, mindkét vonatkozásban

– a környezet elemeinek *hatása az agroökoszisztémákra* (jelent Projekt);

– az agroökoszisztémák *hatása a környezet többi elemére* (további Pályázat).

E/ A „B", „C", „D" folyamatok és kölcsönhatások elemzése, tisztázása

– különböző szabályozottságú (természetes → fitotron);

– különböző szintű (globális → tábla);

– különböző funkcionális célú (biomasszatermelés, környezetvédelem, közjólét stb.)

körülmények között.

F/ Ajánlások, változatok megfogalmazása az agroökoszisztémák zavartalan működtetésére és környezeti hatásainak lehetőség szerinti optimalizálására.

Fentieknek megfelelően az Agroökológia Kutatási Program tervezett fő kutatási területei a következők (*3. ábra*):

(1) Talajtani kutatások.
(2) Vízgazdálkodási kutatások.
(3) Meteorológiai kutatások.
(4) Növényállomány kutatások.
(5) Növényvédelmi kutatások.
(6) Regionalitás, biodiverzitás, kutatások.

A kutatások megvalósítására az alábbi összetételű konzorcium vállalkozott:

1. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet – a konzorciumot vezető intézmény
2. SZIE-MKK Földműveléstani Tanszék
3. Corvinus Egyetem Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék
4. NYME-MÉK Matematika–Fizika Tanszék
5. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete
6. MTA Növényvédelmi Kutatóintézete
7. MTA TAKI – „Agro-21" Kutatási Programiroda
8. SZIE MKK Növénytermesztéstani Tanszék
9. SZIE MKK Növénytani és Növényélettani Tanszék
10. NYME MÉK Agrártudományi Centrum

Az *Agroökológia Kutatási Program* természetesen nem valósítható meg reálisan meg *előzmények* nélkül. Ilyen előzményt jelentenek a felsorolt hat szakterületen eddig végzett agroökológiai jellegű kutatások eredményei, adatai, vagy adatbázisai; meg-

lévő és hozzáférhető adatokat szolgáltató információs és/vagy monitoring rendszerei; valamint kutatási tapasztalatai, beleértve természetesen a naprakész hazai és nemzetközi szakirodalmi tájékozottságot is. A Program elsősorban ezen meglévő adatok újszempontú feldolgozására, széles körű és sokoldalú elemzésére alapoz, amelynek a konzorcium-intézmények és a munkában résztvevő szakértők eddigi munkája ad realitást.

Az előzmények közül külön is ki kell emelni *a Magyar Tudományos Akadémia „Magyarország agroökológiai potenciáljának felmérése"* című országos programját 1978–1982 között. Hasonlóan értékes információ-forrást jelentenek a *Vízgazdálkodási Kerettervek, Magyarország Nemzeti Atlasza,* valamint az agroökológia részeket (is) tartalmazó kézikönyvek, monográfiák, értekezések, kísérleti adatok. A nemzetközi trendekhez és új tudományos elvárásokhoz történő igazodást számos agroökológiai tárgyú könyv, ill. különböző nemzetközi szervezetek különböző célú, tartalmú és részletességű agroökológiai potenciál felméréseinek és agroökológiai zonációs munkáinak értékelő áttekintése szavatolja.

A részletes eredmény-mozaikok bevezetéseképpen az alábbiakban rövid áttekintést nyújtunk a Program logikai koncepcióját kifejező irányvonalról. Ezek az alábbi négy – egymásra épülő – csoportban foglalhatók össze:

1. Állapot-értékelés.
2. Agroökológiai következmények.
3. Beavatkozások.
4. Regionalitás, biodiverzitás.

1. ÁLLAPOT-ÉRTÉKELÉS

A kutatási program kiindulása egy korszerű és részletes *állapot-értékelés.* Ezt a környezeti tényezők ökológiai szempontból legfontosabb három elemére (légkör, víz, talaj) terjesztettük ki:

1.1. *Az éghajlatot,* mint az agroökoszisztémák működésének feltételrendszerét, erőforrását, s mint fontos kockázati tényezőt elemeztük. Vizsgáltuk a klímaelemek hatását az agroökoszisztémák anyag-körforgalmára, illetve a növényállományok hatását a felszín közeli atmoszférára. Megállapítottuk, hogy az éves csapadékösszegek igen nagy térbeli variabilitást és időbeni ingadozást mutatnak, amelyben egy csökkenő évi átlagos csapadékmennyiség trend így is megfigyelhető (*4. ábra*).

1.2. A térben és időben egyaránt nagy és szeszélyes variabilitást mutató csapadék egy változatos domborzatú felszínt borító heterogén, gyakran mozaikosan tarka *talajtakaróra* hull (*5. ábra*). A talajviszonyok változatossága nemcsak a talajok típusában és altípusában mutatkozik meg, hanem a talajok vízgazdálkodásában is. Kidolgoztuk a magyarországi *talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak és vízháztartási típusainak kategória-rendszerét,* valamint megszerkesztettük e kategóriák 1:100 000 méretarányú térképeit (*6. ábra*). A gazdag talajtani és természetföldrajzi adatbázis alapján – korszerű térinformatikai módszerekkel – mód volt további tematikus térképek elkészítésére. Elkészült a *„Belvíz-veszélyeztetettség talajtani okai"* térkép, s dolgozunk egy *„Aszályérzékenység térkép"* megszerkesztésén.

A jövőben várhatóan növekvő gyakoriságú, tartamú és mértékű *szélsőséges vízháztartási helyzetek* (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) megelőzésének, kiküszöbölésének, mérséklésének Magyarországon – elsősorban a Magyar Alföldön – megkülönböztetett jelentősége van. Ilyen szempontból döntő fontosságú az a tény, hogy *Magyarország legnagyobb természetes víztározója a talaj.* Igaz, hogy hasznos tározó tere a felszíni vagy felszín közeli gyenge vízbefogadó- és vízáteresztő képességű rétegek előfordulása miatt sajnos nem mindig tud feltöltődni („ledugaszolt üveg effektus"): a talaj mélyebb rétegei számos esetben alig nedvesednek még időszakos vízborítás alatt álló

belvizes területeken sem is. A talaj vízraktározó képességét pedig a homok(os) talajok kis víztartó képessége korlátozza „lyukas üveg effektus" (6. ábra).

1.3. A *talaj vízraktározó képessége* az agroökoszisztémák zavartalan működése, megfelelő vízellátása szempontjából döntő jelentőségű, hiszen a növények (pl. az őszi kultúrák) tavaszi transzspirációs „vízhiányát" az őszi–téli csapadékkal feltöltött és a talajban tárolt vízkészletekből lehet csak zavartalanul kielégíteni (*7. ábra*).

2. A KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK AGROÖKOLÓGIAI KÖVETKEZMÉNYEI

A környezeti tényezők agroökológiai következményeit több vonatkozásban is részletesen elemeztük.

2.3. Fitotronos modellkísérletekben vizsgáltuk a *hő-viszonyok* (hőmérséklet, hőszint) 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 (*8. ábra*).

2.2. Még nagyobb különbségek voltak kimutathatóak a vizsgált 12 fajta biomassza tömegének alakulásában a *vízellátás* (szabadföldi vízkapacitás 30–40–50–60–70%-a) függvényében. A 9. ábráról szemléletesen kitűnik, hogy 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.

2.3. A Nagygombosi Gazdaságban végzett igen nagy számú kísérletben *egyértelmű összefüggés volt megállapítható a csapadék mennyisége és a búza termése között* (*1. táblázat*). Ez alól csak a betakarítás időszakában rendkívül csapadékos 1999-es esztendő „vízi aratása" jelentett kivételt.

2.4. *A csapadékviszonyok nemcsak a termés mennyiségét, hanem annak minőségét is meghatározzák,* amint ezt az 1996–2002 időszak búzatermésének minőségi jellemzői (fehérje %, farinográfos érték, nedves sikér %, Hagberg esés szám) jól mutatják (1. táblázat). A termés mennyisége és minőségi jellemzői között nem lehetett egyértelmű összefüggést megállapítani. Bár száraz évjáratokban gyakran volt megfigyelhető a „minőség" kedvező alakulása a mennyiség rovására.

2.5. A mezőgazdasági táblán nemcsak kultúrnövény van, hanem sajnos előfordulnak *gyomok* is. Pedig a biodiverzitás színtere nem a termesztett kultúrnövény állománya. *Gyomcönológiai vizsgálataink* közül a nagygombosi búza bikultúrában és kukorica monokultúrában az átlagos csapadékú 1996. és a nagyon aszályos nyarú 2003. évek összehasonlító adatait közöljük a 2. táblázatban. Az aszályos évben jól megfigyelhető a mélyen gyökerező, agresszív vízfelvételű, szárazságtűrő gyomfajok előretörése a szárazságra érzékenyen reagáló fajokkal szemben, mint ezt a táblázat piros, ill. zöld nyilai szemléltetik. Ezeknek a vizsgálatoknak azért van különös jelentősége, hogy a várható klímaváltozásra, ill. a prognosztizált időjárási szélsőségek esetére időben lehessen racionális gyomszabályozási technológiákkal felkészülni.

2.6. Magyarország *gyepterületeinek* jelentős hányada az emberi tevékenység által többé vagy kevésbé befolyásolt agroökoszisztéma. Vizsgálataink egy mezőgazdaságilag értékes Salvio-Festucetum rupicolae löszpusztagyep társuláson folytak a Gödöllői Kísérletes Növényökológiai Kutatóállomáson. Itt különböző CO_2-kezelések (CO_2, CO_2 × N-ellátottság, CO_2 × vízellátottság) hatását vizsgáltuk a gyep biomassza hozamára, fajösszetételére és C-mérlegére. *A CO_2-kezelés növelte a szárazanyag-produkciót és az összborítást; a fajösszetételt pedig a nem pillangós kétszikűek javára tolta el* az egyszikűek és a pillangósok rovására (*10. ábra*).

Az éves C-mérleg jelentős szezondinamikát mutatott. A vegetációs periódusban – áprilistól kezdve – egy erőteljes CO_2-felhasználás figyelhető meg az asszimiláció, ill. a biomassza-képzés eredményeképpen. Az októberrel kezdődő téli időszakban viszont a CO_2-forgalom nagyon lelassul, enyhe emisszióval. C-mérleg vizsgálatainkat a program további részében különböző állatok által legelt területekre is kiterjesztjük. A C elnyelés–emisszió aránynak jelentős szerepe van a légköri hőmérséklet alakulásában. A nemzetközi egyezményekben előírt CO_2-koncentráció csökkentésre két lehetőség van: CO_2-emisszió csökkentése; CO_2-elnyelés növelése. Ilyen szempontból megkülönböztetett fontosságú és aktualitású a különböző ökoszisztémák C-forgalmának, ill. nettó C-elnyelésének ismerete, hisz legújabban a CO_2-csökkentés „kereskedelmének" terve is felmerült.

2.7. *Magyarország erdősültsége* 1950 óta egyenletesen nő (11. ábra), de a középeurópai 26%-os átlagot csak 2035 táján fogja megközelíteni – ha a tervezett folyamatos évi növekedés realizálódik. A fafajösszetételben csökkent az őshonos tölgy, cser, bükk és gyertyán aránya; az akác arányának stagnálása mellett nőtt viszont a gyorsan növő fenyőfélék és a nyár részesedése (12. ábra). A különböző mértékben szabályozott erdő ökoszisztémáknak a fatömeg-produkción, a talajvédelmi és közjóléti funkciókon túlmenően szintén nagy szerepe van a C-körforgalom szabályozásában.

2.8. Az agroökoszisztéma-vizsgálatokból nem maradhatnak ki *a növényvédelmi kutatások* sem. Ilyenek voltak *az ökotoxikológiai biotesztek* fejlesztése terén végzett kutatásaink. Ezek keretében vízi toxicitás teszteket (nagy vízibolha, Daphnia magna) és rovar bioassay rendszereket [gyapotpoloska (Dysdercus cingulatus), káposzta bagolylepke (Mamestra brassicae), chilei óriáscsótány (Blaberus craniifer)] fejlesztettünk ki különböző szennyező anyagok detektálására. Jelentősek voltak az *invázív rovarfajok monitorozására* vonatkozó vizsgálataink is [gyapottok bagolylepke (Helicoverpa armigera)].

Fénycsapda és feromoncsapda alkalmazásával végzett *rovar-populáció-dina-mika vizsgálataink* eredményei közül a 13. ábrán mutatjuk be az eperfa pajzstetű (Pseudaulacaspis pentagona) terjedési dinamikáját Magyarországon a múlt század 20-as éveitől kezdve.

A másik kutatási irányt növényvédelmi kutatásainkban

– *a levéltetvek* migrációjának, rajzásának és áttelelésének, valamint

– *a drótférgek* gócszerű és szezonális előfordulásának

térinformatikai módszerek felhasználásával történő elemzése jelentette.

Előbbiben különböző fajtájú burgonyaállományok mikroklímájának (hőmérséklet, csapadék, páratartalom), a különböző burgonyafajták beltartalmának (nyers fehérje, nyers zsír, szénhidrát), valamint a növény tápanyag- és vízellátásának hatásait elemeztük a levéltetvek elterjedtségére. Utóbbiban pedig a drótférgek táblaszintű variabilitását és dinamikáját kísértük figyelemmel és ábrázoltuk szemléletes terepmodelleken (14. ábra).

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

3. BEAVATKOZÁSOK AZ AGROÖKOSZISZTÉMÁK ANYAGFORGALMÁBA

Az agroökoszisztémákba történő beavatkozások közül a talajművelés, a vízellátás és a tápanyag-ellátás módszereit vizsgáltuk részletesebben. A kiindulási alapot ehhez a táblaszintű termesztéstechnológia „agroökológiai mérlegének" elemzése jelentette, felmérve a „túlzott" és az „elégtelen" beavatkozások előnyeit és hátrányait.

3.1. Józsefmajori szabadföldi tartamkísérletekben *6 talajművelési eljárás* (szántás, sávos művelés, tárcsázás, direkt vetés, kultivátoros művelés, tárcsázás + lazítás) hatását vizsgáltuk a növényállomány és a talaj jellemzőire:

– *A talaj tömörödésére.* Ilyen szempontból természetesen a szántás bizonyult legkedvezőbbnek, szemben a direkt vetéssel, amely ilyen lazító hatást nem biztosított (15. ábra).

– A hatás azonban nem volt ilyen egyértelmű a különböző talajrétegek 10 cm-enként mért *nedvességtartalmában.* A feltalaj 0–10 cm-es rétegét a szántás kifejezetten szárította; legjobbnak ilyen szempontból a tárcsázás + lazítás kezelés mutatkozott; míg a direkt vetés egyértelmű nedvességmegőrző hatása nem volt kimutatható (16. ábra).

Az altalajban a kép némileg megváltozott: a szántás hátránya eltűnt (hisz a laza szántott réteg a mélyebb szinteket megvédte a kiszáradástól); a szezondinamika tompult. A direkt vetés itt is „lemaradt" (17. ábra). Megalapozott következtetés levonásához azonban további mérések szükségesek, amelyek elvégzésére az előkészületek megtörténtek.

– Megvizsgáltuk a 6 talajművelési kezelés hatását a talaj *potenciális* – a szabadföldi vízkapacitás és a holtvíztartalom különbségeként számított – *hasznosítható vízkészletére,* valamint *tényleges* (aktuális nedvességtartalom és holtvíztartalom különbsége) hasznosítható vízkészletére is. Előbbire a kezeléseknek gyakorlatilag nem volt kimutatható hatása. Utóbbi viszont szemléletesen tükrözte, hogy a talaj hasznosítható vízraktározó tere – különösen a feltalajban – messze nem feltöltött és jelentős mennyiségű további víz befogadására (lenne) alkalmas.

3.2. A Nagygombosi Gazdaságban végzett szabadföldi kísérletek (1998–2002) egyértelműen igazolták, hogy a búza terméshozama elsősorban a lehullott csapadékmennyiség függvénye és ez *az „évjárathatás"* (1998: átlagos csapadékú év; 2002: száraz év) *műtrágyázással nem helyettesíthető* (19. ábra). Tény azonban az is, hogy a racionális műtrágyázás még száraz esztendőben is növeli a termést, és így mérsékelheti a szárazság okozta terméskiesést. Jelentős mértékű terméscsökkenést mértünk az 1999-es esztendőben, amikor a betakarítás időszakában igen nagy mennyiségű csapadék hullott intenzív záporok és zivatarok formájában, olyan szélsőséges nedvességviszonyokat eredményezve, hogy az aratást helyenként vízben (vízből) lehetett csak elvégezni.

4. REGIONALITÁS, BIODIVERZITÁS

A regionalitás kutatásai Magyarország hét nagytájára készültek:

– Dunai Alföld;
– Tiszai Alföld;
– Kisalföld;
– Nyugat-magyarországi peremvidék;
– Dunántúli-dombság;
– Dunántúli-középhegység;
– Észak-magyarországi középhegység

Ezekre tematikus talajtérkép-sorozatokat készítettünk 1:100 000 méretarányban, amelyeken az agroökológiai szempontból legfontosabb 5 talajtényezőt (talajok genetikai típusa és altípusa; talajok kémhatása és mészállapota; talajok fizikai félesége; talajok vízgazdálkodási kategóriái; talajok szervesanyag-készlete), valamint a talajok anyagforgalmának alapvető típusait és a nagytáj talajdegradációs régióit ábrázoltuk (20. ábra).

Felújítottuk az *agroökoszisztémák biomassza-termelési potenciáljára* vonatkozó vizsgálatainkat is (21. ábra). Megállapítottuk, hogy az ilyen és hasonló elemzésekhez a nagytáj-szintű „lebontás" nem elégséges, hisz a nagytájon *belüli* nagy heterogenitás gyakran torzítja (elfedi, tompítja) a nagytájak *közti* különbségeket, mint ez a 21. ábrán bemutatott térképről – a Dunai Alföldre vonatkozóan – egyértelműen kitűnik. A

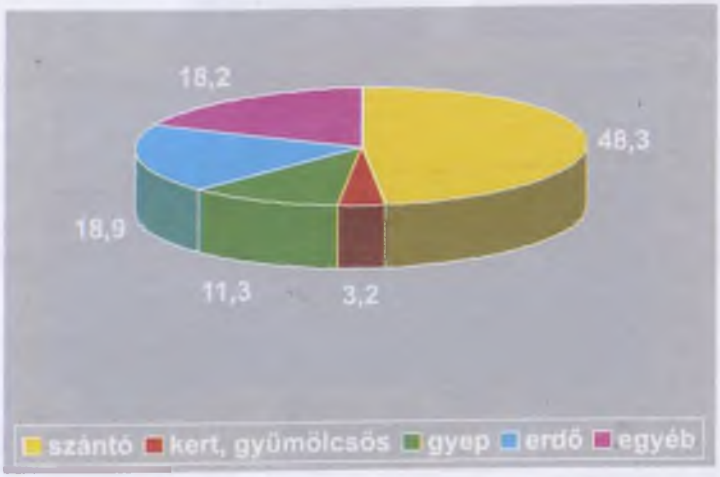
nagytáj 5 középtája ugyanis nagymértékben különböző agroökológiai potenciálú. Sőt, a még részletesebb vizsgálataink a középtájakon belül is jelentős különbségeket mutattak. Természetes továbbá hogy pl. a Dunamenti-síkság öntésterületei, homokterületei és szikes területei jelentősen különböznek.

A kutatási programban elért eddigi eredmények jól alapozhatnak meg további programokat, nemzetközi, országos és regionális szinten egyaránt. Pl. agrár-környezetvédelmi program; természetvédelmi program; vízgazdálkodási program; élelmiszer-ellátás biztonsági program; környezet-egészségügyi program. A legutóbb pl. eddigi eredményeink eredményesen kerültek felhasználásra a klímaváltozás hatásainak kutatási programjában (VAHAVA).

Munkánkat az *„Agroökoszisztémák hatása a környezetre"* témájú program keretében reméljük folytatni. Az agroökoszisztémák környezeti hatásainak elemzésére ugyanis nagyon kevés tapasztalat és vizsgálati eredmény áll rendelkezésre, pedig ilyenekre a racionális erőforrás-hasznosítás, természet- és környezetvédelem, multifunkcionális mezőgazdaság, területhasznosítás és tájfejlesztés, környezet–egészségügy szempontjából egyaránt nagy szükség lenne.

Jelen kötet tanulmányaiban a Program keretében elért legjelentősebb kutatási eredményeinkből adunk közre egy válogatást.

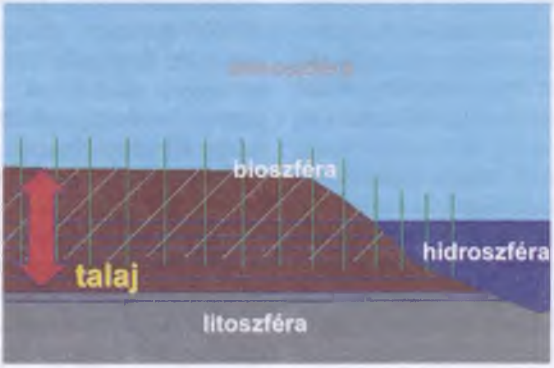
1. ábra



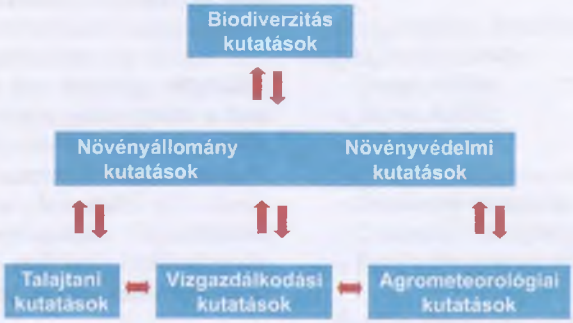
Magyarország területének több mint 80%-a terresztris ökoszisztémákkal borított, amelyek nagyrészt agroökoszisztémák

2. ábra

Szférák kölcsönhatása

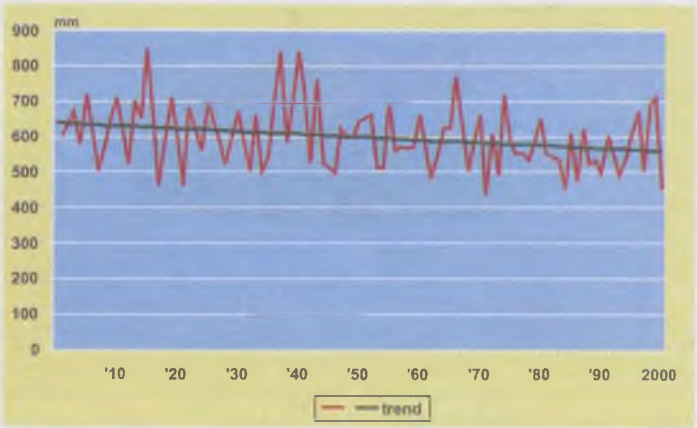


3. ábra



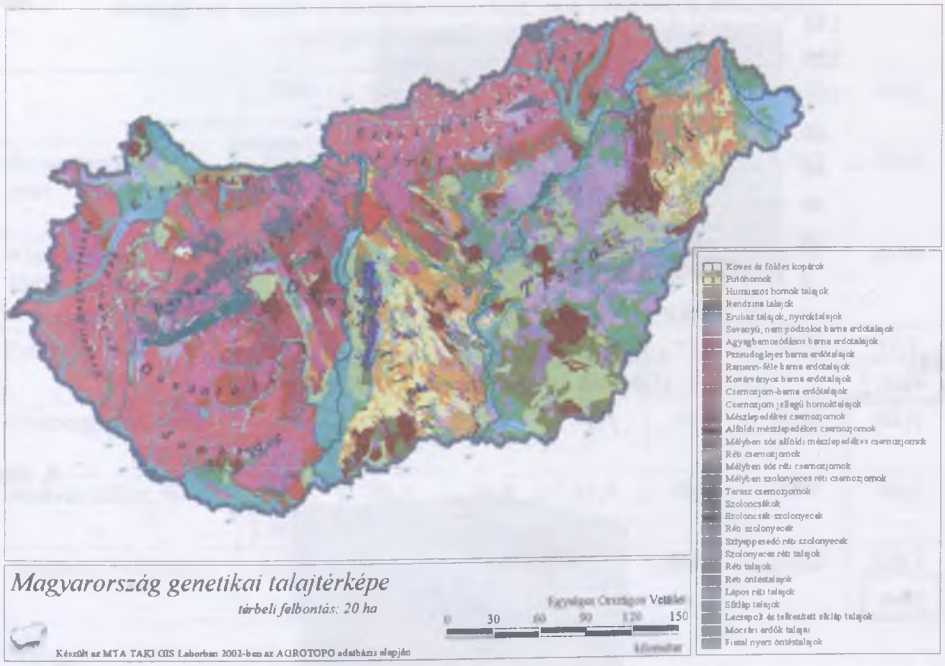
Az Agroökológia Kutatási Program fő kutatási területei

4. ábra

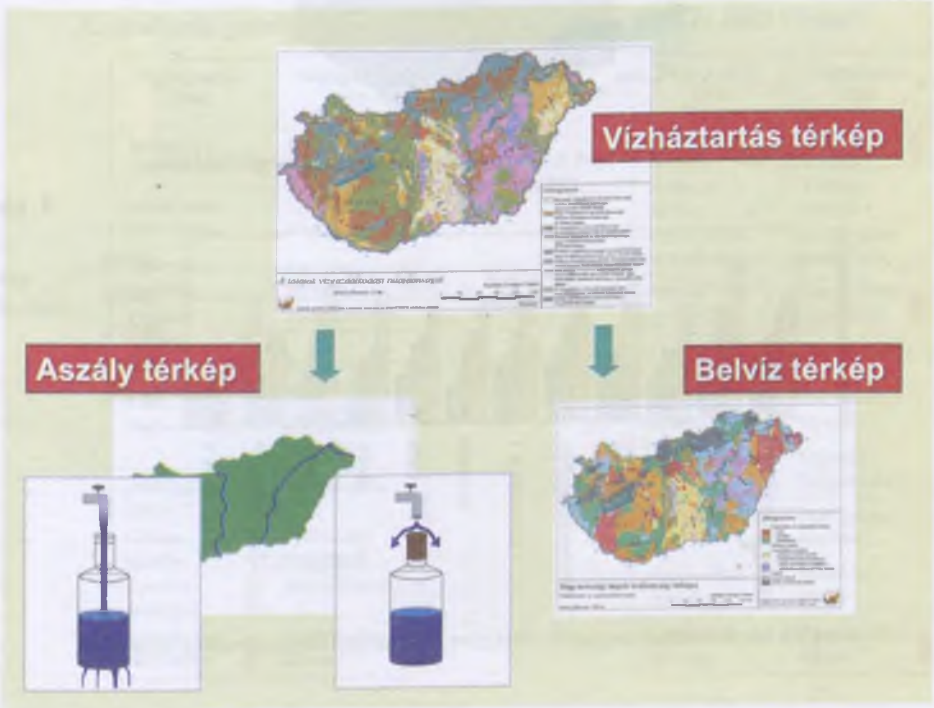


Az éves csapadékösszegek változása
Forrás: Varga-Haszonits, 2003

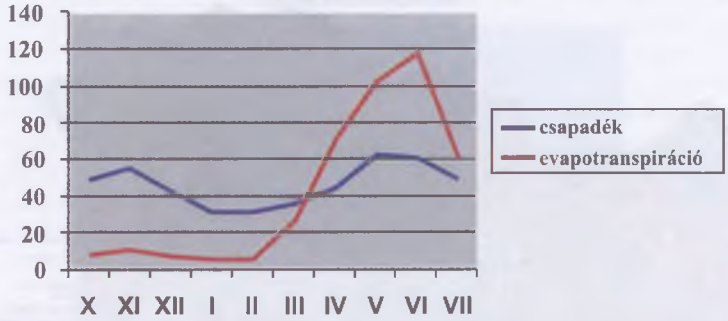
5. ábra


Kőves és földes kopárok
Putrénsmok
Humuszos homok talajok
Rendzina talajok
Erubaz talajok, nyiroktalajok
Savanyú, nem podzolos barna erdőtalajok
Agyagbemosódásos barna erdőtalajok
Pszeudoglejes barna erdőtalajok
Ramann-féle barna erdőtalajok
Kovárványos barna erdőtalajok
Csernozjom-barna erdőtalajok
Csernozjom jellegű homoktalajok
Mészlepedékes csernozjomok
Alföldi mészlepedékes csernozjomok
Mélyben sós alföldi mészlepedékes csernozjomok
Réti csernozjomok
Mélyben sós réti csernozjomok
Mélyben szolonyeces réti csernozjomok
Teraszcsernozjomok
Szolonczakok
Szolonczak szolonyecek
Réti szolonyecek
Szikpuszta réti szolonyecek
Szolonyeces réti talajok
Réti talajok
Réti öntéstalajok
Lápos réti talajok
Sík talajok
Lecsapolt és telkesített sík talajok
Mocsári erdők talaja
Tőzeg nyers öntéstalajok
Magyarország genetikai talajtérképe
térbeli felbontás: 20 ha
Egységes Országos Vetület
0 30 60 90 120 150
Készült az MTA TAKI GIS Laborban 2002-ben az AGROTOPO adatbázis alapján

6. ábra

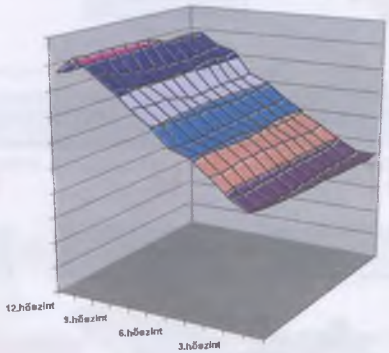

Vízháztartás térkép
Aszály térkép
Belvíz térkép

7. ábra



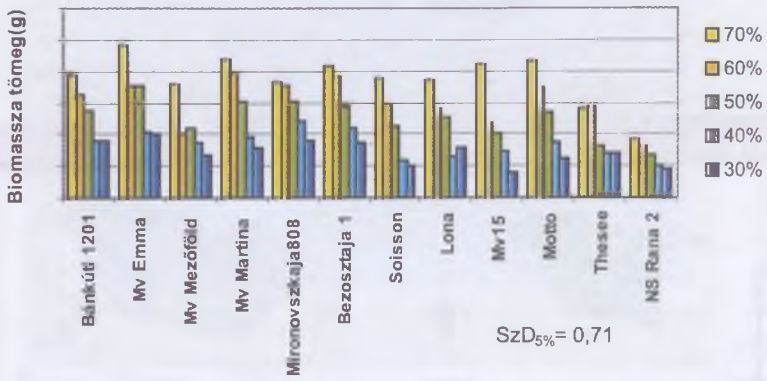
A búza evapotranspirációs vízmérlege (Gödöllő, 50 éves csapadékátlag, mm)

8. ábra



A hőmérséklet hatása a kalászosok fejlődésének megindulására (Martonvásár, 2003)

9. ábra



A fajták biomassza-tömegének változása különböző talajnedvesség-szinteken

1. táblázat

Az évjárat hatása a termésmennyiség és a minőség alakulására*
(Gödöllő–Nagygombos, 1996–2002)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Éves csapadék, mm	544,3	407,6	725,5	837,0 max	344,0	706,0	426,8
Kísérletek főátlaga, t/ha	4,08	2,88	6,21 max	2,87	3,32	5,28	4,34
Fehérje, %	15,8	13,2	11,5	14,3	11,6	12,0	17,2 max
Farinográfos érték	89,7 max	50,4	70,7	47,4	44,4	51,6	62,4
Nedves sikér, %	37,8 max	30,5	27,4	32,2	28,3	27,5	38,4
Hagberg eséssźám	339,1	213,2	278,2	-	188,6	295,2	362,1 max

Megjegyzés: 1999-ben a csapadék 40%-a június–július hónapban hullott.
* a vizsgált búzafajták átlagában

2. táblázat

Az uralkodó gomfajok és a borítottság változása 1996 és 2003 között

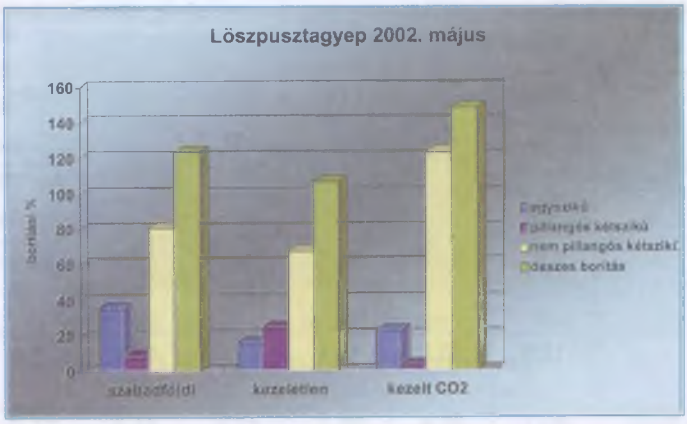
Búza bikultúra

Nagygombos 1996	Nagygombos 2003
Veronica hederifolia	Bylderdikia convolvulus
Bylderdikia convolvulus	Thlaspi arvense
Matricaria inodora	Cirsium arvense [1] ↑
Papaver rhoeas ↓	Viola arvensis
Stellaria media	Amaranthus retroflexus ↑
Viola arvensis	Convolvolus arvensis
Ambrosia elatior [3] ↓	Sinapis alba
Galium aparine ↓	Matricaria inodora
Cirsium arvense [1] ↑	Stellaria media
Amaranthus retroflexus ↑	Chenopodium album [2] ↑

Kukorica monokultúra

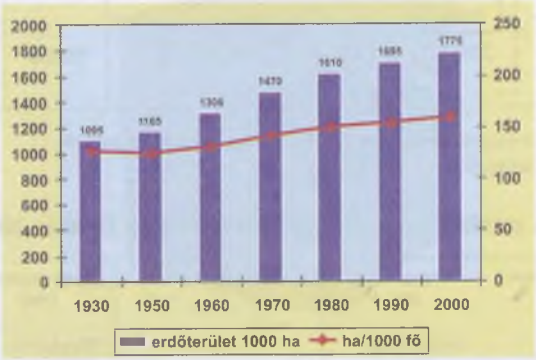
Nagygombos 1996	Nagygombos 2003
Matricaria inodora	Cirsium arvense [1] ↑
Stellaria media	Thlaspi arvense
Bylderdikia convolvulus	Bylderdikia convolvulus
Thlaspi arvense	Amaranthus retroflexus ↑
Cirsium arvense [1] ↑	Viola arvensis
Ambrosia elatior [3] ↓	Convolvolus arvensis
Viola arvensis	Capsella bursa pastoris
Echinochloa crus-galli ↓	Matricaria inodora
Amaranthus retroflexus ↑	Stellaria media
Convolvulus arvensis	Chenopodium album [2] ↑

10. ábra



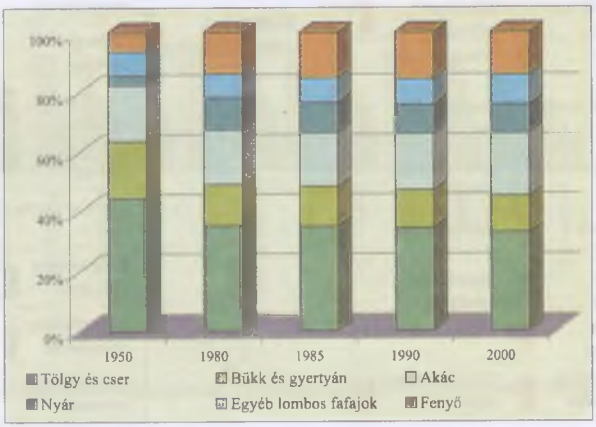
Borítási % funkcionális csoportok szerint (Gödöllő, 2002)

11. ábra



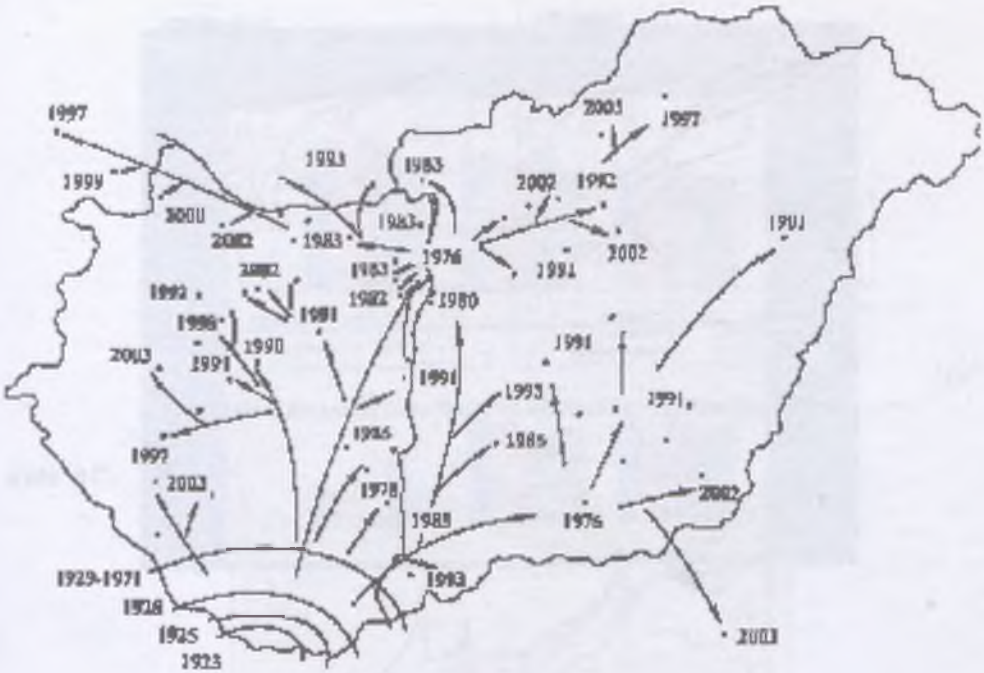
Magyarország erdősültsége (Solymos, 2003)

12. ábra



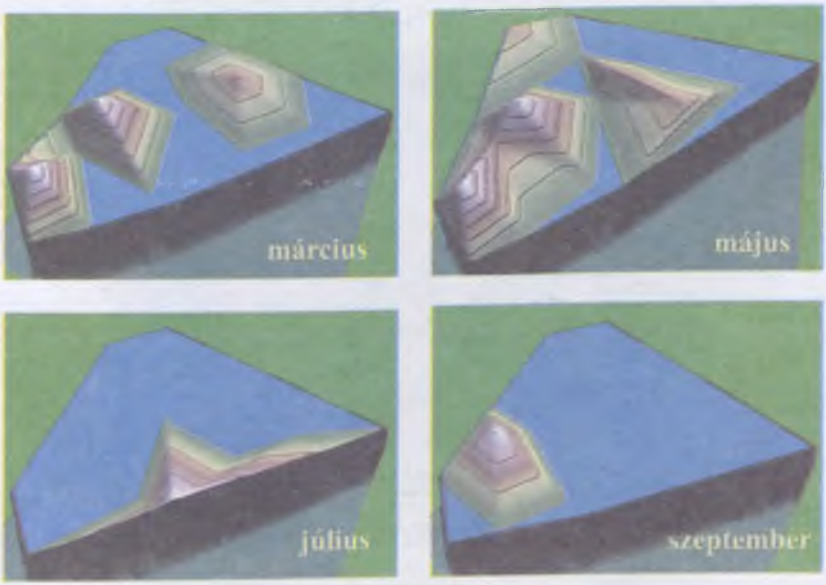
A hazai erdőterület megoszlása fafajok szerint (Solymos, 2003)

13. ábra



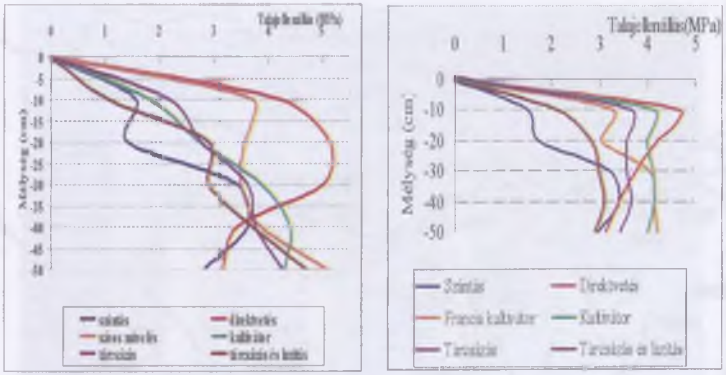
Rovar populációdinamikai vizsgálatok
Eperfa pajzstetű (*Pseudaulacaspis pentagona*) terjedési dinamikája

14. ábra



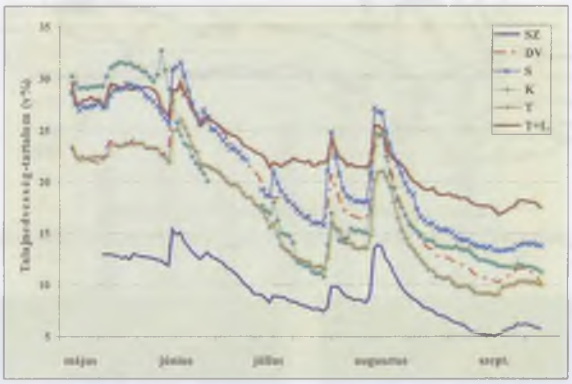
A drótférgek gócszerű és szezonális előfordulása (Kuroli, 2003)

15. ábra



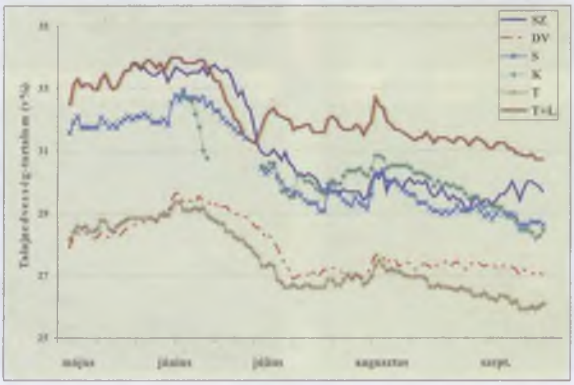
A talaj „ellenállása" különböző talajművelési eljárások hatására

16. ábra



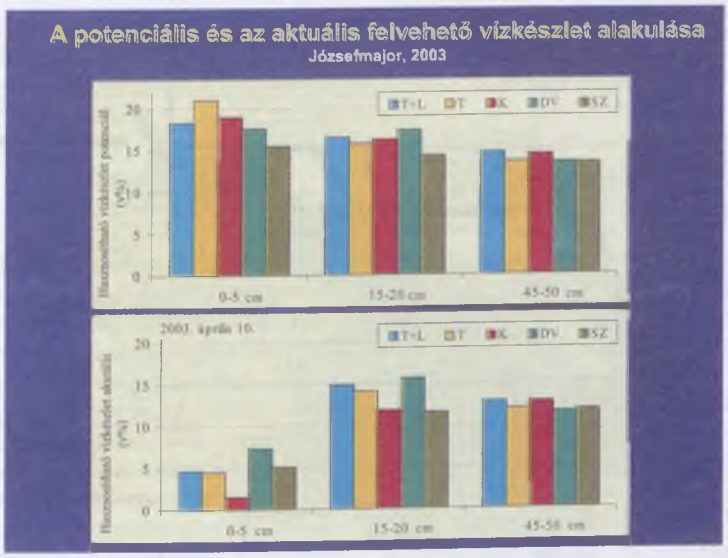
A talaj nedvességtartalmának változása a feltalajban

17. ábra

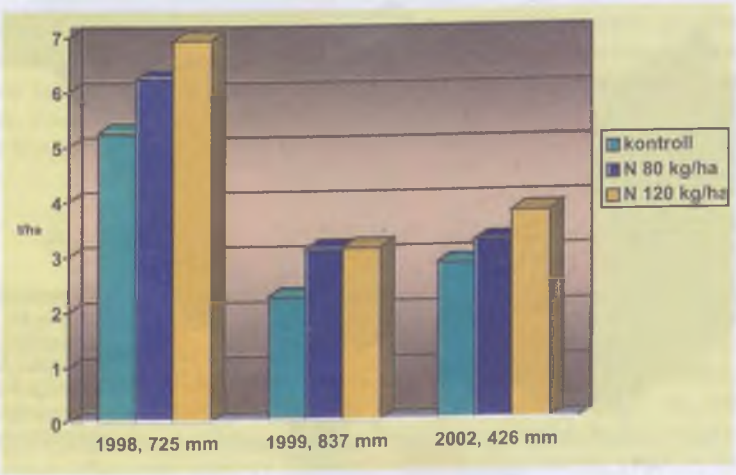


A talaj nedvességtartalmának változása az altalajban

18. ábra

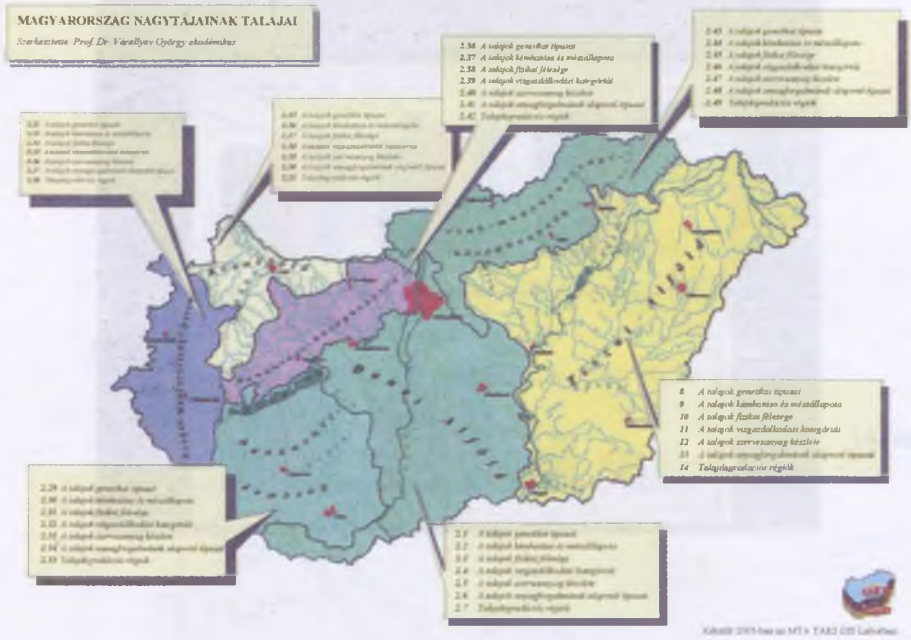


19. ábra

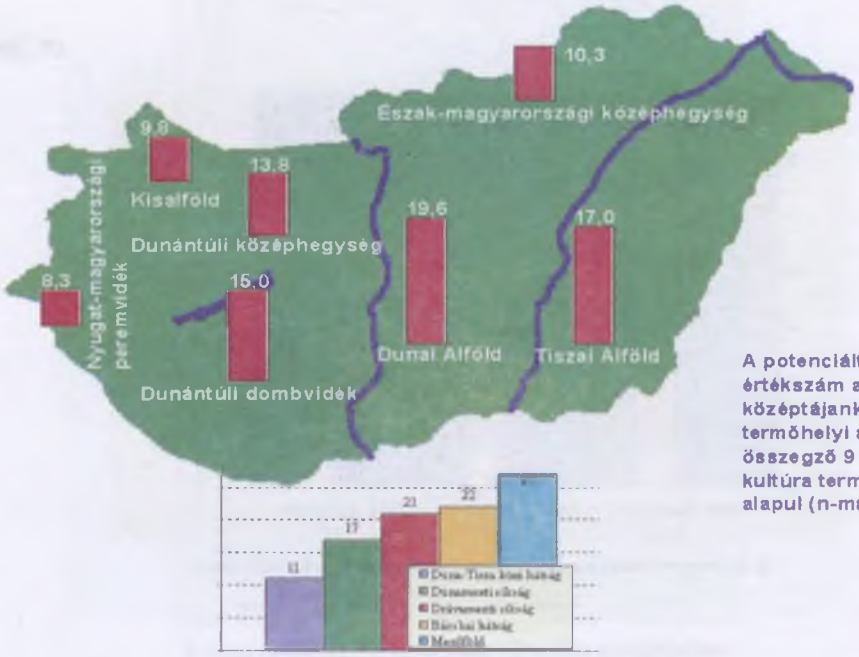


A nitrogén hatása a búza termésére eltérő évjáratokban

20. ábra



21. ábra



A potenciált kifejező értékszám a középtájanként termőhelyi adottságok összegző 9 szántóföldi kultúra terméshozamai alapul (n-max. 27).

AZ ÉGHAJLATI VÁLTOZÉKONYSÁG ÉS A TERMÉSZETES PERIÓDUSOK

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN – VARGA ZOLTÁN

Összefoglalás

Az éghajlat legfontosabb tulajdonsága a változékonyság. Ez a változékonyság részint az éven belüli, úgynevezett évszakos változásokban nyilvánul meg, részint pedig az évek közötti ingadozásokban. Az éghajlat a mezőgazdasági termelésnek egyrészt feltételrendszere és erőforrása, másrészt kockázati tényezője, az éghajlat éven belüli és évek közötti változékonysága jelentősen hat a mezőgazdasági termelésre.

Az éghajlat elsősorban a termikus és hidrikus tényezőkön keresztül fejti ki a növényekre gyakorolt hatását. A termikus tényezők mindenekelőtt meghatározzák, hogy egy adott helyen termeszthető-e egy növény, s ha igen, akkor az év mely időszakában termeszthető. Az éghajlat változékonyságába beletartozik az is, hogy a hőmérséklet változása befolyást gyakorol a növények számára szükséges hőmérsékletű időszak kezdetének, végének és hosszának alakulására. Általában az 5 fok feletti időszakot szokták a vegetációs periódusnak tekinteni, mert ekkor már a hűvös kedvelő növények képesek vegetatív tevékenységet folytatni. Az évi középhőmérséklet 1 fokos megváltozása 10–14 nap változást idéz elő az időszak hosszában, mintegy 6–8 napos eltolódást okoz az időszak kezdetében és csupán 3–6 napos eltolódást az időszak végét jelentő időpontban. Hasonlóképpen kisebb vagy nagyobb mértékű befolyást gyakorol a hőmérséklet a felmelegedési időszak, a meleg időszak, a lehűlési időszak és a hűvös időszak hosszára is.

A hőmérséklet mellett a vízbevételt jelentő csapadék és a vízkiadást legerősebben befolyásoló párolgás szerepe jelentős. A kettő egymáshoz való viszonya alapján elhatárolhatók egymástól azok az időszakok, amelyekre a víztöbblet és azok az időszakok, amelyekre a vízhiány a jellemző. A vízhiányos időszak hossza hazánkban nagyjából egybeesik az 5 fok feletti vegetációs időszakkal. Ezt az időszakot a szárazsági index értékeivel jellemeztük. Ennek alapján hazánkban a délnyugati országrész tekinthető a legnedvesebbnek, a középső, déli országrész pedig a legszárazabbnak.

BEVEZETÉS

Az éghajlat a légkör állapotát hosszabb távon jellemző rendszer, amely meghatározott határok között állandóan változik. Mivel az éghajlatot átlagokkal szokták leírni, érthető módon kialakult az a felfogás, hogy az éghajlat közel állandó. Napjainkban azonban már általánosan elfogadott, hogy az éghajlat alapvető tulajdonsága a változékonyság (*Wittwer, 1995*). A változékonyság nemcsak térben tapasztalható, hanem egy adott helyen időben is. Ez utóbbi felismerhető, mint éven belüli változékonyság és mint évek közötti változékonyság.

Az éghajlat növénytermesztésre gyakorolt hatása kettős. Egyrészt feltételrendszer és erőforrás, másrészt kockázati tényező. Feltételrendszer, mert az adott területen alapvetően befolyásolja, hogy milyen növények termeszthetők és az év melyik időszakában. Erőforrás, mert a növények a fotoszintézishez szükséges szén-dioxidot közvetlenül a levegőből veszik fel, a vizet és a

fotoszintézishez szükséges energiát pedig a levegő által szabályozott módon kapják. A légkör tehát a zöld növények számára az alapvető alapanyagok (szén-dioxid és víz) és az energiaáramlás közege. Kockázati tényező, mert az egyes éghajlati elemek extrém értékei a növényi élet szempontjából károsak vagy pusztító hatásúak lehetnek (*Varga-Haszonits, 2003*).

Először a feltételrendszert vizsgáltuk. Megvizsgáltuk hogyan változnak azok a hőmérséklet és nedvesség által meghatározott természetes periódusok, amelyek lehetővé teszik a növénytermesztést. Mindenekelőtt azokat a periódusokat elemeztük, amelyben a hőmérséklet lehetővé teszi bizonyos növények termesztését. Majd megvizsgáltuk, hogy ezekben az időszakokban hogyan alakulnak a termesztéshez szükséges nedvességi viszonyok.

A HŐMÉRSÉKLET ÁLTAL MEGHATÁROZOTT TERMÉSZETES PERIÓDUSOK

A légkör, mint az élőhely része, amelynek keretében a mezőgazdasági termelés is végbemegy, meghatározza azt, hogy az adott helyen milyen növények termeszthetők, s azt is, hogy az év mely időszakában (*Varga-Haszonits 1981; Varga-Haszonits – Boncz, 1985*). Ezt a befolyását a légkör elsősorban a napsugárzás energiájától függő hőmérsékleten és létszükségletű vízen keresztül fejti ki. Ahhoz ugyanis, hogy egy helyen egy növény termeszthető legyen, mindenekelőtt a növény igényeinek megfelelő hőmérsékleti viszonyoknak kell lenniök, s az élettevékenységhez nélkülözhetetlen víznek is rendelkezésre kell állnia.

A termőhelyre érkező, napsugárzásból származó energia. A Föld Nap körüli keringése és tengely körüli forgása következtében a Napból érkező energia mennyisége – a mérsékelt övben – az év folyamán folyamatosan változik. Alacsony napállás és rövid nappalok idején érkezik a legkevesebb, magas napállás és hosszú nappalok idején a legnagyobb energiamennyiség. S a kettő között létezik két átmeneti időszak: az egyikben fokozatosan emelkedik, a másikban fokozatosan csökken a leérkező energiamennyiség. Attól függően azonban, milyen szélességi körön vagyunk, a napsugarak meredekebben vagy laposabban esnek a földfelszínre, s ennek megfelelően a leérkező energia mennyisége is különböző lesz.

Hazánk első méréseken alapuló sugárzási tanulmánya (*Major, 1976*) jó tájékozódást ad a sugárzáshoz kapcsolódó meteorológiai paraméterek tér- és időbeli változásairól. A napfénytartam, a globálsugárzás, a szórt sugárzás és az albedó havi adatainak eloszlását, valamint a sugárzási egyenleg havi változását mutatja be. Magyarország évi éghajlati energiamérlegéről egy későbbi tanulmány (*Major et al., 2002*) ad részletes és átfogó áttekintést.

Az említett tanulmányok eredményeinek szem előtt tartásával meghatároztuk az átlagos napi energiamennyiség évi változását, amely egy polinommal jól leírható. Az 1. ábrán látható, hogy hazánkban még a téli hónapokban is leérkezik napi 3 MJ/m^2 energia, a vegetációs periódusban pedig több mint 10 MJ/m^2 naponta. Ez az energia határozza meg a légköri viszonyokat és biztosítja a növényzet számára a fotoszintézishez szükséges energiamennyiséget.

Az energiamennyiség évi változása – többek között – meghatározza olyan, a mezőgazdasági termelés szempontjából fontos elemek, mint a hőmérséklet, a légnedvesség és a párolgás évi alakulását is. S ezzel kialakítja a légköri viszonyoknak azt a rendszerét, amelyben a mezőgazdasági termelés végbemegy.

A hőmérsékletileg meghatározott természetes periódusok. Az első gyakorlati szempontból fontos kérdés az, hogy egy adott hely meteorológiai viszonyai milyen növények termesztését teszik lehetővé. E kérdésre adandó válasz elméleti alapját az képezi, hogy ismeretes a termesztett növények élettevékenységéhez szükséges küszöbhőmér-

séklet, amely feletti értékek esetén a növény képes élettevékenységet folytatni, s azt is tudjuk, hogy a vetéstől az érésig hány tenyésznapra van szükség. Ennek ismeretében pedig meghatározható a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus, amely a növény élettevékenységéhez szüséges küszöbérték tavaszi átlépésétől annak őszi átlépéséig tart (*Varga-Haszonits et al., 1996*). E két átlépési időpont közötti időszak megadja a hőmérsékletileg lehetséges tenyésznapok számát (HLVP). Ha ez több, mint a ténylegesen szükséges tenyésznapok száma (VP), akkor a vizsgált növény az adott helyen termeszthető. A termeszthetőség kritériuma tehát az, hogy fennálljon a következő egyenlőtlenség:

$$HLVP \geq VP \qquad (1)$$

Ez azt jelenti, hogy egy adott helyen egy növény akkor termeszthető, ha a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hossza ugyanakkora vagy nagyobb, mint a tényleges vegetációs periódus hossza.

A termesztett növények tényleges vegetációs periódusának hossza ismeretes. A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus meghatározásához pedig elegendő a hőmérséklet évi menete. Ebből, a bázishőmérséklet ismeretében meghatározható a hőmérsékletileg lehetséges tenyésznapok száma. Az év egyes napjainak középhőmérsékletét feltüntető 2. ábrán a ponthalmaz vonulását ugyancsak egy polinommal írhatjuk le. A Statistica 6 program segítségével a függvény értékei meghatározhatók, s abból az egyes küszöbhőmérsékletekhez tartozó bekövetkezési időpontok leolvashatók.

Az 5 fok feletti hőmérsékletű időszak. Az elemzést 12 meteorológiai állomás (Budapest, Debrecen, Iregszemcse, Kaposvár, Kecskemét, Miskolc, Nyíregyháza, Pápa, Pécs, Szeged, Szombathely és Zalaegerszeg) havi adatai alapján végeztük el. Látható a 2. ábrán, hogy az 5 foknál magasabb hőmérsékletű időszak magába foglalja a felmelegedési időszakot, a meleg időszakot és a lehűlési időszakot. Lényegében ennek az időszaknak a kezdetén a hűvös kedvelő növények megkezdik vegetatív tevékenységüket. Ezért szokták ezt az időszakot a lehetséges vegetációs periódussal azonosítani.

Az időszak kezdetének, végének és tartamának 120 évi átlagait az 1. táblázat tartalmazza. Az időszak kezdetének és végének időpontjai az év napjainak sorszáma szerint vannak megadva, a tartam hossza pedig napokban van feltünteve. Látható a táblázatból, hogy az egyes értékek eloszlását elsősorban a földrajzi szélesség határozza meg. Az 5 fokos időszak legkorábban a déli fekvésű Pécsett és Szegeden kezdődik, s végül a leginkább északi fekvésű Nyíregyházán és Miskolcon fejeződik be. Hasonló mondható el az időszak befejeződéséről is, természetesen fordított sorrendben. Először az északkeleti Nyíregyházán fejeződik be ez az időszak. Emellett még a hűvösebb nyugatmagyarországi területek is a korai befejeződéshez tartoznak. S végül a legdélibb fekvésű Szegeden és Pécsett ér véget legkésőbb. Az elmondottakat tükrözik az időszak hosszának adatai is. Leghosszabb az időszak a déli területeken, a legrövidebb pedig az északi fekvésű területeken és a hűvösebb nyugati területeken.

Az értékek évek közti ingadozásai azt mutatják, hogy az időszak hossza az utóbbi 20 évben hosszabbodott. Ez oly módon alakult ki, hogy az időszak hangsúlyozottabban előbb kezdődik, ugyanakkor az időszak befejeződése kissé korábban következik be, ennek következtében a tartam kis mértékben fokozatosan hosszabbodott.

Az időszak kezdetének, végének és tartamának alakulására a hőmérséklet van a legnagyobb hatással. Különösen szoros a kapcsolat a hőmérséklet és az időszak tartama között, mivel a korrelációs koefficiensek 0,50 és 0,70 között változnak. Szoros még a kapcsolat a hőmérséklet és az időszak kezdete között: 0,45 és 0,56 közötti korrelációs koefficiensekkel. Az időszak befejeződése csak kisebb mértékben függ a hőmérséklet-

től, a korrelációs koefficiensek 0,20 és 0,50 között ingadoznak.

Ez a hőmérsékleti hatás azt jelenti, hogy 1 fokos hőmérséklet változás 10–14 nap változást idéz elő az időszak hosszában, mintegy 6–8 napos eltolódást okoz az időszak kezdetében és csupán 3–6 napos eltolódást az időszak végét jelentő időpontban.

Felmelegedési időszak. Az időszak hossza hazánkban 55 és 65 nap között ingadozik (1. táblázat). Érdekes módon ennek a változásnak az iránya északkelet-délnyugat irányú. Az északkeleti országrészben a legrövidebb a felmelegedési időszak, a délnyugati országrészben pedig a leghosszabb. A délnyugati országrészben a tapasztalható lassúbb felmelegedés valószínűleg több tényező együttes hatásának az eredménye, mivel az egyes elemek értékeiben nem mutatható ki jelentős eltérés.

A felmelegedési időszak hossza az eltelt 120 évben váltakozva mutatott emelkedő és süllyedő tendenciát megközelítőleg azonos hosszúságú szakaszokkal. Az elmúlt 20 évben a felmelegedési időszak hossza fokozatosan csökkent, a tavaszi felmelegedés üteme tehát gyorsabbá vált.

A hőmérséklet és a felmelegedési szakasz hossza közötti kapcsolat korrelációs koefficiensei alacsonyak voltak (0,01–0,20 között ingadoztak). Lényegében tehát nem volt szignifikáns kapcsolat.

A 15 fok feletti hőmérsékletű időszak. Hazánkban nem várható, hogy minden évben legyen egy tartósan 20 fok feletti időszak, így a 15 fok feletti hőmérsékletű időszak az év legmelegebb időszaka.

Látható az 1. táblázatból, hogy hazánk nagy részén átlagosan május első dekádjában számítani lehet arra, hogy a napi középhőmérsékletek 15 fok fölé emelkednek. A legkorábban déli megyékben lehet számítani arra, hogy a 15 fok feletti hőmérsékletű napok elkezdődnek, a legkésőbben pedig a hűvösebb északi és nyugati területeken. Különösen feltűnő az, hogy a nyugati területeken később következik be a napi középhőmérsékletek 15 fok fölé emelkedése, mint az északi megyékben. Ez utóbbi területeken a lassúbb tavaszi felmelegedés elsősorban a 15 fok átlépésének későbbre tolódásában mutatkozik meg, amit feltételezhetően a tengeri éghajlat felmelegedést mérséklő hatása idéz elő.

Az ország északi-északkeleti területein már szeptember második dekádjában megkezdődik a hőmérséklet 15 fok alá csökkenése. A déli területeken a napi középhőmérsékletek 15 fok alá süllyedése szeptember harmadik dekádjára tolódik.

Az időszak tartama gyakorlatilag 120 és 145 nap között változik. A legrövidebb az időszak a nyugati területeken, azután az északi és a középső országrészek következnek. A leghosszabb időszakokat a déli területeken találunk.

A meleg időszak évenkénti ingadozása jelentős változásokat mutatott az elmúlt 120 évben (3. ábra). A 19. század végén és a 20. század elején eleinte emelkedő, majd csökkenő tendenciát találunk. Ez az ingadozás azonban kisebb mértékű volt. Ezt követően 1910 és 1940 között volt egy emelkedő tendenciájú időszak, majd 1940 és 1980 között ismét egy süllyedő tendenciájú időszak következett. Az 1980-as évektől a meleg időszak hosszának újbóli fokozatos növekedése volt tapasztalható. A legmelegebb időszakok 1930 és 1950 között fordultak elő. Láthatjuk azonban az ábrán, hogy az egyes emelkedő vagy csökkenő tendenciájú időszakokban is találunk ellenkező tendenciájú szakaszokat is.

Az évi középhőmérsékletek és a meleg időszak hossza közötti összefüggés korrelációs együtthatói 0,44 és 0,60 között változnak. A lineáris kapcsolatot figyelembe véve az évi középhőmérséklet 1 fokos változása a meleg időszak hosszának 7–10 napos változását idézi elő.

Lehűlési időszak. Ennek az időszaknak a hossza általában néhány nappal rövidebb, mint a felmelegedési szakasz (1. táblázat). Tehát az őszi lehűlés valamivel lassúbbnak látszik, mint a tavaszi felmelegedés. A lehűlési időszak átlagos hossza 53 és 59 nap

között változik. Ezen átlagértékek körül azonban jelentős ingadozások fordulhatnak elő. A leghosszabb lehűlési szakaszok hossza 80 és 95 nap között ingadozik, míg a legrövidebb szakaszok hossza 20 és 40 nap között változik.

Ez az időszak számos növény érésének és betakarításának, valamint az őszi gabonák vetésének időszaka. Mezőgazdasági szempontból fontos tehát, hogy az egyes években mennyi ideig tart ez az időszak. A vizsgált 120 évben jelentős ingadozási tendenciák nem voltak, csak kisebb hullámzásokat lehetett tapasztalni. A tendenciákat jellemző értékek általában az átlagértékeknek megfelelő 50–60 napos intervallumban mozogtak. A vizsgált időszak utolsó 10 évében (1991–2000) emelkedő tendenciát lehetett megfigyelni.

Az évi középhőmérsékletek és a felmelegedési időszak hossza között csak gyenge kapcsolat van.

Hűvös időszak. Ezt az időszakot az 5 foknál alacsonyabb középhőmérsékletű napok jellemzik. Az 1. táblázat utolsó oszlopában látható, hogy az időszak átlagos hossza 110 és 130 nap között ingadozik. A leghosszabb szakaszok 140–160 nap hosszúságúak is lehetnek, míg a legrövidebbek csupán 70–95 nap hosszúságúak.

A hűvös időszak évenkénti ingadozásaiban 1881 és 1910 között található egy enyhe csökkenési tendencia, majd 1910 után hozzávetőlegesen 1990-ig gyakorlatilag nem volt kimutatható tendencia, végül 1990 után egy csökkenő tendencia vált észrevehetővé.

Az évi középhőmérséklet és a lehűlési időszak hossza között sincs szoros kapcsolat.

A NEDVESSÉG ÁLTAL MEGHATÁROZOTT TERMÉSZETES PERIÓDUSOK

A nedvességi viszonyok jellemzésére célszerű mind a vízbevételt, mind pedig a vízkiadást befolyásoló tényezőket figyelembe venni. Tekintettel a vizsgált időszak hosszára, legegyszerűbben a fő vízbevételt jelentő csapadékot, s a vízkiadást legerőteljesebben befolyásoló párologtatóképességet (potenciális párolgást) tudjuk felhasználni a nedves és a száraz időszakok éghajlati szempontú elkülönítésére (*Varga-Haszonits et al., 1997*).

A csapadék. A csapadék az egyik legváltozékonyabb elem. Mezőgazdasági szempontból mind az éven belüli eloszlása, mind pedig az évek közötti ingadozásai jelentősek. Az éven belüli változékonyság megszabja, hogy az egyes évszakoknak milyen lesz a vízbevétele, az évek közötti változékonyság pedig azt mutatja meg, hogy az egyes években milyen vízbevétel mellett növekedtek a növények.

Amint a 4. ábrán láthatjuk, a csapadéknak az év elején van a minimuma. Általában február hónapban esik a legkevesebb csapadék, de az összes téli hónapban és márciusban is kevés csapadék hull. Február hónapban nem szokatlan jelenség, hogy egyáltalán nem esik csapadék. Márciustól a havi csapadékösszegek folyamatosan növekszenek egészen júniusig, amikor a csapadéknak maximuma van. Még július és augusztus hónapokban is jelentős csapadékkal lehet számolni, azonban a csapadék jelentős része ekkor záporok formájában hull le, vagyis esetleg néhány nap alatt leesik a teljes havi csapadékmennyiség. Ezután szeptember és október hónapokban egy másodlagos minimummal kell számolni. Ebben a két hónapban viszonylag gyakrabban előfordul, hogy egyetlen milliméter csapadék sem esik a hónap folyamán. Ezt követeően novemberben kissé megemelkedik a havi csapadékmennyiség, ezért itt egy másodlagos maximum jelenik meg. Decemberben tovább csökken a havi csapadék, közeledik a január-februári minimumhoz, amikor a 120 évi átlagértékek közel vannak a 30 milliméterhez.

A csapadék évek közötti ingadozása is jelentős. A vizsgálatot ugyancsak a már említett 12 állomás adatai alapján végeztük el. A 120 évi csapadék-adatsor értékei az

ingadozások tendenciájaként lassú, fokozatos csökkenést mutatnak, ami lineáris trendet alkalmazva 10 évenként 8 milliméteres csökkenésnek felel meg. Ugyanakkor azt is meg kell említeni, hogy az 1980-as évektől a változások tendenciája – ha kis mértékben is, de – emelkedővé vált.

A párologtató-képesség. A párologtatóképességet vagy a gyakrabban használt meghatározással, a potenciális párolgást a metorológiai állomásokon „A" káddal mérik. Azonban nincs minden metorológiai állomáson „A" kád mérés, ezért agroklimatológiai célokra *Dunai et al. (1968; 1969)* egy általánosan használható modellt dolgoztak ki. A múlba visszanyúló hosszabb idősorok pedig kizárólag csak számítás útján állíthatók elő (*Bussay et al., 1993*). A számítási formulákat meteorológiai állomásonként határoztuk meg és az 1951–1990 közötti hőmérséklet-párologtatóképesség összefüggésre alapoztuk. A kapott másodfokú összefüggések korrelációs hányadosai 0,96 és 0,98 között mozognak.

Ezen összefüggések alapján a vizsgált 12 állomásra előállítottuk a párologtatóképesség havi összegeinek 120 évi adatsorát (1881–2000). A párologtatóképesség évi menete, mint az a hőmérséklettel való szoros összefüggésből is következik, jól követi a hőmérséklet évi menetét (4. ábra). Látható az ábrán, hogy a csapadék évi menete és a párologtatóképesség évi menete alapján az év elkülöníthető egy olyan időszakra, amikor a párologtatóképesség értéke meghaladja a csapadék értékét. Ez az időszak nagy vonalakban március utolsó dekádjától október első dekádjáig tart. Mivel ekkor kevesebb csapadék hull, mint amennyit a levegő képes elpárologtatni, ezt az időszakot száraz időszaknak tekinthetjük. Ez az időszak nagyjából átfedi az egyes növények vegetációs periódusát A másik időszakot október első dekádja és március utolsó dekádja között az jellemzi, hogy – bár a csapadék minimumban van – mégis több csapadék hull, mint amennyit a levegő képes elpárologtatni. Ez a nedves időszak, amelynek folyamán, a gyenge párologtatás miatt, a lehullott víz felhalmozódásával lehet számolni, s ennek következtében a talaj nedvességtartalma fokozatosan feltöltődik.

A szárazsági index. A szárazság számszerű jellemzésére az agroklimatológiában többféle módszert is szoktak használni (*Varga-Haszonits et al., 2000*). Jelen munkában egyszerűsége és közérthető fizikai jelentése miatt a szárazsági indexet használjuk. Ehhez a vízbevételt jelentő csapadékot (P) nagyon sok helyen mérik. A vízveszteséget legjobban befolyásoló párologtatóképességet vagy potenciális párolgást (E_0) pedig az ugyancsak minden meteorológiai állomáson mért hőmérséklet segítségével viszonylag egyszerűen meg lehet határozni. E kettő hányadosa, az ariditási index (ARI)

$$ARI = \frac{E_0}{P} \qquad (2)$$

egy olyan értéket határoz meg, amely azt mutatja meg, hogy a levegő az adott időszak alatt a lehullott csapadék hányszorosát tudná elpárologtatni. Az agroklimatológiában ezt az indexértéket már régóta széleskörűen használják (*Budiko, 1956; Walter, 1979*).

Ezt az értéket elsősorban a havi átlagos párologtatóképesség- és csapadékösszegek alapján célszerű meghatározni. Ekkor gyors és jó áttekintést kapunk a nedvességi viszonyok éven belüli alakulásáról. Ezt a vizsgálatot már elvégeztük az 1951–1995 közötti időszakra vonatkozóan (*Varga-Haszonits, 2002*). Most az elemzést az 1881–2000 közötti időszakra terjesztettük ki. A már említett megfigyelő állomásokra vonatkozóan 120 évi átlagok alapján kapott értékeket a 2. táblázat mutatja. Látható a táblázatból, hogy hazánkban a november, december, január és február hónapokban sokévi átlagban több csapadék hull, mint amennyit a levegő képes elpárologtatni. Ezek a hónapok tehát a nedves időszakot jelentik. Tulajdonképpen még a március hónap is a nedves időszakhoz tartozik, hiszen csak Szegeden adódott 1-es

indexérték, ami azt jelenti, hogy éppen annyi csapadék hullott, amennyit a levegő képes volt elpárologtatni, tehát sem nem növekedett a nedvesség, sem nem csökkent. Emellett az ország hűvös és nedves délnyugati területein még az október hónap is nedves hónapnak mutatkozik, vagyis olyannak, amikor a levegő csak egy bizonyos hányadát tudja elpárologtatni a lehullott csapadéknak. Látható a táblázatból, hogy a január hónap tekinthető a legnedvesebb hónapnak, amikor országos átlagban a levegő csak a lehullott csapadéknak mindössze 16%-át képes elpárologtatni (ARI = 0,16).

A tavasztól fokozatosan növekvő felmelegedés hatására a levegő a lehullott csapadék egyre nagyobb részét képes elpárologtatni. Majd március végétől, április elejétől már a szárazsági index értéke 1 fölé emelkedik, ami azt jelenti, hogy az elpárolgó vízmennyiség meghaladja a lehullott vízmennyiséget. Ez az időszak tekinthető – mint korábban is említettük már – száraz időszaknak. Az index értéke fokozatosan növekszik a júliusi maximumig. A két legmelegebb nyári hónapban, valamint szeptemberben a lehullott csapadéknak több mint kétszerese is képes lenne elpárologni. Ezek tehát a legszárazabb hónapjaink. A száraz időszak október végén november elején fordul át ismét nedves jellegű szakaszba.

A szárazsági index évi értékei is jelentős ingadozásokat mutatnak az egyes megfigyelő állomásokon. Az ország délnyugati, csapadékos és hűvös területein vannak olyan évek, amikor az évi csapadékmennyiségnek csak 60–80%-át képes elpárologtatni a levegő. S ugyanakkor a legszárazabb években sem éri el az index értéke Zala és Vas megyében a 2-es értéket. Általában az ország középső, déli területein nem várható olyan év, amikor több csapadék hull egy évben, mint amennyit a levegő képes elpárologtatni. Ugyanakkor itt a száraz években az évi csapadékmennyiség 3–5-szörösét is képes lenne a levegő elpárologtatni. Az ország többi területein várhatóak olyan évek, amikor a nedvességi index értéke 1 alatt marad. A legszárazabb években pedig 2 és 3 között mozog.

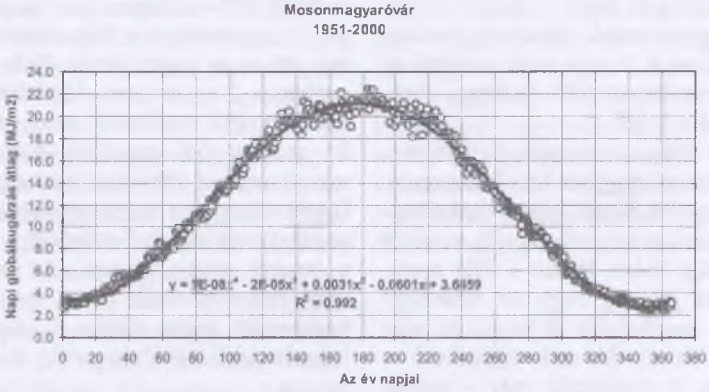
A szárazsági index évi ingadozásában említésre méltó tendencia nem mutatható ki. Az értékek országos átlagban többnyire 1 és 2 között ingadoznak.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BUDIKO, M. I. (1956): Tyeplovoj balansz zemnoj poverhnosztyi. Gidrometeoizdat, Leningrád. (2) BUSSAY A. – VARGA-HASZONITS Z. – LAMBERT K. (1993): A párologtatóképesség számítása hosszú sorozatokra. Beszámolók az 1989-ben végzett tudományos kutatásokról, OMSz, Budapest, 136–143. pp. (3) DUNAI S. – POSZA I. – VARGA–HASZONITS Z. (1968): Egyszerű módszer a tényleges evapotranspiráció és a talaj vízkészletének meghatározására. I. A párolgás meteorológiája. Öntözéses Gazdálkodás, VI. kötet, 2. szám, 39–48. pp. (4) DUNAI S. – POSZA I. – VARGA-HASZONITS Z. (1969): Egyszerű módszer a tényleges evapotranszpiráció és a talaj vízkészletének meghatározására. II. Tényleges párolgás. Öntözéses Gazdálkodás, VII. kötet, 2. szám, 27–38. pp. (5) MAJOR GY. szerk. (1976): A napsugárzás Magyarországon 1958–1972. OMSz Hivatalos Kiadványa, Magyarország éghajlata 10. szám. 78 p. (6) MAJOR GY. – NAGY Z. – TÓTH Z. (2002): Magyarországi éghajlat-energetikai tanulmányok. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai 9. szám. 52. p. (7) VARGA-HASZONITS Z. (1981): A növények termeszthetőségének agroklimatológiai feltételei. Beszámolók az 1979-ben végzett tudományos kutatásokról, OMSz Hivatalos Kiadványai, LIII. kötet, 45–51. pp. (8) VARGA-HASZONITS Z. – BONCZ J. (1985): A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus Magyarországon. Földrajzi Közlemények, 318–327. pp. (9) VARGA-HASZONITS Z. – PORPÁCZY A. – SCHMIDT R. (1996): Agroclimatological analysis of natural periods and growing seasons. Időjárás, Vol. 100, No. 1–3, 207–218. pp. (10) VARGA-HASZONITS Z. – SCHMIDT R. – BURUCZKY F. (1997): Dry and wet spells in Hungary and their effect on crop production. Environmental Protection in Agriculture of the Carpatian Basin, VOL. XXIX., MOSONMAGYARÓVÁR.

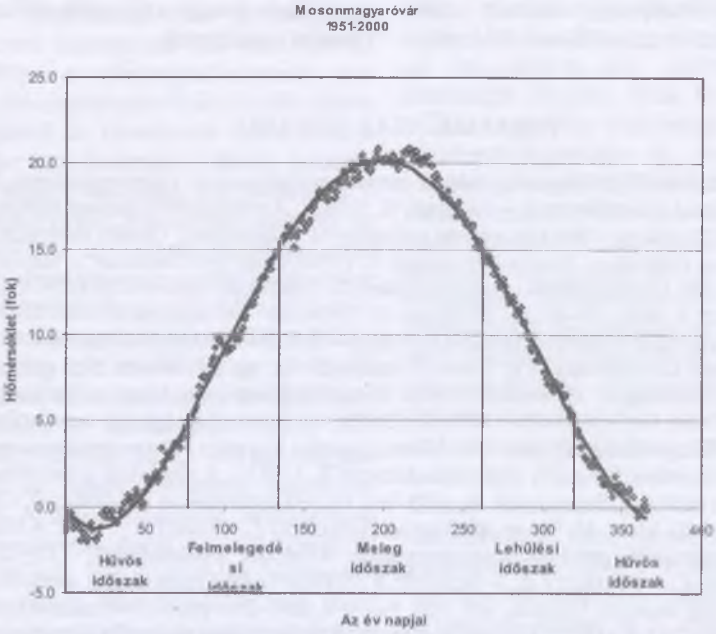
(11) VARGA-HASZONITS Z. (2000): Water supply of growing seasons and maize production. Időjárás, Vol. 106, No. 3–4, 89–101. pp. (12) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS ZS. – VÁMOS O. – SCHMIDT R. (2000): Magyarország éghajlati erőforrásainak agroklimatológiai elemzése. Lóriprint, Mosonmagyaróvár, 223. p. (13) VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati szcenáriók. „AGRO-21" Füzetek, 31. szám, 9–28. pp. (14) WALTER, H. (1979): Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere. Second edition. Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin. 274 p. (15) WITTWER, S. H. (1995): Food, Climate, and Carbon Dioxide. The Global Environment and World Food Production. Lewish Publishers, New York, 236. p.

1. ábra



A napsugárzás évi menete

2. ábra



A hőmérséklet évi menete alapján elkülöníthető természetes periódusok

1. táblázat

A hőmérsékletileg meghatározott természetes periódusok jellemző értékei

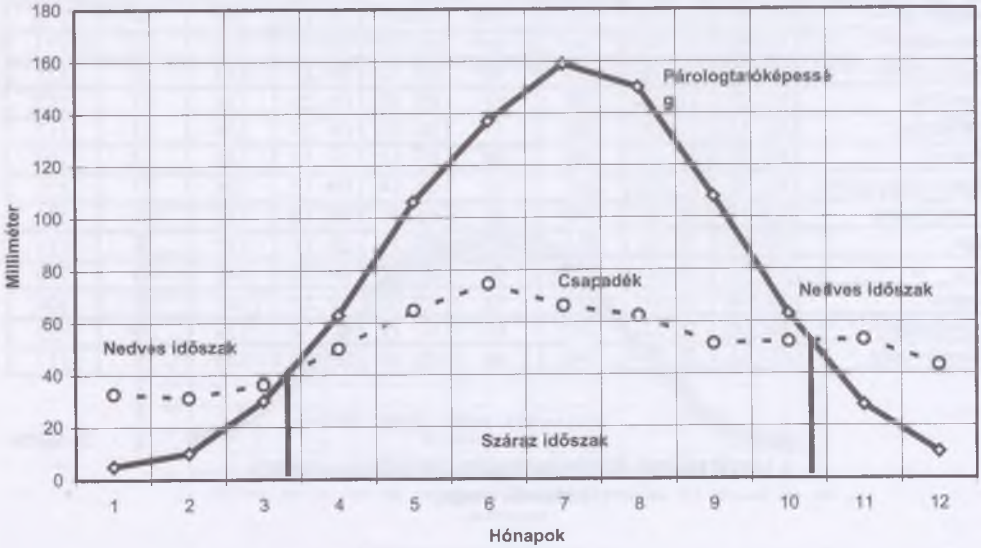
Állomás	5 fok feletti időszak			Felm.	15 fok feletti időszak			Lehűl.	Hideg
	kezdet	vég	tartam	időszak	kezdet	vég	tartam	időszak	időszak
Budapest	03. 09.	11. 16.	252	59	05. 07.	09. 27.	140	54	113
Debrecen	03. 15.	11. 14.	244	55	05. 09.	09. 20.	134	55	121
Iregszemcse	03. 11.	11. 16.	250	60	05. 10.	09. 21.	134	56	115
Kaposvár	03. 09.	11. 18.	253	61	05. 09.	09. 22.	135	57	112
Kecskemét	03. 12.	11. 15.	249	57	05. 07.	09. 23.	138	53	117
Miskolc	03. 17.	11. 15.	240	56	05. 12.	09. 19.	130	54	126
Mosonmagyaróvár	03. 13.	11. 13.	245	62	05. 14.	09. 17.	126	57	121
Nyíregyháza	03. 17.	11. 12.	240	55	05. 11.	09. 18.	130	55	125
Pápa	03. 10.	11. 16.	251	62	05. 11.	09. 21.	133	56	114
Pécs	03. 07.	11. 18.	256	61	05. 07.	09. 26.	142	53	110
Szeged	03. 08.	11. 19.	255	58	05. 05.	09. 27.	145	53	109
Szombathely	03. 16.	11. 12.	240	62	05. 18.	09. 14.	119	59	125
Zalaegerszeg	03. 11.	11. 14.	248	64	05. 14.	09. 17.	126	58	117

3. ábra

A meleg időszak hosszának évenkénti ingadozásai az elmúlt 120 évben

4. ábra

A csapadék és a párologtatóképesség országos átlagai
1881-2000



A párologtatóképesség és a csapadék évi menete által meghatározott száraz és nedves időszakok

2. táblázat

A szárazsági index átlagértékei (1881–2000)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Év
Budapest	0,17	0,36	0,95	1,48	1,89	2,37	3,33	3,63	2,86	1,44	0,55	0,24	1,72
Debrecen	0,13	0,27	0,82	1,38	1,78	1,88	2,54	2,59	2,55	1,30	0,54	0,21	1,50
Iregszemcse	0,17	0,32	0,81	1,24	1,58	1,80	2,44	2,16	1,89	1,13	0,49	0,24	1,33
Kaposvár	0,15	0,30	0,70	1,05	1,38	1,53	2,10	2,08	1,68	0,99	0,44	0,21	1,16
Kecskemét	0,17	0,35	0,91	1,45	1,99	2,28	3,29	3,33	2,72	1,48	0,57	0,25	1,74
Miskolc	0,14	0,26	0,87	1,33	1,62	1,63	2,27	2,31	2,15	1,27	0,52	0,18	1,41
Nyíregyháza	0,10	0,24	0,90	1,44	1,88	1,90	2,45	2,35	2,33	1,36	0,54	0,20	1,50
Pápa	0,19	0,38	0,76	1,21	1,58	1,86	2,03	2,12	1,81	1,13	0,53	0,23	1,32
Pécs	0,19	0,39	0,86	1,17	1,65	1,93	2,80	2,73	2,29	1,17	0,56	0,27	1,46
Szeged	0,20	0,38	1,00	1,52	2,03	2,28	3,30	3,43	2,93	1,66	0,71	0,27	1,81
Szombathely	0,14	0,36	0,67	1,06	1,28	1,44	1,56	1,59	1,50	0,93	0,44	0,22	1,11
Zalaegerszeg	0,17	0,32	0,67	0,98	1,23	1,43	1,62	1,63	1,38	0,88	0,43	0,21	1,05
Átlag:	0,16	0,33	0,83	1,28	1,66	1,86	2,48	2,50	2,17	1,23	0,53	0,23	1,43

TALAJ AZ AGRO-ÖKOSZISZTÉMÁK ALAP-ELEME

VÁRALLYAY GYÖRGY

ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarország legfontosabb feltételesen megújuló (megújítható) természeti erőforrása a talaj, amelynek ésszerű és fenntartható használata, védelme, állagának megőrzése és sokoldalú funkcióképességének fenntartása a környezetvédelem és a biomasszatermelés alapvető közös feladata, a fenntartható fejlődés egyik alapeleme, így tehát össztársadalmi érdek (Várallyay, 2000).

A talaj sokoldalú funkcióit egyre inkább és egyre sokoldalúbban hasznosítja az ember, élve (sajnos nem ritkán visszaélve) a talaj sajátos és specifikus önmegújuló képességével (soil resilience). Magyarországon a nagyon változatos talajképződési tényezők bonyolult összhatásának eredményeképpen – négy alapszekvenszbe rendezhető – mozaikosan tarka talajtakaró alakult ki, térben és időben egyaránt nagyon változó talajtulajdonságokkal. Ezekről a magyar talajtani tudomány és gyakorlat több évtizedes eredményes munkájának eredményeképpen világszínvonalú, korszerű talajtani adatbázis és térképanyag áll rendelkezésre, s nyújt lehetőséget a talajfolyamatok (talajképződési és talajdegradációs folyamatok, nedvességforgalom, elemek biogeokémiai körforgalma) tudatos, tudományosan megalapozott szabályozására.

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:

1. Talajdegradációs folyamatok.

2. Szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály).

3. Elemek (növényi tápanyagok és potenciális szennyező anyagok) biogeokémiai ciklusának kedvezőtlen irányú megváltozása.

Az agro-ökoszisztémák és a talaj környezeti érzékenységének jellemzésével, „stresszelemzésével" a káros folyamatok eredményesen szabályozhatóak: megelőzhetőek, kivédhetőek, de legalább egy ökológiai tűréshatárig mérsékelhetőek. Ezért a talajfolyamatok szabályozása a fenntartható fejlődés egyik legfontosabb kulcskérdése Magyarországon.

A TALAJ MULTIFUNKCIONALITÁSA

A talaj sokoldalú funkciói közül legfontosabbak a következők (*Várallyay, 1997, 1998b, 2002a; Várallyay – Láng, 2000*):

a) *A talaj feltételesen megújuló (megújítható) természeti erőforrás.* Ésszerű használata során nem változik irreverzibilisen, „minősége" nem csökken szükségszerűen és kivédhetetlenül. Megújulása azonban nem megy végbe automatikusan, zavartalan funkcióképességének, termékenységének fenntartása, megőrzése állandó tudatos tevékenységet követel, amelynek legfontosabb elemei az ésszerű földhasználat, agrotechnika és melioráció.

b) *A talaj a többi természeti erőforrás* (sugárzó napenergia, légkör, felszíni és felszínalatti vízkészletek, geológiai képződmények, biológiai erőforrások) *integrátora*

és transzformátora, életteret biztosít a talajbani mikroorganizmus tevékenységnek, termőhelyet a természetes növényzetnek és termesztett kultúráknak.

c) *A talaj a primér növényi biomasszatermelés alapvető közege, a bioszféra primér tápanyagforrása.* Víz, levegő és a növény számára hozzáférhető tápanyagok egyidejűleg fordulhatnak elő ebben a négydimenziós, háromfázisú polidiszperz rendszerben, s ily módon képes a talaj a mikroorganizmusok és növények talajökológiai feltételeit – többé vagy kevésbé – kielégíteni.

d) *A talaj hő-, víz-, növényi tápanyagok és potenciálisan káros anyagok természetes raktározója.* Képes a felszín közeli atmoszféra hőmérsékleti szélsőségeit – bizonyos mértékig – kiegyenlíteni; a mikroorganizmusok és növények – bizonyos szintű – víz- és tápanyagellátását a raktározott készletekből rövidebb-hosszabb ideig utánpótlás nélkül is biztosítani.

e) *A talaj a természet szűrő- és detoxikáló rendszere,* amely képes a mélyebb rétegeket és a felszín alatti vízkészleteket a talaj felszínére vagy a talajba jutó szennyeződésektől megóvni.

f) *A talaj a bioszféra nagy kiegyensúlyozó képességgel (pufferkapacitással) rendelkező eleme,* amely egy bizonyos határig képes mérsékelni, tompítani a talajt érő különböző stresszhatásokat. Ilyet természeti tényezők (légköri aszály, túlbő nedvességviszonyok, fagy stb.) is kiválthatnak. Egyre fenyegetőbbek és súlyosabbak azonban az ember által okozott különböző stresszhatások.

g) *A talaj a bioszféra jelentős génrezervoárja,* amely jelentős szerepet játszik a *biodiverzitás* fenntartásában.

h) *A talaj természeti és történelmi örökségek hordozója, konzerválója.*

A felsorolt funkciók mindegyike nélkülözhetetlen, azok egymáshoz viszonyított fontossága, jelentősége, „súlya" azonban térben és időben egyaránt nagymértékben változott az emberiség történelme során, s változik ma is. Hogy hol és mikor melyik funkciót hasznosítja az ember, milyen módon és milyen mértékben, az az adott gazdasági helyzettől, szocio-ökonómiai körülményektől, politikai döntésektől, az ezek által megfogalmazott céloktól, „elvárásoktól" függ. Sok esetben egy-egy funkció karaktere (tér- és időbeni variabilitása, változékonysága / stabilitása / kontrollálhatósága, határfeltételei, korlátai) nem – vagy nem megfelelően – került figyelembe vételre talajkészleteink különböző célú hasznosítása során. Ez pedig sajnos gyakran ésszerűtlen talajhasználathoz, a talaj kizsarolásához, megújuló képességének meghiúsulásához, az agroökoszisztémák működési zavaraihoz, súlyosabb esetben komoly környezet-károsodáshoz vezetett.

TALAJKÉPZŐDÉSI TÉNYEZŐK, TALAJOK, TALAJFOLYAMATOK SZABÁLYOZÁSA

A talajképződés tényezői

– a felszíni vagy felszín közeli geológiai képződmények (mint „anyakőzet");

– a szélsőségességekre hajlamos, szeszélyes éghajlat és időjárás;

– a nyugtalan mezo- és mikrodomborzat;

– a hidrogeológiai szempontból gyakorlatilag zárt Kárpát-medence sajátos, szélsőségességre ugyancsak hajlamos vízháztartása, az alföldek negatív vízmérlege (evaporatív medence);

– természetes növényzet (?); valamint

– az egyre erősebbé, sokoldalúbbá és kiszámíthatatlanabbá váló emberi tevékenység egyaránt igen nagy tér- és időbeni variabilitást mutatnak (*Stefanovits, 1963, 1992; Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989; Láng et al., 1983; Várallyay, 2003a; Somogyi, 1990*).

Érthető tehát, hogy ezek összhatásának eredményeképpen egy roppant változatos, gyakran mozaikosan tarka talajtakaró alakult ki, próbára téve az ökoszisztémák alkalmaz-

kodó- és tűrőképességét. A talajképződési folyamatok négy fejlődési sorba rendezhető „sorok" kialakulását eredményezték:

– idő-sor (kronoszekvensz): a zavartalan talajképződés megindulása óta eltelt idő függvényében;
– hidromorf sor (toposzekvensz, catena): a térszíni fekvés miatti eltérő nedvességviszonyok függvényében;
– kilúgzási sor: a lefelé irányuló vízmozgás intenzitásának függvényében,
– szikesedési sor: a talaj Na⁺-felhalmozódásának és formájának függvényében.

A 4 sor különböző „állomásainak" eltérő természetföldrajzi körülményei hozták létre az ország változatos talajviszonyait, ami genetikai típusukban és tulajdonságaikban egyaránt kifejezésre jut. Ennek szemléltetésére mutatjuk be Magyarország
– genetikai talajtérképét (1. ábra);
– kémhatás és mészállapotának térképét (2. ábra);
– fizikai talajféleség térképét (3. ábra);
– szervesanyag-készletének térképét (4. ábra) (*Várallyay et al., 1979, 1980*).

„Magyarország agroökológiai potenciáljának felmérése" (Láng et al., 1983; Láng – Csete, 1992; Várallyay, 2004) programok keretében – valamennyi hozzáférhető adat és információ felhasználásával – megszerkesztettük az ország termőhelyi adottságait (agroökológiai potenciálját) meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképét, amelyen 8-*jegyű kóddal az alábbi talajjellemzők kerültek feltüntetésre (Várallyay et al., 1979, 1980)*:
– a talaj típusa, altípusa (összesen 31 kategória);
– talajképző kőzet (9 kategória);
– a talaj kémhatása és mészállapota (5 kategória);
– fizikai talajféleség (7 kategória);
– a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai (9 kategória);
– szervesanyag-készlet (6 kategória);
– termőréteg vastagsága (5 kategória).

A térkép területi adatait ökológiai körzet, valamint megyei bontásban is összeállítottuk. Később a térképet két további kódszámmal egészítettük ki
– a talaj agyagásvány típusai (9 kategória);
– bonitációs talaj-értékszám (10 kategória),
s az ország 1:100 000 méretarányú alaptérképére történő felülnyomatként „Agrotopográfiai Térkép" címmel nyomtatásban is megjelentettük (*Várallyay, 1985*). A kilencvenes évek végén a térkép teljes anyaga digitális feldolgozásra került AGROTOPO Adatbázisként, s képez ma is hallatlan értéket képviselő talajtani–agroökológiai információ-forrást. Annál is inkább, mert nyitottsága révén folyamatosan bővül, gazdagodik új tartalommal, fejlődik technikailag, s szélesedik output spektruma. Sokoldalú és jó talajtani adatbázisa lehet pl. egy korszerű agroökológia programnak. Belőle szerkesztődnek tematikus talajtérképeink, épül ki szakértői rendszereink interaktív hálózata, szélesednek talajtani/talajhasználati/talajvédelmi szolgáltatásaink (*Várallyay, 1985, 1995*).

Az AGROTOPO adatbázis alapján mutatjuk be a magyarországi talajok agroökológiai szempontból legfontosabb (agroökológiai potenciálját meghatározó) tulajdonságainak területi megoszlását az 1. táblázatban (*Várallyay et al., 1980*).

A talaj funkcióképességét, funkcióinak zavartalanságát, a *talajtulajdonságok* összhatása határozza meg, ami viszont a *talajban végbemenő* anyag- és energiaforgalmi, talajképződési és talajpusztulási *folyamatok* eredménye. Érthető tehát, hogy a korszerű talajtani tudomány elsőrendű célja a *talajfolyamatok szabályozása.*

A fenntartható mezőgazdasági fejlődés környezetkímélő, EU-konform területhasználatát biztosító *talajfolyamat-szabályozás*

legfontosabb területei a következők (*Várallyay, 2000*):

a) A különböző *talajdegradációs folyamatok* (víz vagy szél okozta talajerózió; savanyodás; szikesedés; talajszerkezet leromlása, tömörödés, cserepesedés; biológiai degradáció) *megelőzése,* kiküszöbölése, megakadályozása, vagy – bizonyos tűrési határig történő – mérséklése.

b) *A talaj nedvességforgalmának szabályozása*; szélsőséges vízháztartási helyzetek (aszály–túlnedvesedés, belvízveszély) valószínűségének, gyakoriságának és mértékének csökkentése.

c) *Elemek biogeokémiai körforgalmának szabályozása.*

d) A talajban előforduló és a talajba juttatott *növényi tápelemek anyagforgalmának szabályozása* a káros környezeti mellékhatásoktól mentes, zavartalan növényi tápanyagellátás érdekében.

e) A talajban előforduló vagy különböző emberi tevékenységek „eredményeképpen" a talajba kerülő potenciálisan káros *szennyező anyagok forgalmának szabályozása* a talaj és vízkészletek szennyeződésének megelőzése, mérséklése, illetve a káros elemek és vegyületek táplálékláncba kerülésének megakadályozása érdekében.

A talajfolyamatok szabályozásának koncepció-vázlatát mutatjuk be az 5. ábrán.

A talajfolyamatok szabályozásának kiinduló lépése egy *korszerű talajtani adatbázis.* Magyarországon a talajtani tudomány és a talajfelvételezési–talajvizsgálati–talajtérképezési gyakorlat több évtizedes, jól szervezett munkásságának eredményeképpen páratlanul gazdag és nemzetközi színvonalú talajtani információanyag áll rendelkezésre és szerveződött (szerveződik) korszerű adatbázisba (*Várallyay, 2002b; Fésűs et al., 2000; Várallyay et al., 1998*). Példaképpen csupán a legutóbbi években összeállított tematikus „AGROTOPO"-Atlaszról adunk közre két ábrát. A 6. ábrán az atlasz „tartalomjegyzéke", a 7. ábrán pedig az Észak-magyarországi Középhegységre vonatkozó tematikus térképsorozat látható.

TALAJTERMÉKENYSÉGET GÁTLÓ TÉNYEZŐK, TALAJDEGRADÁCIÓS FOLYAMATOK

Magyarország talajainak minősége, termékenysége nemzetközi összehasonlításban egyértelműen kedvező. Ez a következtetés vonható le a FAO/UNESCO 1:5 000 000 méretarányú világtérképe, a FAO 1:1 000 000 méretarányú Európa-térképe, valamint a UNEP/ISRIC 1:5 000 000 méretarányú talajdegradációs világtérképe alapján egyaránt. Ez a kedvező helyzet azonban csak viszonylagos, mert Magyarországon is nagy területen korlátozzák a talaj termékenységét különböző tényezők, károsítanak különböző talajdegradációs folyamatok.

A talaj multifunkcionalitását akadályozó, a talaj termékenységét gátló legfontosabb tényezők a következők (*Szabolcs – Várallyay, 1978*):

1. Nagy homoktartalom (kis szerves- és ásványi kolloidtartalom) és kedvezőtlen következményei: gyenge víztartó képesség → aszályérzékenység; kis pufferkapacitás → szennyeződés- és (nem karbonátos talajok esetében) savanyodás-érzékenység; széleróció-érzékenység; gyenge tápanyag-szolgáltató képesség.

2. Erősen savanyú kémhatás és kedvezőtlen következményei: Al-toxicitás, tápanyagfixáció és immobilizáció; gyenge mikrobiális tevékenység.

3. Szikesedés és kedvezőtlen következményei: erős lúgosság; szélsőséges vízgazdálkodás: belvízveszély és aszályérzékenység; csekély hasznosítható vízkészlet; kedvezőtlen tápanyag-állapot.

4. Szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben.

5. Nagy agyagtartalom és kedvezőtlen következményei: szélsőséges vízgazdálkodás: belvízveszély és aszályérzékenység;

csekély hasznosítható vízkészlet; kedvezőtlen mikroorganizmus-tevékenység és tápanyag-állapot.

6. Láposodás, mocsarasodás, időszakos felszíni vízborítás.

7. Víz és szél okozta erózió és következményei: szervesanyag- és tápanyag-veszteségek.

8. Sekély termőréteg és kedvezőtlen következményei.

A tényezők vázlatos térképét mutatjuk be a 8. ábrán, területi adatait pedig a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Talajdegradációs folyamatok természeti okok miatt, vagy a sokoldalú emberi tevékenység közvetlen vagy közvetett hatásaiként: tudatos vagy nem kívánt (ismert, kiszámítható vagy váratlan) következményeiként egyaránt bekövetkezhetnek. Magyarországon a legfontosabb *talajdegradációs folyamatok* az alábbiak (*Várallyay, 1989, 1998a*):

(1) Víz és szél okozta erózió;
(2) Savanyodás;
(3) Sófelhalmozódás, szikesedés;
(4) Fizikai degradáció (talajszerkezet leromlása, tömörödés, cserepesedés)
(5) A talaj vízgazdálkodásának szélsőségessé válása (egyidejűleg fokozódó belvízveszély és aszályérzékenység);
(6) Biológiai degradáció (kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, szervesanyagkészlet csökkenése);
(7) Kedvezőtlen változások a talaj biogeokémiai körforgalmában, elsősorban növényi tápanyagforgalmában;
(8) A talaj puffer-képességének csökkenése, talajszennyeződés, „környezeti toxicitás".

A talajtermékenységet gátló tényezők és a talajdegradációs folyamatok együttes értékelése alapján megkülönböztetett régiók térképét mutatjuk be a 9. ábrán.

A Magyarországon legelterjedtebb és legnagyobb károkat okozó folyamat a *talajerózió* (10. ábra) és a *szikesedés* (11. ábra) térképeit külön is bemutatjuk.

A különböző emberi beavatkozások közvetlen vagy közvetett hatásaira bekövetkező talajdegradációs folyamatok általában nem szükségszerű és kivédhetetlen következményei az intenzív mezőgazdasági és ipari termelésnek, valamint az általános társadalmi fejlődésnek, hanem többnyire megelőzhetők, kiküszöbölhetők, de legalább bizonyos *tűrési határig* mérsékelhetők.

A talajok környezeti érzékenységének „tényező-specifikus" elemzése és értékelése éppen e *„tűrési határ"* meghatározásához nyújt egzakt tudományos alapokat. *A talajok különböző hatásokra bekövetkező degradációs folyamatokkal szemben környezeti érzékenységének jellemzésére* kialakított – EU-konform – metodológia vázlatát mutatjuk be a 12. ábrán (*Szabó et al., 1999; Várallyay, 2003b*).

A TALAJ KÖRNYEZETI STRESSZHATÁSOKKAL SZEMBENI ÉRZÉKENYSÉGÉNEK JELLEMZÉSE

A talajdegradációs folyamatok eredményes szabályozásának előfeltétele a talajok *„környezeti érzékenységének"* jellemzése (*Várallyay, 2003b*).

A talaj környezeti érzékenysége, sérülékenysége, (stressz)tűrőképessége, terhelhetősége – bár nem pontosan szinonim fogalmak – lényegében azt fejezik ki, hogy a talaj (illetve a talaj–víz–növény–felszín közeli légkör kontinuum) miképp reagál bizonyos természeti okok miatt vagy emberi tevékenység „eredményeképpen" bekövetkező (stressz)hatásokra; meddig és milyen mértékig képes e hatásokat közömbösíteni, kiegyensúlyozni, mérsékelni anélkül, hogy állagában, „minőségében" tartósan és visszafordíthatatlanul következnének be kedvezőtlen változások, s vezetnének ezek káros ökológiai következményekhez. A talaj „hatás-specifikus környezeti érzékenysége" ad választ arra, hogy a talaj (vagy ökoszisz-

téma) milyen (stressz)hatásokra várhatóan miképpen, milyen változásokkal reagál (*hatás-elemzés*). Az érzékenység pontos ismeretének birtokában az egyes hatások, illetve beavatkozások következményei – felhasználva a szimulációs modellezés és a számítógép technika nyújtotta egyre szélesebb körű lehetőségeket – *előrejelezhetőek*, s lehetőséget nyújtanak a kívánatos hatások erősítésére, elősegítésére, illetve a nem kívánatos következmények időben történő, eredményes és hatékony *megelőzésére*, kiküszöbölésére, vagy legalábbis bizonyos tűrési határig történő mérséklésére.

A talaj környezeti érzékenysége egy stressz-specifikus jellemző (a talajnak nincs általános vagy generális környezeti érzékenysége!), amit a talajtulajdonságok együttese, ill. a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok (abiotikus és biotikus transzport és transzformáció) határoznak meg. A környezeti stressz-érzékenysége *„tűrési limitjeit", „terhelhetőségi határértékeit"*, illetve a nemkívánatos/kedvezőtlen/káros környezeti/ökológiai hatásokat megelőző, kiküszöbölő, vagy legalábbis bizonyos tűrési határig mérséklő *„cél-állapotokat"*, egy tudatos környezetszabályozás (környezetvédelem, természetvédelem) nem nélkülözheti.

A talaj környezeti érzékenységének jellemzése nem nélkülözheti az alábbi információkat:

- a talaj különböző hatásokkal szembeni érzékenységének *specifikus,* szabatos *definíciója;*
- az érzékenységet kialakító, meghatározó és befolyásoló tulajdonságok/ tényezők körének számbavétele, hatásának értékelése, *hatásmechanizmusának tisztázása* (célszerűen verifikált modellekben történő megfogalmazása);
- az érzékenység pontos jellemzése és *kvantifikálása*;
- az érzékenység (és elemeinek) *térbeli megjelenítése* (térinformatika, GIS);
- az érzékenység (és elemei) időbeli változásainak *nyomon követése* (*monitoring*);
- a ható-tényezőkben prognosztizált változások vagy bizonyos tervezett beavatkozás alternatívák hatására bekövetkező érzékenység-változások *előrejelzése.*

A talajfolyamatok pontos megismerését célzó alapkutatási eredmények (mérések, *összefüggés-vizsgálatok, modellezés*) alapján specifikus *érzékenységi kategória-rendszerek* kerültek kidolgozásra és különböző tematikus *talajérzékenység térképek* készültek különböző méretarányban (*Várallyay, 2003b; Várallyay et al., 1998*):

Magyarország talajainak érzékenysége
– víz- és szél okozta talajerózióval;
– talajsavanyodással;
– sófelhalmozódással és szikesedéssel;
– szerkezet-leromlással és tömörödéssel (13. ábra);
– aszállyal;
– belvízzel;
– nitrát-bemosódással szemben.

Elemzéseink közül – példaképpen – *a talajok szerkezet-leromlással és tömörödéssel szembeni érzékenységének* értékelését mutatjuk be, hisz az – sajnos – világprobléma, s számos más környezeti károsodásnak is okozója, felerősítője: szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály), biológiai degradáció, növényi tápanyagok harmonikus körforgalmának megzavarása. Akadályozza továbbá az agrotechnikai műveletek megfelelő időben és minőségben történő energiatakarékos elvégzését, s így közvetlenül és közvetve egyaránt gátolja az ökoszisztémák zavartalan működését, hatékony funkcionálását (*Várallyay, 1996*).

A szerkezet-leromlás és tömörödés alapvető oka, hogy a talajok „túlművelése" egy–egy elhibázott agrotechnikai művelet, nem megfelelő nedvességállapotban vagy nem megfelelő eszközzel végrehajtott talajművelés, növényápolás vagy betakarítás, esetleg túllegeltetés okozta talajszerkezet-rombolás

sokkal gyorsabb folyamat, mint a talajszerkezet képződése, regenerálódása.

A talaj fizikai degradációval szembeni érzékenységének elemzésénél az alábbi talajjellemzőket vettük figyelembe:

– talajképző kőzet;
– fizikai talajféleség;
– a talaj jelenlegi szerkezeti állapota (térfogattömeg, differenciálporozitás, morzsa-stabilitás);
– a talaj humuszréteg vastagsága és szervesanyag-tartalma;
– a talaj kémhatás-viszonyai és mészállapota, valamint egyéb potenciális cementáló anyagok (pl. másfélszeres oxidok, vas–alumínium-oxidok/hidroxidok) jelenléte vagy hiánya;
– a talaj rétegezettsége és „begyökerezettsége";
– a talaj típusa, altípusa, változata.

Ezek elemzése alapján – első lépésben – 8 *érzékenységi kategóriát* különböztettünk meg és definiáltunk. A szóban forgó tulajdonságokra vonatkozó tematikus térképek GIS technikával történő „összerendelése" alapján pedig megszerkesztettük e kategóriák 1:100 000 méretarányú térképét, amelynek egyszerűsített vázlatát a 13. ábrán mutatjuk be.

KÖVETKEZTETÉSEK

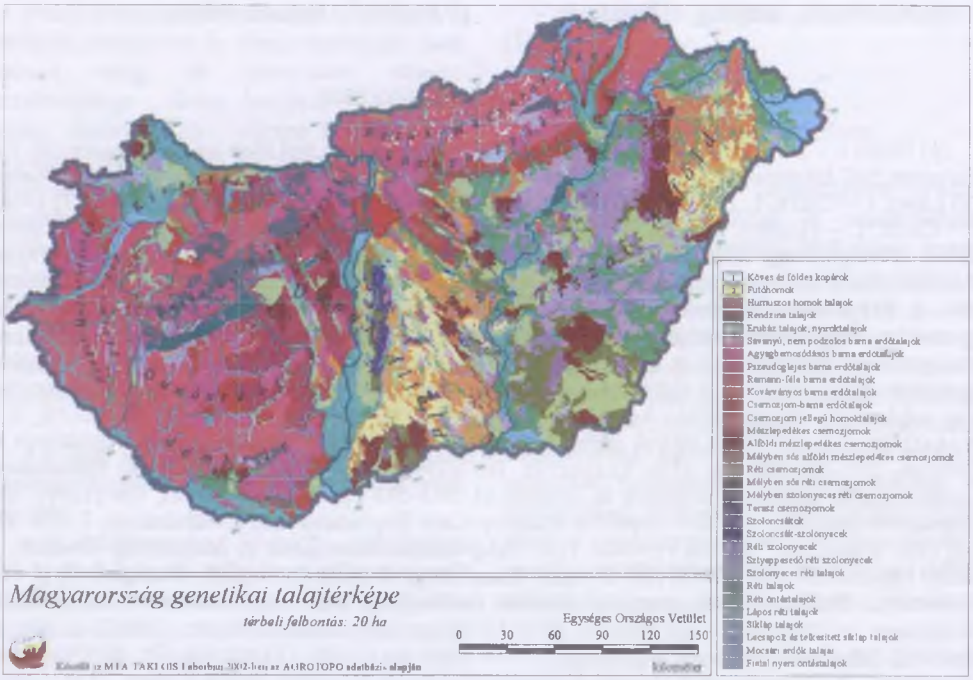
A talaj és az ökoszisztémák részletes felmérésének és sokoldalú elemzésének alapján fogalmaztuk meg a *fenntartható „agroökoszisztéma-használat"* legfontosabb teendőit, amelyek betart(at)ása össz-társadalmi érdek, s csak együttes erőfeszítéssel teljesíthető (*Várallyay – Németh, 1996*).

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

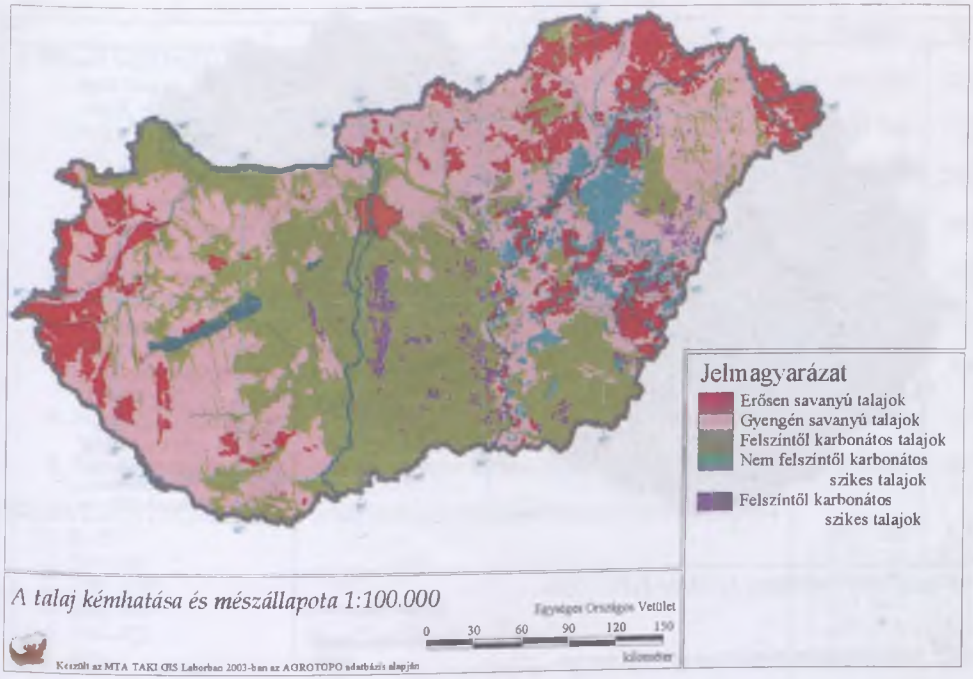
(1) FÉSÜS I. – KELE G. – VÁRALLYAY GY. (2000): Soil databases and their use in Hungary. In: The European Soil Information System. World Soil Resources Reports. No. 91. 87–96. ESB-FAO. Rome. (2) LÁNG, I. – CSETE, L. (1992): Alkalmazkodó mezőgazdaság. Agricola, Budapest. 210 p. (3) LÁNG, I. – CSETE, L. – HARNOS, ZS. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 265 p. (4) Magyarország Nemzeti Atlaszta, (1989): Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 395 p. (5) SOMOGYI, S. (1990): Magyarország kistájainak katasztere. I–II. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 1023 p. (6) STEFANOVITS P. (1963): Magyarország talajai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. (7) STEFANOVITS, P. (1992): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 380 p. (8) SZABÓ, J. – VÁRALLYAY, GY. – PÁSZTOR, L. – SUBA, ZS. (1999): Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten térinformatikai és távérzékelési módszerek integrálásával. Agrokémia és Talajtan, 48. (1–2) 3–14 pp. (9) SZABOLCS, I. – VÁRALLYAY, GY. (1978): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan, 27. 181–202 pp. (10) VÁRALLYAY, GY. (1985): Magyarország 1:100 000 méretarányú agrotopográfiai térképe. Agrokémia és Talajtan 34. 243–248 pp. (11) VÁRALLYAY, GY. (1989): Soil degradation processes and their control in Hungary. Land Degradation and Rehabilitation, 1. 171–188 pp. (12) VÁRALLYAY, GY. (ed.) (1995): TIM: Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer, 1. kötet. Módszertan. FM Növényvéd. és Agrár-Környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest, 92 p. (13) VÁRALLYAY, GY. (1996): Magyarország talajainak érzékenysége szerkezet-leromlásra és tömörödésre. Környezet- és Tájgazdálkodási Füzetek, II./1.,15–30 pp. (14) VÁRALLYAY, GY., (1997): A talaj és funkciói. Magyar Tudomány, XLII. (12) 1414–1430 pp. (15) VÁRALLYAY, GY. (1998a): Soil degradation processes and their control in Hungary. In: FILEP, GY. (ed.): „Soil Pollution". Agric. Univ. Debrecen. 1–19 pp. (16) VÁRALLYAY, GY. (1998b): Multifunctional soil management for sustainable development in Hungary. Agrokémia és Talajtan, 47. (1–4) 7–22 pp. (17) VÁRALLYAY, GY. (2002a): A talaj multifunkcionalitásának szerepe a jövő fenntartható mezőgazdaságában. In: „A növénytermelés szerepe a jövő multifunkcionális mezőgazdaságában". Ötven éves az Acta Agronomica Hungarica. Jubileumi tudományos ülés, 2002. XI. 19. Martonvásár. 13–25 pp. (18) VÁRALLYAY, GY. (2002b): Soil survey and soil monitoring in Hungary. European Soil Bureau. Research Report No. 9. 139–149 pp.

(19) VÁRALLYAY, GY. (2003a): Magyarország talajai. In: Növény, állat, élőhely. (Szerk.: LÁNG I. – BEDŐ Z. – KEREKES S.) Magyar Tudománytár 3. MTA Társadalomkutató Központ. Kossuth Kiadó. Budapest. 297–315 pp. (20) VÁRALLYAY, GY. (2003b): A talaj környezeti érzékenységének értékelése. Tájökológiai Lapok. 1. (1) 45–62 pp. (21) VÁRALLYAY, GY. (2003): Láng István és az agroökológia. *Kerekes*. (22) VÁRALLYAY GY. – LÁNG I. (2000): A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények. 5–19 pp. (23) VÁRALLYAY, GY. – NÉMETH, T. (1996): A fenntartható mezőgazdaság talajtani-agrokémiai alapjai. MTA Agrártudományok Osztálya Tájékoztatója (1995). Akadémiai Kiadó, 1996. 80–92 pp. (24) VÁRALLYAY, GY. – SZŰCS, 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 pp. (25) VÁRALLYAY, GY. – SZŰCS, L. – MURÁNYI, A. – RAJKAI, K. – ZILAHY, P. (1980): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó tényezők 1:100 000 méretarányú térképe II. Agrokémia és Talajtan, 29. 35–76 pp. (26) VÁRALLYAY, GY. – SZABÓ, J. – PÁSZTOR, L. – MICHÉLI, E. (1994): SOTER Soil and Terrain Digital Database) 1:500 000 and its application in Hungary. Agrokémia és Talajtan 43. (1–2) 87–108 pp. (27) VÁRALLYAY, G. – SZABÓ, J. – PÁSZTOR, L. – MICHÉLI, E. (1998): A database for sustainable agriculture and environmental protection in Hungary. In: „Land Information Systems. Developments for planning the sustainable use of land resources". European Soil Bureau. Research Report 164. Ispra. 151–164 pp.

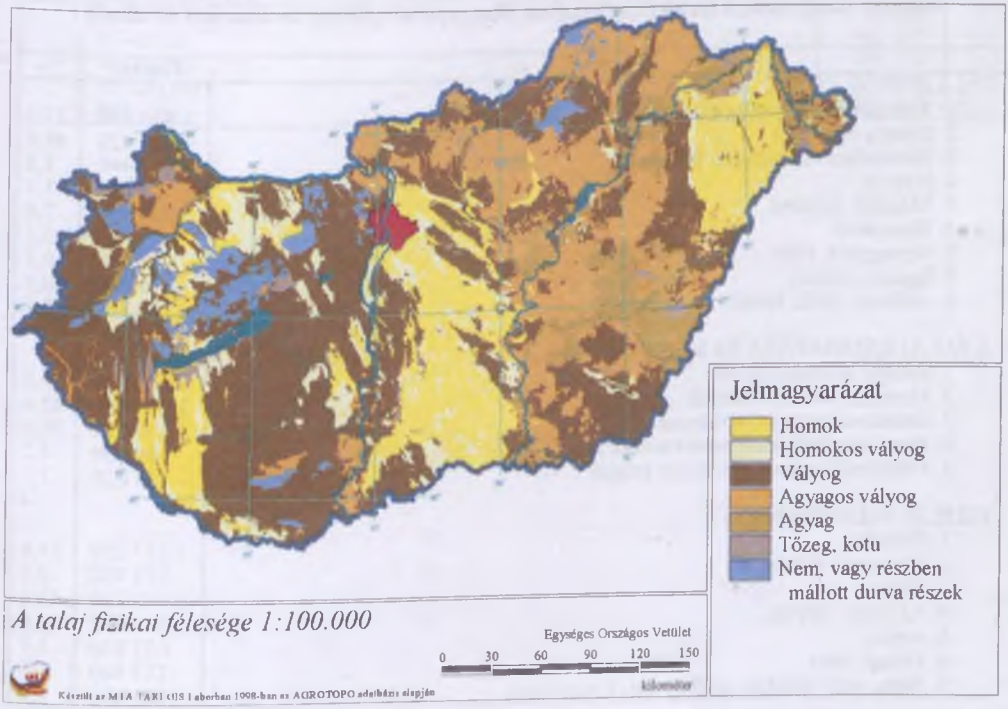
1. ábra



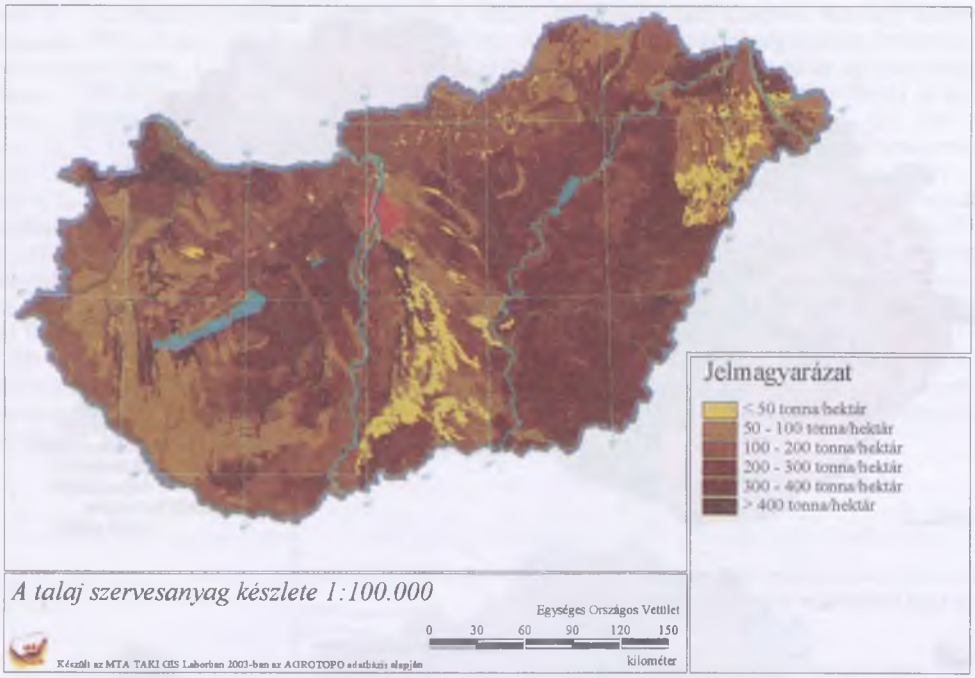
2. ábra


Jelmagyarázat
Erősen savanyú talajok
Gyengén savanyú talajok
Felszíntől karbonátos talajok
Nem felszíntől karbonátos szikes talajok
Felszíntől karbonátos szikes talajok
A talaj kémhatása és mészállapota 1:100.000
Egységes Országos Vetület
0 30 60 90 120 150
kilométer
Készült az MTA TAKI GIS Laborban 2003-ban az AGROTOPO adatbázis alapján

3. ábra


Jelmagyarázat
Homok
Homokos vályog
Vályog
Agyagos vályog
Agyag
Tőzeg, kotu
Nem, vagy részben mállott durva részek
A talaj fizikai félesége 1:100.000
Egységes Országos Vetület
0 30 60 90 120 150
kilométer
Készült az MTA TAKI GIS Laborban 1998-ban az AGROTOPO adatbázis alapján

4. ábra



1. táblázat

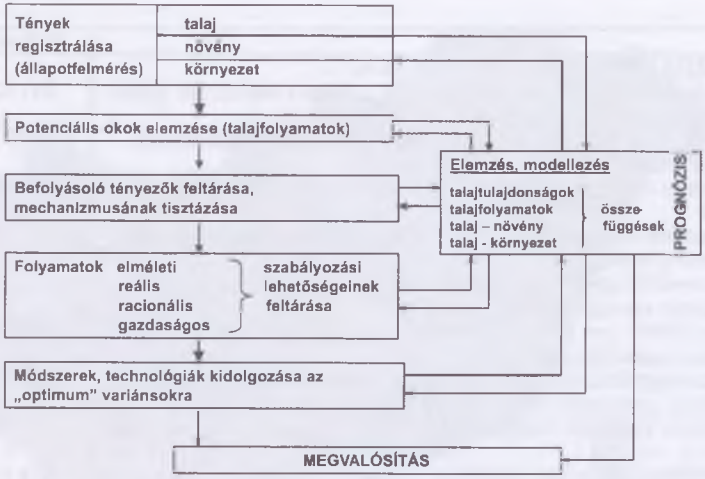
Néhány talajjellemző területi megoszlása Magyarországon (az össz-terület %-ában)

Tényező	Hektár	%
TALAJKÉPZŐ KŐZET		
1. Glaciális és alluviális üledékek	3 433 430	37,7
2. Löszös üledékek	4 373 920	48,0
3. Harmadkori és idősebb üledékek	681 440	7,5
4. Nyirok	151 660	1,7
5. Mészkő, dolomit	238 950	2,6
6. Homokkő	11 430	0,1
7. Agyagpala, fillit	38 530	0,3
8. Gránit, porfirit	9 740	0,1
9. Andezit, riolit, bazalt	179 350	2,0
A TALAJ KÉMHATÁSA ÉS MÉSZÁLLAPOTA		
1. Erősen savanyú talajok	1 228 930	13,5
2. Gyengén savanyú talajok	3 848 550	42,4
3. Szénsavas meszet tartalmazó talajok	3 496 090	38,4
4. Nem felszíntől karbonátos szikes talajok	385 260	4,2
5. Felszíntől karbonátos szikes talajok	153 620	1,7
FIZIKAI TALAJFÉLESÉG		
1. Homok	1 437 230	15,8
2. Homokos vályog	875 460	9,6
3. Vályog	3 932 320	43,2
4. Agyagos vályog	1 692 630	18,6
5. Agyag	632 840	6,9
6. Tőzeg, kotu	117 560	1,3
7. Nem, vagy részben mállott durva vázrészek	421 410	4,6

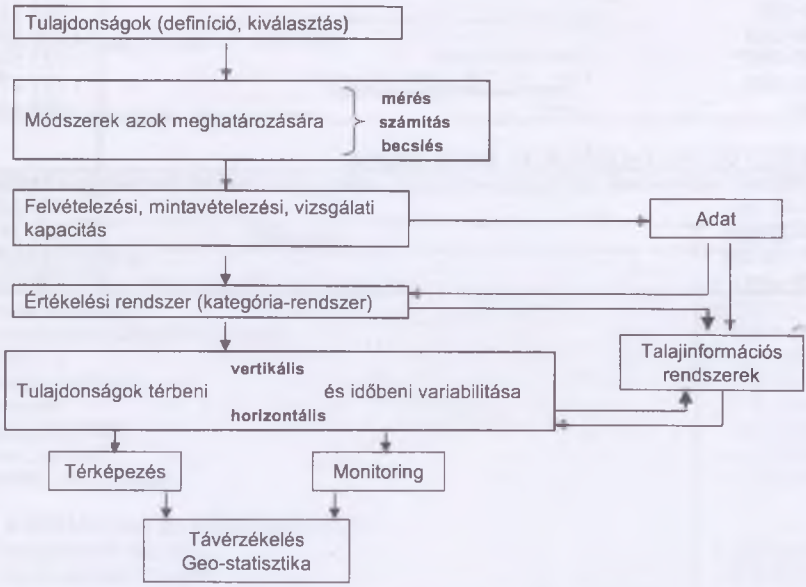
1. táblázat (folytatása)

Tényező	Hektár	%
A TALAJ VIZGAZDALKODASI TULAJDONSAGAI		
1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok	957 420	10,5
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok	1 009 910	11,1
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	2 264 230	24,9
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	1 735 640	19,1
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok	571 080	6,2
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok	1 349 750	14,9
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok	329 210	3,6
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó képességű talajok	117 560	1,3
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok	774 650	8,4
SZERVESANYAG-KÉSZLET (t/ha) (a talaj humuszos rétegére vonatkoztatva)		
1. 0–50	481 750	5,3
2. 50–100	1 915 130	21,0
3. 100–200	2 586 270	28,5
4. 200–300	1 923 590	21,1
5. 300–400	1 887 270	20,7
6. 400–	305 440	3,4
A TERMŐRÉTEG VASTAGSÁGA (kő, kavics, talajvíz)		
1. 0–20 cm	25 780	0,3
2. 20–40 cm	445 260	4,9
3. 40–70 cm	480 310	5,3
4. 70–100 cm	370 630	4,0
5. 100– cm	7 787 470	85,5

5. ábra

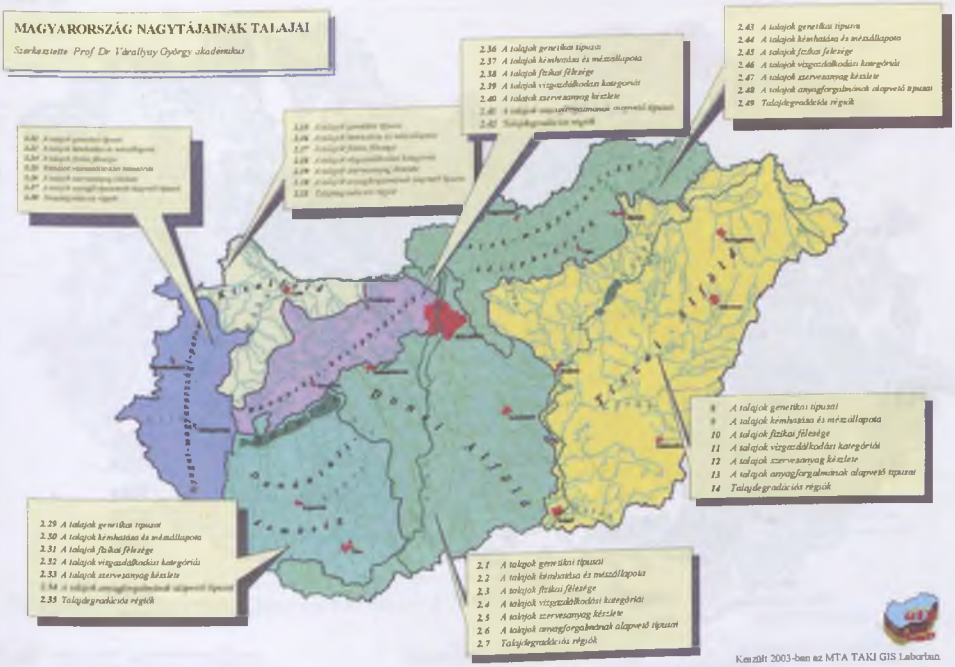


Talajtulajdonságok regisztrálása



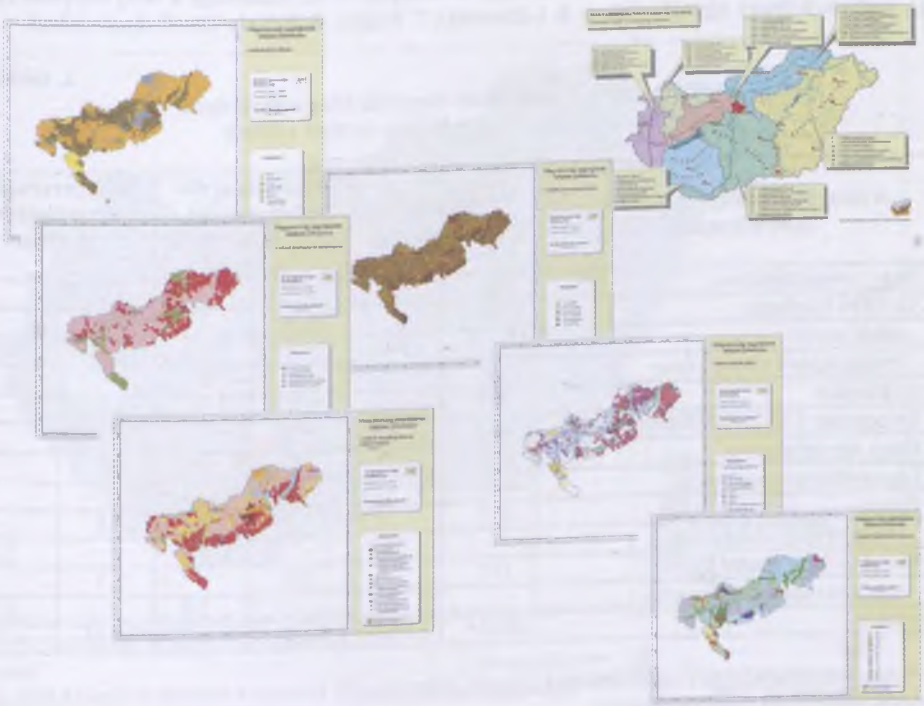
Talajfolyamatok szabályozásának koncepció vázlata

6. ábra



Készült 2003-ban az MTA TAKI GIS Laborban

7. ábra



8. ábra

A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon.
1. Nagy homoktartalom. 2. Savanyú kémhatás. 3. Szikesedés. 4. Szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben. 5. Nagy agyagtartalom. 6. Láposodás. 7. Erózió. 8. Felszín közeli tömör kőzet

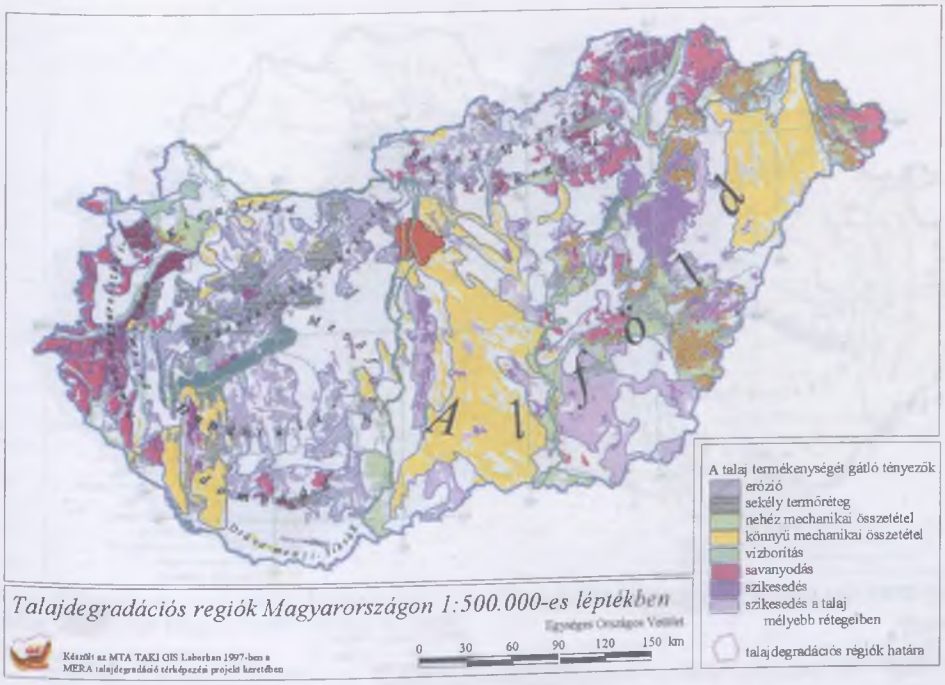
2. táblázat

A talaj termékenységét gátló tényezők Magyarországon
(1:500 000 méretarányú térkép területi adatai)

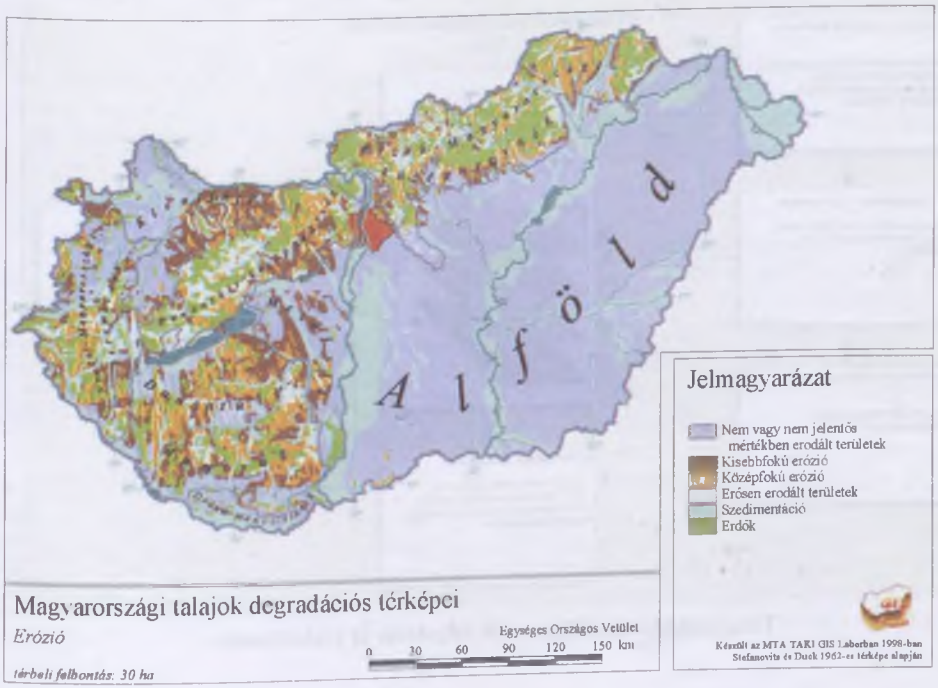
A talaj termékenységét gátló főbb tényezők	Terület 1000 hektárban		Mező- és erdőgazdaságilag művelt területek %-ában		Magyarország összterületének %-ában	
1. Nagy homoktartalom	746		8,9		8,0	
2. Savanyú kémhatás	1200		14,3		12,8	
ebből erodált		348		4,2		3,7
felszín közeli tömör kőzet		67		0,8		0,7
3. Szikesedés	757		9,0		8,1	
4. Szikesedés a mélyebb talajrétegekben	245		2,9		2,6	
5. Nagy agyagtartalom	630		7,5		6,8	
6. Láposodás, mocsarasodás	161		1,9		1,7	
7. Erózió	1455		17,4		15,6	
ebből savanyú kémhatású		348		4,2		3,7
8. Felszín közeli tömör kőzet	217		2,6		2,3	
ebből savanyú kémhatású		67		0,8		0,7
Összesen	4996*		59,5*		53,5*	

* A savanyú kémhatás erodált területek, illetve felszín közeli savanyú kémhatású tömör kőzet csak az egyik tényezőnél számításba véve.

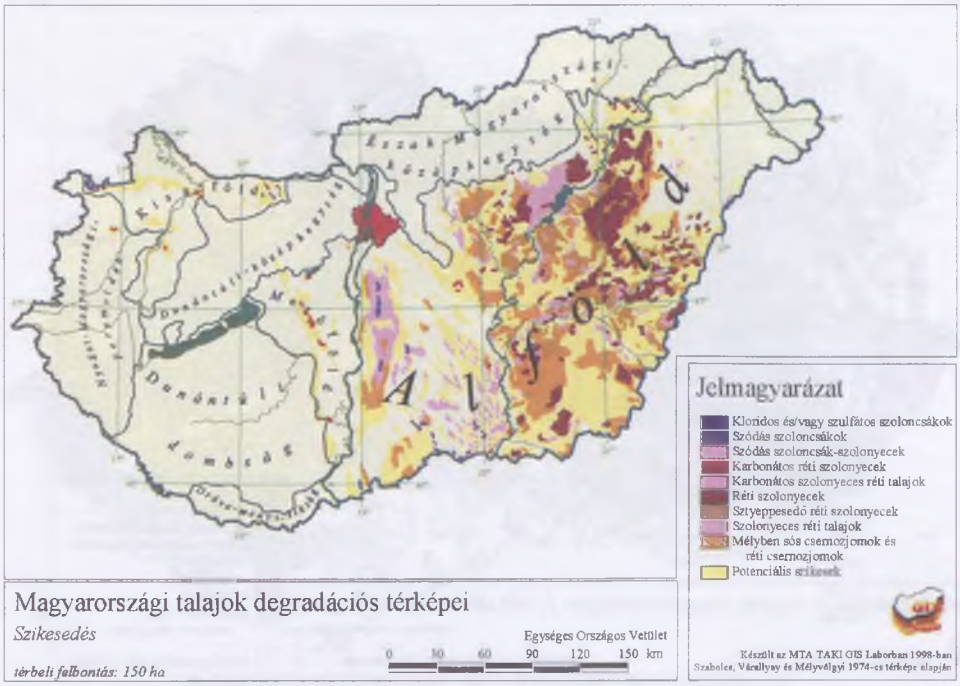
9. ábra



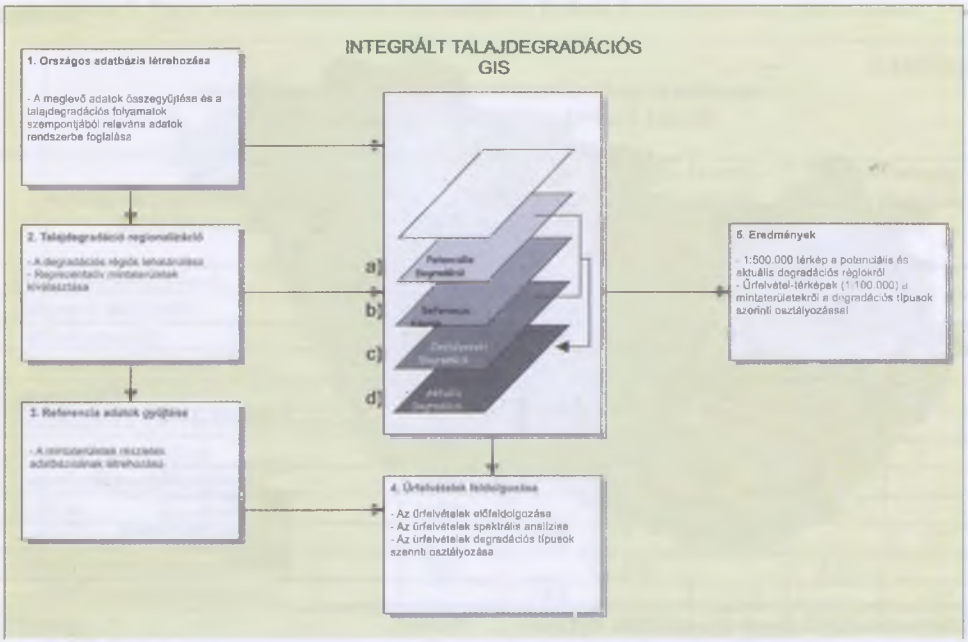
10. ábra



11. ábra

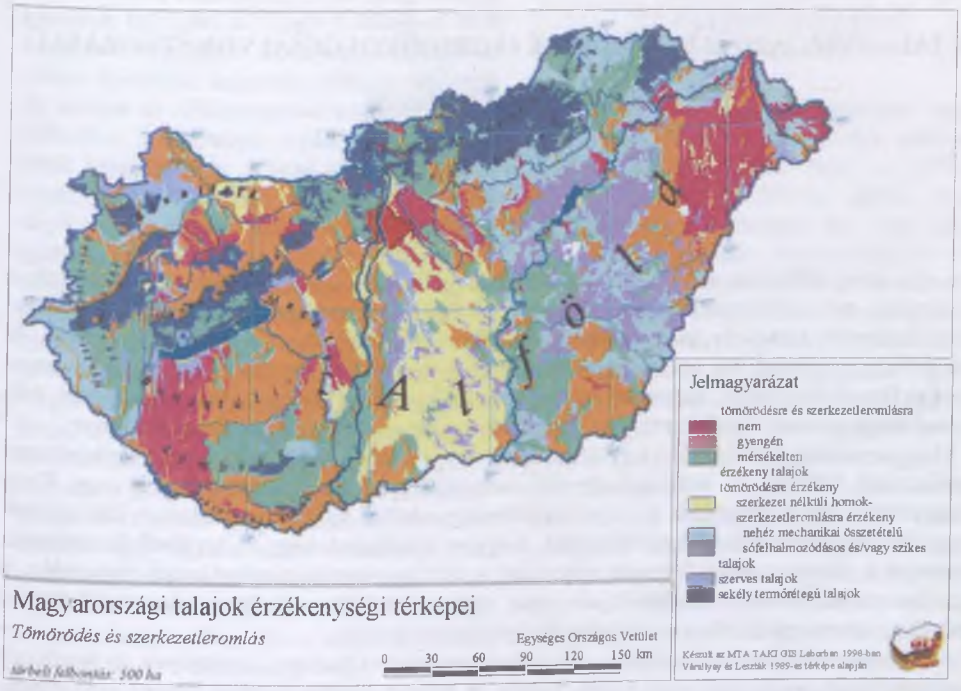


12. ábra



Talajdegradációs folyamatok felmérése és szabályozása

13. ábra


Jelmagyarázat
tömörödésre és szerkezetleromlásra
nem
gyengén
mérsékelten
érzékeny talajok
tömörödésre érzékeny
szerkezet nélküli homok-
szerkezetleromlásra érzékeny
nehéz mechanikai összetételű
sófelhalmozódásos és/vagy szikes
talajok
szerves talajok
sekély termőrétegű talajok
Magyarországi talajok érzékenységi térképei
Tömörödés és szerkezetleromlás
Egységes Országos Vetület
0 30 60 90 120 150 km
Kézzel az MTA TAKI GIS Laborban 1998-ban
Várallyay és Lednik 1989-es térképe alapján

A TALAJ VÍZGAZDÁLKODÁSÁNAK (AGRO)ÖKOLÓGIAI VONATKOZÁSAI

VÁRALLYAY GYÖRGY

ÖSSZEFOGLALÁS

A víz, mint oldószer, reagens és szállító közeg fontos és sokoldalú szerepet játszik a mállásban, a talajképződésben, valamint az ökoszisztémák (felszín közeli geológiai képződmények–talaj–víz–biota–növény–felszín közeli légkör kontinuum) anyag- és energiaforgalmában. Az ország agroökológiai potenciálját meghatározó, számos esetben korlátozó tényezők, valamint a talajképződési és talajdegradációs folyamatok túlnyomó része a talaj vízháztartásával kapcsolatos, annak oka vagy következménye.

Magyarország vízkészletei korlátozottak. S nem lehet számítani sem a légköri csapadék, sem felszíni és felszínalatti vízkészleteink jövőbeni növekedésére sem. Ezen készletekből egyre nagyobb és sokoldalúbb társadalmi igényeket kell(ene) kielégíteni. Nagy biztonsággal előrejelezhető tehát, hogy a mezőgazdaság- és területfejlesztésnek, valamint a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, ennek érdekében pedig a talaj vízháztartás szabályozása megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata.

Magyarország térben és időben egyaránt roppant változatos, szeszélyes, és érzékeny vízháztartását (egyaránt nagy árvíz, belvíz és túlnedvesedés veszély, illetve aszályérzékenység) alapvetően három tényező alakítja

- **szeszélyes csapadékviszonyok;**
- **heterogén mezo- és mikrodomborzat;**
- **változatos talajviszonyok, s bizonyos talajok kedvezőtlen fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai.**

A talaj vízháztartás szabályozásának tudományos megalapozásához kidolgoztuk

- **a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak**
- **vízháztartásának és**
- **anyagforgalmának**

} **kategória rendszerét,**

megszerkesztettük ezek térképeit, s megalkottuk korszerű adatbázisát. Megállapítottuk, hogy az ország legnagyobb kapacitású potenciális természetes víztározója a talaj. Ez a lehetőség a víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tárolásának akadályai miatt gyakran nem hasznosul, s eredményez szélsőséges vízháztartási helyzeteket, azok minden káros következményével. A nedvességforgalom szabályozás alaptétele tehát ezen akadályok megszüntetése vagy mérséklése. Az erre irányuló beavatkozások túlnyomó része ugyanakkor kedvező környezetvédelmi intézkedés is.

A víz, mint oldószer, reagens és szállító közeg fontos és sokoldalú szerepet játszik a mállásban, a talajképződésben, valamint az ökoszisztémák (felszín közeli geológiai képződmények–talaj–víz–biota–növény–felszín közeli légkör kontinuum) anyag- és energiaforgalmában. A talaj pórusterének egy részét talajlevegő, más részét talajoldat foglalja el, biztosítva víz és levegő egyidejű jelenlétét. Ez nemcsak a légzés, szervesanyag-lebontás

és vízfelvétel feltételeit teremti meg, hanem lehetővé teszi azt is, hogy a talajban lévő vagy oda kijuttatott tápanyagok oxidált és oldott formában legyenek jelen, s váljanak ily módon az élőszervezetek számára hozzáférhetővé, felvehetővé. *A talaj vízháztartása* tehát meghatározza a talaj levegőgazdálkodását, hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyaggazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira, meghatározva ezzel egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, optimális időpontját, illetve lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj, ökoszisztéma, vagy terület a környezet „stresszhatásait" milyen mértékig képes pufferolni, s melyek a tűrési határt meghaladó „terhelés" esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni vagy felszín alatti vízkészletekben várhatóan bekövetkező károsodások rövid vagy hosszú távon, az adott területen vagy annak környezetében. Ezen összefüggéseket mutatjuk be vázlatosan az 1. ábrán (*Várallyay, 1990, 2001b, 2003*).

Az ország agroökológiai potenciálját *korlátozó tényezők* (szélsőségesen könnyű mechanikai összetétel; savanyú kémhatás; szikesedés; szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben; szélsőségesen nehéz mechanikai összetétel; láposodás; erózió; felszín közeli tömör kőzet), valamint *talajdegradációs folyamatok* (víz vagy szél okozta erózió, savanyodás, szikesedés, szerkezet-leromlás és tömörödés, biológiai degradáció, elemek biogeokémiai körforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása) közvetlenül vagy közvetve a talaj vízgazdálkodásával kapcsolatosak, a *talaj* sajátos nedvességforgalmának az okai vagy következményei (*Szabolcs, 1961; Várallyay, 1985, 1999a*).

A talaj és az (agro)ökoszisztémák sokoldalú funkcióinak zavartalanságában és környezeti érzékenységében egyaránt megkülönböztetett szerepe van a *talaj vízgazdálkodásának* (*Várallyay, 1999c, 1997, 1993, 2001b, 2003*).

KORLÁTOZOTT ÉS FELÉRTÉKELŐDŐ VÍZKÉSZLETEK

A víz eloszlása bolygónkon nagyon egyenetlen. A víz 97,5%-a a sós vizű óceánokban és tengerekben van; a 2,5%-nyi édesvíz-készlet 90–95%-a pedig szilárd halmazállapotú jégtakaró, hó, vagy fagyott talajvíz. A folyékony halmazállapotú édesvíz-készlet nagyobb hányada felszín alatti mélységi víz, talajvíz és talajnedvesség, s csak kisebb hányadát képezik álló- és folyóvizek, illetve az ökoszisztémák biomasszájában felhalmozott „zöld víz". Érthető tehát, hogy a *világ édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, stratégiai jelentőségű tényezővé válnak.* A vízfelhasználás hatásfokának növelése olyan parancs, amelynek nincs alternatívája. Különösen érvényes ez akkor, ha figyelembe vesszük, hogy a vízkészletek közvetlen szerepén túlmenően az emberiség létét biztosító biomassza-termelést akadályozó tényezők jelentős része is a vízháztartással kapcsolatos, annak oka vagy következménye. Szemléletesen mutatja be ezt a FAO adatai alapján készített 2. ábra (*Várallyay, 1993, 1997*).

Magyarország természeti adottságai között is nagy biztonsággal előrejelezhető, hogy az életminőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a mezőgazdaság-fejlesztésnek és a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, illetve ennek érdekében a talaj vízháztartás-szabályozása pedig megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata.

Vízkészleteink ugyanis korlátozottak (Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989; Várallyay, 2001b; Antal et al., 2000).

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 átla-

gos csapadékmennyiség ugyanis 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 legfájdalmasabb példát erre épp a kilencvenes években egymást követő száraz évek utáni csapadékosabb évjáratok; illetve – még szélsőségesebben – a nagyon csapadékos 1999. évi őszt és 2000. évi tavaszt követő nyári–kora őszi szinte csapadékmentes periódus szolgáltatta, pusztító árvizeket, belvizeket, talaj-túlnedvesedést, illetve aszályt és komoly aszálykárokat okozva, s demonstrálva az Alföld, ill. talajainak *vízháztartási szélsőségességét.* Ezt a *szeszélyes csapadékviszonyok* mellett két további tényező súlyosbítja:

– a makrodomborzat tekintetében sík Alföld *heterogén mikrodomborzata* (padkákkal, hátakkal, erekkel, laposokkal, semlyékekkel); és

– a térség *talajviszonyainak igen nagy változatossága*, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a *talajok* jelentős hányadának *kedvezőtlen fizikai–vízgazdálkodási tulajdonságai.*

A 85–90%-ban szomszédos országokból érkező *felszíni vizeink* mennyiségének növekedésére sem lehet számítani, különösen nem a kritikus „kisvízi" időszakokban. Felhasználhatóságuk mértékét nemzetközi egyezmények szabályozzák, az országból kilépő vízfolyások garantálandó vízminőségével együtt. *Felszín alatti vízkészleteink* ugyancsak nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, mint erre az utóbbi években a már–már katasztrofális következményekkel járó és „sivatagosodási tüneteket" okozó Duna–Tisza közi talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet (*Somlyódy, 2002; Várallyay, 2004b*).

A korlátozott készletekből először a lakossági és ipari vízigényeket kell kielégíteni, beleértve az üdülés és a természetvédelem vízigényeit is. Mivel ezek mindegyike gyorsan és nagymértékben növekszik, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészleteket zár ki a növénytermesztési vízfelhasználásból, egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a biomassza-termelés növekvő vízigényét a jövőben Magyarországon (is) csökkenő vízkészletekből kell kielégíteni. Hasonlóan, mint a világ számos más területén (*Somlyódy et al., 1997; Várallyay, 2001b*).

Márpedig a korszerű biomassza-termelésben és a természettel harmonizáló fenntartható terület-, ill. talajhasználatban fontos elem a szélsőséges vízháztartási és ökológiai stresszhelyzetek megelőzése, kiküszöbölése, mérséklése. Ez csak a *vízfelhasználás hatásfokának növelésével* valósítható meg, amelynek egyik alapvető része a *talaj vízháztartásának, nedvességforgalmának szabályozása* (Várallyay, 1999b,c). *Ilyen szempontból (is)* megkülönböztetett jelentőségű az a tény, hogy a *talaj hazánk legnagyobb kapacitású, potenciális természetes víztározója* (*Várallyay, 2001b*).

A TALAJ VÍZGAZDÁLKODÁSI TULAJDONSÁGAINAK KATEGÓRIARENDSZERE ÉS TÉRKÉPEZÉSE

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy 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 agyag felhalmozódás a talajszelvényben (12%), vagy szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%) (3. ábra) (*Várallyay, 1997, 2001b*).

A kvalitatív – s emiatt szubjektív – csoportosítás kvantifikálása céljából az utóbbi években egy *korszerű felvételezési – vizsgálati – térképezési – monitoring rendszer* került kidolgozásra és gyakorlati alkalmazásra a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére, azok hatékony szabályozása érdekében (*Várallyay, 1993, 2003*).

A vízgazdálkodási tulajdonságok kategória-rendszere nem lehet univerzális. Részletessége (a paraméterek száma, határértékei stb.) a cél által meghatározott igényektől függ, attól, hogy azt milyen döntési szinten (ország, régió, üzem, tábla) kívánják felhasználni. *Várallyay* és munkatársai *a mezőgazdasági vízgazdálkodási beavatkozások országos és regionális talajtani megalapozására* dolgozták ki kategória-rendszerüket és szerkesztették meg Magyarország talajainak vízgazdálkodási tulajdonságait ábrázoló 1:100 000 méretarányú térképet (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989; Várallyay et al., 1980*). *Rendszerükben a talajokat vízgazdálkodási tulajdonságaik alapján kilenc kategóriába sorolták:*

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, extrémen szélsőséges vízgazdálkodású talajok.
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó és víztartó képességű talajok.
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok.

A kilenc vízgazdálkodási kategóriára a következő számszerű paramétereket adták meg:

a) szabadföldi vízkapacitás (VK_{sz}), pF 2,5
b) holtvíztartalom (HV), pF 4,2
c) hasznosítható vízkészlet (DV), VK_{sz}–HV térfogat% = mm/10 cm-es réteg (genetikai szintenként)
d) a vízelnyelés sebessége (IR), mm/óra (a talaj felszínén mérve)
e) a vízzel telített talaj hidraulikus vezetőképessége (K) cm/nap (rétegenként)

A vízgazdálkodási paraméterek meghatározása az MSZ-08.0205-78 szabványban leírt módszerekkel végezhető el.

A megkülönböztetett 9 kategória általános jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az 1–5. kategóriák esetében a talaj vízháztartása a szerkezeti állapot és a tömődöttség mellett elsősorban a fizikai talajféleségtől függ, ezért a táblázatban az említett VK_{sz}, HV, DV, IR és K vízgazdálkodási paraméterek mellett a talaj fizikai féleségére jellemző mechanikai összetétel, K_A és hy_l határértékeit is megadták.

A 6. és 7. kategóriára vonatkozóan nem adtak meg VK_{sz}, HV és DV határértékeket, mivel az ide tartozó talajoknál elsősorban a gyenge vízelnyelés, illetve kis vízvezető képesség okozza a kedvezőtlen, szélsőséges vízháztartást. A 8. kategóriába sorolt láptalajoknál viszont a DV, az IR és a K-értékek feltüntetésének nem lett volna gyakorlati jelentősége. Végül a 9. kategóriába sorolt sekély termőrétegű talajokon a talaj vízháztartása elsősorban a „termőréteg" vastagságától függ, s csak másodsorban befolyásolják ennek a rétegnek a vízgazdálkodási tulajdonságai. Ezért itt szintén nem adtak meg határértékeket.

A 2. táblázatban az egyes kategóriákba sorolt talajok leggyakrabban előforduló talajszelvény-variánsainak hidrofizikai jellemzőit foglalták össze – rétegenként:

– a mélységgel egyre könnyebbé váló mechanikai összetétel (könnyebb mechanikai összetételű alapkőzeten kialakult talajok): 2/1, 3/1;
– az egész szelvényben viszonylag egyenletes mechanikai összetétel: 1/1, 2/2, 3/2, 4/2, 5/2;
– viszonylagos agyagfelhalmozódás a B-szintben: 4/1, 5/1.

A 6. kategória talajszelvény-variánsait a kedvezőtlen vízháztartást előidéző rossz vízvezető képességű szint mélységétől és okától függően állapították meg. E szerint különböztették meg a rossz szerkezetű, tömődött, agyag mechanikai összetételű talajokat (6/1 variáns), a pszeudoglejes barna erdőtalajokat (6/2 variáns), a vastag A-szintű mély réti szolonyeceket, sztyeppesedő réti szolonyeceket és szolonyeces réti talajokat (6/3 variáns), a mélyben sós és/vagy szolonyeces talajokat (6/4 variáns), valamint a lápos réti talajokat (6/5 variáns). A 8. kategória láptalajainál a szerves anyagban gazdag A-szint alatti alapkőzet mechanikai összetételétől, a 9. kategóriában a termőréteghatárt jelentő szint feletti rétegek mechanikai összetételétől függően adták meg a határértékeket.

A munka következő lépését a kategóriák 1:100 000 méretarányú térképének megszerkesztése jelentette. Ennek egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 4. ábrán. Majd a kategória térképeket az ország 7 nagytájára is megszerkesztett, melyek az alábbiak:

1. Dunai Alföld
2. Tiszai Alföld
3. Kisalföld
4. Nyugat-magyarországi-peremvidék
5. Dunántúli dombság
6. Dunántúli-középhegység
7. Északi-középhegység.

A talajok vízgazdálkodási kategóriáinak megoszlását középtájanként, ill. megyénként a 3. és 4. táblázatban adjuk közre (a középtáj, ill. megye területének %-ában). Az 5. ábrán pedig a megyék talajainak vízgazdálkodási kategóriák szerinti megoszlását szemléltetjük.

A térkép részletes területi adatai (elhatárolt foltonként; megyénkénti és középtájankénti bontásban) számítógépes tárolásra kerültek.

A térkép és az adatanyag alapján a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a-, b-, c- (a talajszelvényben nincs lényeges textúrdifferenciálódás) vagy az A-, B-, C- (a talajszelvényben jelentős textúrdifferenciálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való helyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, illetve bármely szelvényének bármely vastagságú rétegére meghatározható a talajban tározható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz", illetve a növény számára hozzáférhető hányada is (VK_{sz}, HV, DV). Ezek az adatok közvetlenül térképre vihetők, számítógépes adatbázisban digitálisan (is) tárolhatók, s kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajféleség, egy-egy táj, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési területi egység korszerű vízgazdálkodási jellemzésének, az optimálist minél inkább megközelítő mezőgazdasági vízgazdálkodás kialakításának, az ezt célzó racionális beavatkozások, intézkedések, eljárások, módszerek kidolgozásának (*Várallyay, 1997, 2001b, 2003*).

MAGYARORSZÁG TALAJAINAK VÍZRAKTÁROZÓ KÉPESSÉGE

Adataink alapján tényszerűen bebizonyítható, hogy *a talaj hazánk legnagyobb kapacitású természetes víztározója.* Jól mutatják ezt az alábbi – becsült és jelentős mértékben ingadozó – számadatok:

– a hazánkba lépő felszíni vízfolyások hozama: 110–120 km³/év;

– a Balaton víztömege: 1,5–2 km³;

– a hazánk területére hulló (átlagosan 550–600 mm-nyi) évi csapadék mennyisége: 50–55 km³;

– a talaj felső egy méteres rétege mintegy 30–35 km³ víz befogadására és 25–30 km³ víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz", 40–45%-a pedig „hasznosítható víz", amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre (lásd a 4. ábrát, illetve a 3–4. táblázatokat).

Mindez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék több mint fele (!) egyszerre „beleférne" a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná a talaj tározóterének kisebb–nagyobb mértékű vízzel telítettsége, mint pl. 2000 tavaszán a csapadékos 1999. évi őszt követően: *„tele üveg effektus"*, vagy a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló közel víz át nem eresztő, lassú víznyelésű réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a talaj nedvességtározó terének feltöltését: *„ledugaszolt üveg effektus"*. Ez következett be a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű (nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú) és szikes talajain. A talaj még a hosszabb–rövidebb belvízborítás alatt sem ázott be mélyen, nem „használta ki" legalább a felső egy méteres réteg víztároló kapacitását. S ezért fordult elő azután – nagy területeken – az a helyzet, hogy a belvizek természetes eltűnése vagy mesterséges eltüntetése után a csapadékszegény nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tározott csekély vízmennyiség csak rövid ideig volt képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeztek. S ez a „vízháztartási szélsőség" sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek, amelyben a talaj megkülönböztetett fontosságú szerepe nem vitatható. Szemléletes bizonyítéka ennek az a tény, hogy azonos időjárási szélsőségek a talajvizonyoktól függően nagymértékben különböző ökológiai stresszhelyzeteket és következményeket eredményez(het)nek (*Várallyay, 2001a, 2002*). Így volt ez 2000-ben is: a szélsőséges vízgazdálkodású, belvizes majd aszályos területeken súlyos, helyenként katasztrofális volt a terméskiesés, míg a jó és kiegyenlített vízgazdálkodású talajokon ez alig vagy csak mérsékelten volt megfigyelhető. Laza homoktalajokon ugyan be tud szivárogni a felszínre jutó víz a talajban, de a gravitációs pórustér képtelen a vizet a talajban megtartani, az erre képes kapilláris pórustér pedig kicsi. Így a víz csak „átszalad" a talajszelvényen, a talajban visszatartott hasznosítható vízkészlet kicsi, s ez teszi a talajt aszályérzékennyé: *„lyukas edény effektus"*.

Egy – hetvenes évekből származó – akadémiai felmérés megállapítása szerint: a jó minőségű talajvízből kapillárisan a talajvízszint feletti talajrétegekbe jutó víz mennyisége Magyarország teljes öntözési kapacitásának két–háromszorosa. Nem mindegy tehát, hogy ez a hatalmas potenciális talajnedvesség-tározótér hogy töltődik fel, milyen mértékben telítődik, és miként hasznosul, illetve hasznosítható.

Az 5. táblázatban – szakértői becslés alapján – egy olyan összeállítást közlünk, ami – a 2. táblázatban közölt kategóriák határértékeinek átlagaival és egy – ugyancsak átlagos 30–30–40 cm-es a–b–c (A–B–C) szelvényfelépítéssel számolva arra vonatkozóan nyújt számszerű adatokat, hogy:

– mennyi víz fér az adott talaj 0–100 cm-es rétegébe?

– mennyi vizet képes ebből a talaj visszatartani, raktározni?

– mennyi a talaj holtvíztartalma, illetve hasznosítható vízkészlete?

A 6. ábrán azt mutatjuk be, hogy az ország mely területein érvényesül a gyenge víztartó képesség: a „lyukas edény effektus"(1/1, 2/1 vízgazdálkodási kategóriák), illetve a „ledugaszolt üveg" effektus: a víz talajba szivárgását gátló (közel) vízátnem-

eresztő réteg a talaj felszínén vagy felszín közelben (6/2, 6/3, 6/4, 7/1, 9/1 vízgazdálkodási kategóriák) és mely területeken nem kell ilyen hatásokkal számolni (2/2, 3/1, 3/2, 4/1, 4/2, 5/1, 5/2, 6/1, 6/5, 8/1), tehát a talaj vízraktározó képessége a 2. táblázat határértékei alapján becsülhető (5. táblázat).

A NÖVÉNY VÍZELLÁTÁSÁT KORLÁTOZÓ TALAJTANI TÉNYEZŐK

A növények zavartalan vízellátását korlátozó legfontosabb talajtani tényezőket foglaltuk össze a 7. ábrán (*Várallyay, 1993, 2004a*).

Az ásványi és szerves kolloidokban szegény, laza homoktalajok gyenge víztartó képességük miatt már eleve sülevényesek, aszályérzékenyek.

A talaj felszínén vagy a talajszelvényben nem nagy mélységben kialakuló tömődött réteg nemcsak a gyökerek zavartalan mélyre hatolását akadályozza, hanem szélsőséges vízháztartást idéz elő. A nem ritkán szinte teljesen vízzáró szintek (K ≈ 0, IR ≈ 0) feletti vékony talajréteg már viszonylag kis mennyiségű csapadék esetén is telítődik, sőt túltelítődik vízzel, felszínén tócsák, vízállások keletkeznek, benne a levegőtlenség és az ezzel gyakran együtt járó redukciós folyamatok miatt gátolt a növények zavartalan fejlődése. A csapadék vagy az öntözővíz értékes hányada a felszínről elpárolog vagy elfolyik, a sekély rétegben tárolt kis mennyiségű víz pedig csak átmenetileg fedezi a növények vízellátását, azok már viszonylag rövid csapadékmentes periódus után is szárazságtüneteket mutatnak.

A nehéz mechanikai összetételű, esetleg szikes, erősen duzzadó–zsugorodó talajok repedésein keresztül a víz további értékes hányada fut hasznosítatlanul át a talajszelvényen (K és IR ≈ ∞), s okoz nemcsak jelentős szivárgási veszteségeket, hanem káros talajvíztáplálást, talajvízszint-emelkedést is előidézhet (ami pl. Na-sókban gazdag talajvizek esetében másodlagos szikesedési folyamatok megindulásához, erősödéséhez, elmélyüléséhez vezethet). Beázáskor a záródó repedések megakadályozzák a mélyebb talajrétegek egyenletes átnedvesedését, s ily módon korlátozzák a talajban tárolt víz mennyiségét. Kiszáradáskor ugyanakkor a zsugorodás következtében kialakuló széles és mély repedéseken keresztül vastag talajrétegek értékes vízkészlete megy hasznosítatlanul veszendőbe.

Tovább nehezíti a növények zavartalan vízellátását, növeli a kedvezőtlen fizikai tulajdonságokkal rendelkező talajok aszályérzékenységét, hogy a talajban tározott víznek is csak kis hányada hozzáférhető a növények számára: nagy a talaj holtvíztartalma, csekély a hasznosítható vízkészlete. Az igen kis kapilláris vezetőképesség miatt a növényi gyökerek vízfelvétele következtében azok körül filmszerűen kialakuló, kiszáradt talajrétegen keresztül igen lassú a talajnedvesség növényi gyökerekig történő mozgása, s így még viszonylag nedves talajban is akadályozott a gyökérzet által felvett víz folyamatos utánpótlása. Nagyobb sótartalmú talajokban a növények vízfelvételét az ozmózispotenciál is gyakran jelentős mértékben akadályozza.

Az ökoszisztémák léte, összetétele, funkcióinak zavartalansága, biomassza produktuma egyaránt attól függ, hogy miképpen képesek ezeket a korlátozó tényezőket tűrni, azokhoz igazodni. A halofita fajok vagy sótűrő növények nagy sejtnedv-koncentrációjukkal versenyeznek a környezet indukálta ozmózis potenciállal. A xerofita növényegyüttesek vagy szárazságtűrő kultúrnövények „agresszív gyökérzetükkel" küzdenek a „holtvíztartalom" egy részének haznosításáért: mély gyökérrendszerükkel vastagabb talajrétegből képesek vízfelvételre; sűrű gyökérzetükkel pedig lerövidítik a nedves talajtól a gyökérfelületig terjedő távolságot, s így gyorsítják a vízfelvételt kis vízvezető képességű talajokon is (lásd pl. a hortobágyi szikesek sekély A-szintjében kialakult nemezszerű gyepszintet). Az agrár-

ökoszisztémáknak ezen „saját" törekvéseikhez kell segítséget nyújtania az embernek, megfelelő növénymegválasztással, szelekciós és nemesítő munkával, agrotechnikai vagy meliorációs beavatkozásokkal (*Várallyay, 1999b, 2004a*).

A TALAJ VÍZHÁZTARTÁSÁNAK ELEMEI, VÍZHÁZTARTÁSI ÉS ANYAGFORGALMI TÍPUSOK

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai tulajdonképpen csak potenciális lehetőségek, amelyek víz tényleges jelenléte nélkül is léteznek. A *talaj vízháztartása* azonban már tényleges talaj–víz–növény–felszín közeli légkör összefüggéseket tükröz, s az ökoszisztéma kutatásoknál ilyen információkra van szükség. A *területi vízmérleg* tényezőit foglalja össze egyszerűsítve a 8. ábra.

Munkánk során *Magyarország talajait* a talaj vízmérlegének jellege, az azt kialakító, meghatározó és befolyásoló fő tényezők, valamint ezek anyagforgalmi, talajképződési és talajpusztulási következményei szerint *11 vízháztartási típusba* soroltuk (Várallyay et al., 1980):

1. Erős felszíni lefolyás típusa.
2. Erős, lefelé irányuló vízmozgás típusa.
3. Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa.
4. Egyensúlyi vízmérleg típusa.
5. „Áteresztő" típus.
6. Felfelé irányuló vízmozgás típusa.
7. Szélsőséges vízháztartás típusa.
8. Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa.
9. Felszíni vízfolyások hatása alatt álló vízháztartás típusa.
10. Rendszeres felszíni vízborítás típusa.
11. Erdőterületek.

A típusok közül az 1. és 2. gyakorlatilag teljesen, a 3. és 11. nagyrészt, a 8. részben Magyarország hegy- és dombvidéki területein fordul elő, a többi a gyengébben tagolt felszínű dombvidékekre, valamint a többé–kevésbé sík felszínű alföldi területekre jellemző.

Valamennyi ez irányú hozzáférhető adat felhasználásával megszerkesztettük a 11 kategória 1:500 000 méretarányú térképét, amelyet a 9. ábrán közlünk (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989; Várallyay et al., 1980*).

Magyarországon a talajok vízháztartása nagyon szorosan kapcsolódik azok anyagforgalmához, ami pedig meghatározó jelentőségű a különböző talajtulajdonságok (tulajdonság-együttesek) kialakulása, illetve a talaj sokoldalú funkcióinak „működése", az agroökoszisztémákban betöltött szerepe szempontjából. A talajok vízháztartásának és anyagforgalmának összefüggéseit a 6. táblázatban mutatjuk be (*Várallyay, 1985, 2000*).

Magyarország talajai a bennük végbemenő abiotikus és biotikus folyamatok (transzport, transzformáció, az anyag- és energiaforgalom jellege, talajképződési és talajpusztulási kapcsolatai (okai és/vagy következményei) szerint *13 fő anyagforgalmi típusba* sorolhatók:

1. Erős felszíni lepusztulás típusa.
2. Erős kilúgzás típusa.
3. Mérsékelt kilúgzás típusa.
4. Talajszelvényben csapadéktöbblet miatt megjelenő „pangóvíz" hatása alatt álló típus.
5. Sekély termőréteg miatti szélsőséges nedvességviszonyok okozta szervesanyag-felhalmozódás típusa.
6. Egyensúlyi típus.
7. Talajvízhatás alatt álló típus.
8. Erős karbonát-felhalmozódás típusa.
9. Mérsékelt só- és/vagy kicserélhető Na^+-felhalmozódás típusa.
10. Erős só- és/vagy kicserélhető Na^+-felhalmozódás típusa.
11. Szervesanyag-felhalmozódás típusa.
12. Kismértékű anyagforgalom típusa.
13. Felszíni vízfolyások által befolyásolt anyagforgalom típusa.

Valamennyi hozzáférhető információ felhasználásával *megszerkesztettük a magyarországi talajok anyagforgalmi típusainak 1:500 000 méretarányú térképét*. A térkép egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 10. ábrán (*Várallyay, 1985*).

A TALAJ VÍZHÁZTARTÁS-SZABÁLYOZÁSA, MINT KÖRNYEZETVÉDELMI BEAVATKOZÁS

A talaj zavartalan funkcióit, az agro-ökoszisztémák vízellátását biztosító *vízháztartás-szabályozási beavatkozások* célja, hogy:

– a felszínre jutó víz minél nagyobb hányada jusson a talajba (felszíni lefolyás és párolgás csökkentése);

– a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjon a talajban (vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek" csökkentése);

– a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a termesztett növények által hasznosíthatóvá.

Ezek legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 7. táblázatban, bemutatva, hogy a talaj *vízháztartási beavatkozások* túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is (*Várallyay, 1993, 1997, 2001b, 2004a*).

Az egyes intézkedések: optimális talajhasználat, művelési ág és vetésszerkezet, vetésváltás; agrotechnika (elsősorban talajművelés); melioráció (elsősorban talajjavítás és vízrendezés); öntözés stb. legmegfelelőbb (legeredményesebb, leghatékonyabb, leggazdaságosabb és legkisebb gazdasági és környezeti kockázatokkal járó) módszereinek, korszerű technológia-alternatíváinak kidolgozására az elmúlt 10–15 évben (is) számos intézményben folytak sokoldalú kutatások, amelyek eredményei gyakorlati bevezetésre várnak (*Várallyay, 2003*).

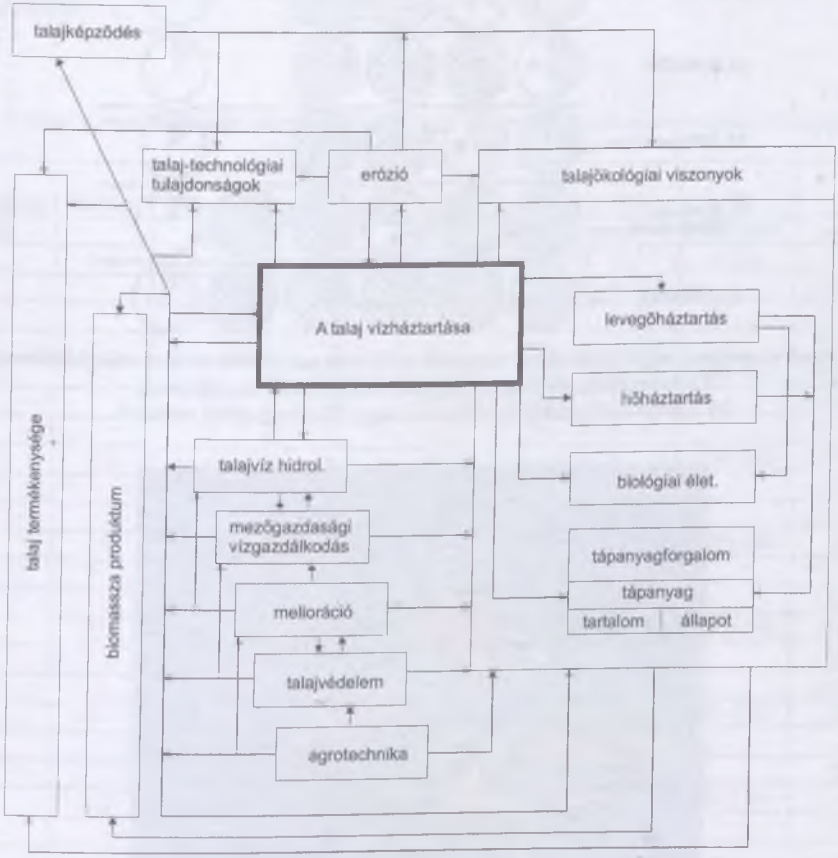
Remélhetőleg nem sokáig, hisz a talaj vízgazdálkodásának tudományosan megalapozott szabályozását sem egy környezetvédelmi, sem egy vízgazdálkodási, sem egy agroökológiai, sem egy mezőgazdaságfejlesztési, sem egy agrár-környezetvédelmi program nem nélkülözheti.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) ANTAL E. – JÁRÓ Z. – SOMOGYI S. – VÁRALLYAY GY. (2000): A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon. MTA Földrajztud. Kut. Int. Budapest. 302 pp. (2) Magyarország Nemzeti Atlasza (1989): Magyar TUDOMÁNYOS AKADÉMIA. BUDAPEST. 395 p. (3) SOMLYÓDY L. (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar TUDOMÁNYOS AKADÉMIA, BUDAPEST. 402 p. (4) SOMLYÓDY, L. et al. (1997): A hazai vízgazdálkodási kutatások fejlesztése. Ezredforduló, 3. szám. 21–27 pp. (5) SZABOLCS I. (1961): A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó. Budapest. 358 p. (6) VÁRALLYAY GY. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. 34. 267–298 pp. (7) VÁRALLYAY, GY. (1990): Influence of climatic change on soil moisture regime, texture, structure and erosion. In: Soils on a Warmer Earth (Proc. Int. Workshop, Nairobi, 12–14. Febr. 1990). (Eds.: Scharpenseel, H. W. – Schomaker, M. – Ayoub, A.) Chapter 4. 3–49. Elsevier. Amsterdam. (8) VÁRALLYAY GY. (1993): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. (akadémiai székfoglaló kibővített összefoglalója). MTA Agrártud. Oszt. Tájékoztatója 1993. Akadémiai Kiadó. Budapest. 65–72 pp. (9) VÁRALLYAY, GY. (1997): Environmental relationships of soil water management. Proc. 2nd Intern. Seminar on Soil, Plant and Environment Relationships, Debrecen, 1996. Current Plant and Soil Science in Agriculture. No. 1–2. 7–32 pp. (10) VÁRALLYAY, GY. (1999a): A Tiszántúl talajainak kétarcú vízgazdálkodása és környezeti hatásai. DATE „Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok" Agrokémiai és Talajtani Szekció, Debrecen. 19–30 pp. (11) VÁRALLYAY, GY. (1999b): A talaj vízgazdálkodásának szabályozása, mint a környezetkímélő növénytermesztés egyik kulcskérdése. In: „Növénytermesztés és Környezetvédelem". MTA Agrártud. Oszt., Budapest. 56–64 pp. (12)

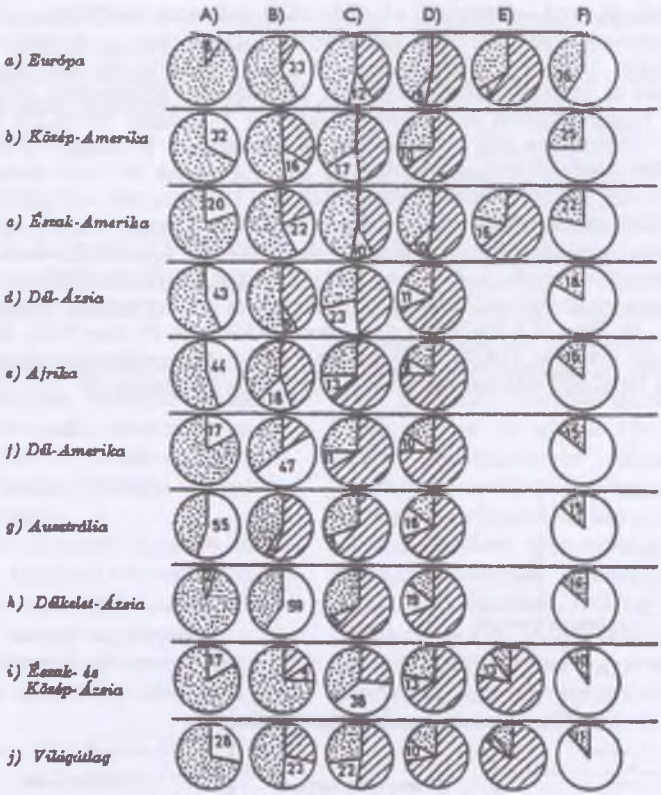
VÁRALLYAY, GY. (1999c): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. In: Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai. (Szerk.: NAGY J. – NÉMETH T.) DATE–TAKI. Debrecen. 95–119 pp. (13) VÁRALLYAY GY. (2000): Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: Székfoglalók, 1995–1998. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 1–32 pp. (14) VÁRALLYAY GY. (2001a): A talajok szélsőséges vízháztartása és az aszályérzékenység. XIX. Hidrológiai Vándorgyűlés. (15) VÁRALLYAY GY. (2001b): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. XLVI. (7) 799–815 pp. (16) VÁRALLYAY, GY. (2002): The role of soil and soil management in drought mitigation. In: Proc. International Conference on Drought Mitigation and Prevention of Land Desertification, Bled, Slovenia, April 21–25, 2002. ICID–SDNO. (CD-ROM) (17) VÁRALLYAY, GY. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály, Budapest–Gödöllő. 167 p. (18) VÁRALLYAY, GY. (2004a): Water in the soil–plant system. In: Proc. III. Alps–Adria Scientific Workshop (Dubrovnik, 1–6 March, 2004). 9–19 pp. (19) VÁRALLYAY, GY. (2004b): Control of extreme moisture events and soil degradation processes as priority tasks of soil conservation in the Carpathian Basin. In: Proc. Vol. 4th Intern. Congress of ESSC, 25–29 May 2004, Budapest. 148–158 pp. (20) VÁRALLYAY GY. et al. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan. 29. 77–112 pp.

1. ábra



A talaj vízháztartásának ökológiai összefüggései és befolyásolásának lehetőségei

2. ábra



A talaj termékenységét gátló főbb tényezők a Földön (az összes terület százalékában)
A) Szárazság, B) Tápanyagstressz, C) Sekély termőréteg,
D) Túl bő nedvesség, E) Állandó fagy, F) Nincs gátló tényező

3. ábra

Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása Magyarországon

1. táblázat

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti kategóriáinak általános jellemzői

Kategória kódszáma	Fizikai talajféleség			VK_{α}	HV	DV	IR	K
	jele	K_{α}	hy_{α}	mm/10 cm-es réteg			mm/óra	cm/nap
1.	h	< 25	< 1,0	< 15	< 5	5–10	> 500	> 1000
2.	hv	25–35	1,0–2,0	15–25	5–10	10–15	150–500	100–1000
3.	v	35–42	2,0–3,5	25–35	10–20	15–22	100–150	10–100
4.	av	42–50	3,5–5,0	35–42	20–27	12–17	70–100	1–10
5.	a	50	5,0	42–50	27–35	10–15	50–70	0,1–1,0
6*							10–50	0,01–0,1
7**							< 10	< 0,01
8***	tőzeg, kotu			> 50	> 35			
9.	Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodási talajok							

* Enyhe szikesedés vagy pszeudoglej-képződés miatt kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok;
** Erős szikesedés miatt extrémen szélsőséges vízgazdálkodású talajok;
*** Láptalajok

2. táblázat

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti kategóriáinak rétegenkénti jellemzői

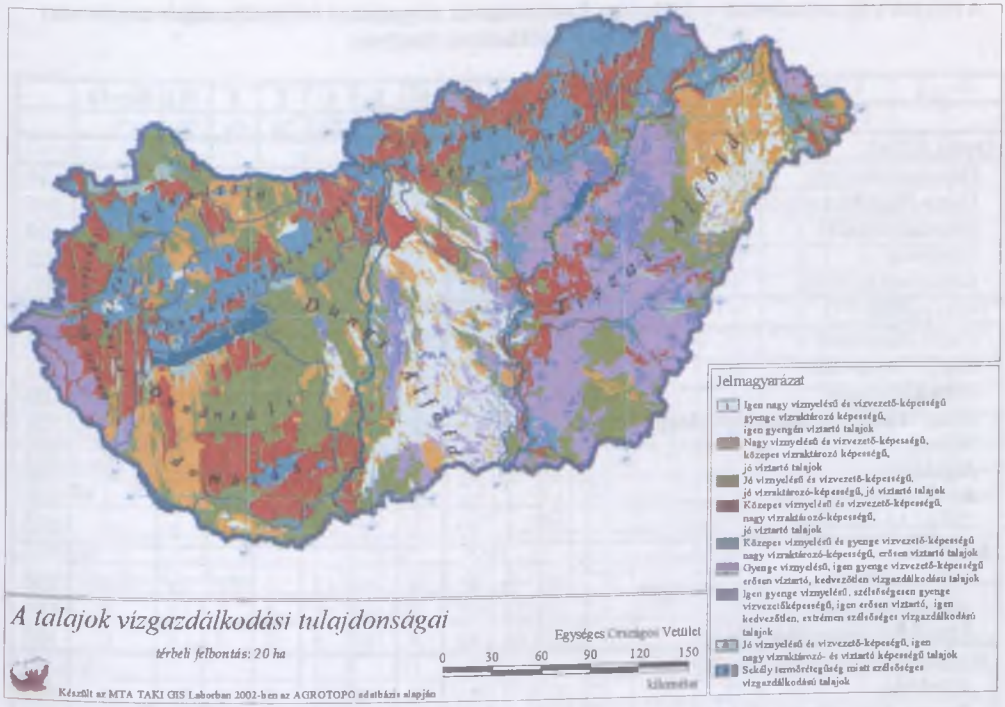
Kategória kód	Variáns	Genetikai szint	Fizikai talajféleség jele	VK_{α}	HV	DV	IR	K
				mm/10 cm-es réteg			mm/óra	cm/nap
1.	1/1	0–50	h	< 15	< 5	5–10	> 500	> 1000
		50–100	h	< 15	< 5	5–10		800–1000
		100–150	h	< 15	< 5	5–10		500–800
		150–200	h	< 15	< 5	5–10		500–800
2.	2/1	a	hv	15–25	5–10	10–15	300–500	800–1000
		b	vh	10–20	4–8	6–12		100–500
		c	h	< 15	< 5	5–10		500–800
	2/2	a	hv	15–25	5–10	10–15	150–300	500–1000
		b	hv	15–25	5–10	10–15		100–500
		c	hv	15–25	5–10	10–15		300–500
3.	3/1	a	v	25–35	10–20	15–22	120–150	10–20
		b	v	25–35	10–20	15–22		10–50
		c	hv	15–25	5–10	10–15		100–500
	3/2	a	v	25–35	10–20	15–22	100–300	10–100
		b	v	25–35	10–20	15–22		10–30
		c	v	25–35	10–20	15–22		30–100
4.	4/1	A	v	25–35	10–20	15–22	80–100	10–30
		B	av	35–42	20–27	12–17		1–5
		C	v	25–35	10–20	15–22		10–30
	4/2	a	av	35–42	20–27	12–17	70–100	1–10
		b	av	35–42	20–27	12–17		3–7
		c	av	35–42	20–27	12–17		5–10

2. táblázat (folytatása)

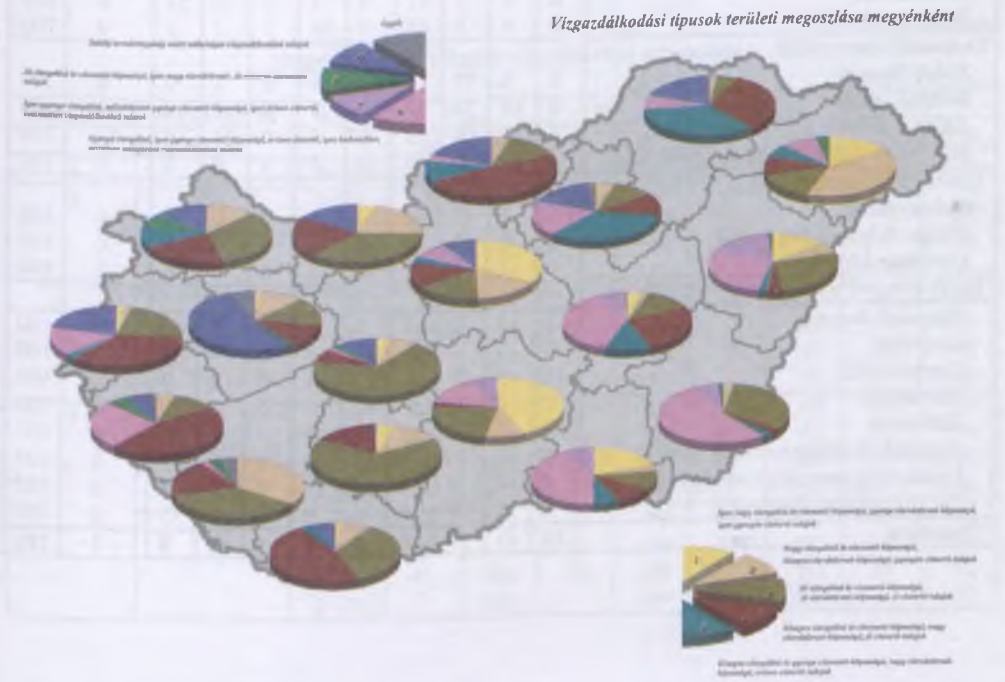
Kategória kód	Variáns	Genetikai szint	Fizikai talajféleség jele	VK_{sz}	HV	DV	IR	K
				mm/10 cm-es réteg			mm/óra	cm/nap
5.	5/1	A	av	35–42	20–27	12–17	60–70	1–5
		B	a	42–50	27–35	10–15		0,1–0,5
		C	av	35–42	20–27	12–17		0,5–2,0
	5/2	a	a	42–50	27–35	10–15	50–70	0,1–1,0
		b	a	42–50	27–35	10–15		0,1–0,5
		c	a	42–50	27–35	10–15		0,5–1,0
6.	6/1	a	a	42–50	27–35	10–15	30–50	0,1–1
		b	a	42–50	27–35	10–15		0,05–0,25
		c	a	42–50	27–35	10–15		0,1–0,5
	6/2	A					10–50	0,1–1,0
		B						0,01–0,1
		C						0,1–0,5
	6/3	A					10–50	0,1–1,0
		B						0,01–0,1
		C						0,1–0,5
	6/4	a					10–50	0,5–1,0
		b						0,1–0,5
		c						0,01–0,1
	6/5	a	l	> 50	> 35		10–50	
		b	l	> 50	> 35			
		c	v, av	30–40	15–25	15–20		1–10
7.	7/1	A					< 10	0,01–0,1
		B						< 0,01
		C						0,01–0,05
8.	8/1	a	l	> 50	> 35			
		c	hv	15–25	5–10	10–15		
		c	v	25–35	10–20	15–22		
		c	av	35–42	20–27	12–17		
		c	a	42–50	27–35	10–15		
9.	9/1	a(+b)	hv	15–25	5–10	10–15		
			v	25–35	10–20	15–22		
			av	35–42	20–27	12–17		
			a	42–50	27–35	10–15		
			L	> 50	> 35			

Jelmagyarázat:
h: homok; vh: vályogos homok; hv: homokos vályog; v: vályog; av: agyagos vályog; a: agyag; l: tőzeg, kotu. VK_{sz}: szabadföldi vízkapacitás; HV: holtvíztartalom; DV: hasznosítható vízkészlet; IR (infiltration rate): víznyelés sebessége; K: hidraulikus vezetőképesség

4. ábra


Jelmagyarázat
Igen nagy vízmyelésű és vízvezető-képességű gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok
Nagy vízmyelésű és vízvezető-képességű, közepes vízraktározó képességű, jó víztartó talajok
Jó vízmyelésű és vízvezető-képességű, jó vízraktározó-képességű, jó víztartó talajok
Közepes vízmyelésű és vízvezető-képességű, nagy vízraktározó-képességű, jó víztartó talajok
Közepes vízmyelésű és gyenge vízvezető-képességű nagy vízraktározó-képességű, erősen víztartó talajok
Gyenge vízmyelésű, igen gyenge vízvezető-képességű erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok
Igen gyenge vízmyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezetőképességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémen szélsőséges vízgazdálkodású talajok
Jó vízmyelésű és vízvezető-képességű, igen nagy vízraktározó- és víztartó képességű talajok
Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok
A talajok vízgazdálkodási tulajdonságai
térbeli felbontás: 20 ha
Egységes Országos Vetület
0 30 60 90 120 150
kilométer
Készült az MTA TAKI GIS Laborban 2002-ben az AGROTOPO adatbázis alapján

5. ábra


Vízgazdálkodási típusok területi megoszlása megyénként

3. táblázat

A talajok vízgazdálkodási tulajdonság kategóriáinak megoszlása középtájanként (összevont) (a középtáj területének %-ában)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Egyéb	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Dunai Alföld											
Dunamenti-síkság	18	14	32	12	1	8	8	1	0	6	100
Duna-Tisza közi síkvidék	61	9	6	2	1	16	5	0	0	0	100
Bácskai-síkvidék	38	13	28	1	0	19	1	0	0	0	100
Mezőföld	8	15	62	1	0	6	2	3	2	1	100
Drávamenti-síkság	6	26	64	3	1	0	0	0	0	0	100
Tiszai Alföld											
Felső-Tiszavidék	1	8	18	25	24	16	0	8	0	0	100
Közép-Tiszavidék	1	1	11	19	9	41	16	0	0	2	100
Alsó-Tiszavidék	4	2	17	27	19	27	4	0	0	0	100
Észak-Alföldi hordalékkúp-síkság	9	8	25	12	21	18	7	0	0	0	100
Nyírség	35	51	6	2	2	3	0	1	0	0	100
Hajdúság	3	5	72	1	0	13	6	0	0	0	100
Berettyó-Körösvidék	1	2	14	5	5	55	15	3	0	0	100
Körös-Maros köze	0	3	37	6	1	48	5	0	0	0	100
Kisalföld											
Győri-medence	0	5	43	4	18	12	0	13	5	0	100
Marcal-medence	2	27	17	6	0	14	0	0	33	0	100
Komárom-Esztergom-síkság	2	46	43	4	0	0	0	0	5	0	100
Nyugat-magyarországi peremvidék											
Alpokalja	0	0	15	44	0	28	0	0	13	0	100
Sopron-Vasi-síkság	0	0	31	45	5	3	0	0	16	0	100
Kemeneshát	6	2	7	21	0	7	0	0	57	0	100
Zalai-dombvidék	0	4	8	47	0	36	0	3	2	0	100
Dunántúli-dombvidék											
Külső-Somogy	0	6	77	15	0	4	0	1	0	0	100
Belső-Somogy	0	58	24	14	0	3	0	1	0	0	100
Balaton-medence	1	5	9	3	0	4	0	21	14	43	100
Mecsek és Tolna-Baranyai-dombvidék	0	3	30	55	4	2	0	0	5	0	100
Dunántúli-középhegység											
Bakonyvidék	1	8	12	24	0	1	0	0	54	0	100
Vértes-Velencei-hegyvidék	6	6	52	10	0	0	0	0	26	0	100
Dunazug-hegyvidék	0	4	16	51	0	0	0	0	26	3	100
Eszak-magyarországi középhegység											
Visegrádi-hegység	3	13	1	15	2	0	0	0	66	0	100
Börzsöny	0	2	1	19	11	0	0	0	67	0	100
Cserhátvidék	11	5	19	41	12	3	0	0	9	0	100
Mátravidék	0	0	3	5	42	10	0	0	40	0	100
Bükkvidék	0	0	1	38	27	0	0	0	34	0	100
Aggtelek-Rudabányai-hegyvidék	0	0	0	0	47	0	0	0	53	0	100
Eszak-Magyarországi medencék	0	4	5	51	34	0	0	0	6	0	100
Tokaj-Zempléni-hegyvidék	0	0	0	11	26	8	0	0	55	0	100
Osszesen	**10**	**11**	**24**	**18**	**7**	**16**	**4**	**1**	**8**	**1**	**100**

4. táblázat

A talajok vízgazdálkodási tulajdonság kategóriáinak megoszlása megyénként (összevont) (a megye területének %-ában)

Megye	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Egyéb
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Baranya	2	7	35	46	4	1	0	0	5	0
Bács-Kiskun	43	9	22	3	0	16	6	1	0	0
Békés	0	2	32	2	3	54	6	1	0	0
Borsod-Abaúj-Zemplén	0	2	5	33	34	5	3	1	17	0
Budapest	15	4	3	8	0	0	0	0	6	65
Csongrád	19	4	11	10	6	42	8	0	0	0
Fejér	3	7	65	7	0	3	2	2	10	1
Győr-Moson-Sopron	0	12	33	14	12	8	0	8	13	0
Hajdú-Bihar	13	6	27	4	2	28	19	1	0	0
Heves	1	4	11	13	33	17	3	0	16	2
Jász-Nagykun-Szolnok	4	2	13	26	11	35	8	0	0	1
Komárom-Esztergom	5	21	36	22	0	0	0	0	16	0
Nógrád	0	5	14	49	12	3	0	0	17	0
Pest	34	15	16	14	3	7	3	0	8	0
Somogy	0	34	35	20	0	3	0	4	0	4
Szabolcs-Szatmár-Bereg	15	39	15	10	6	11	1	3	0	0
Tolna	5	13	58	16	1	6	0	0	1	0
Vas	2	2	21	34	2	17	0	0	22	0
Veszprém	1	11	11	12	0	5	0	1	53	6
Zala	0	4	9	45	0	29	0	6	6	1
Összesen	10	11	24	18	7	16	4	1	8	1

5. táblázat

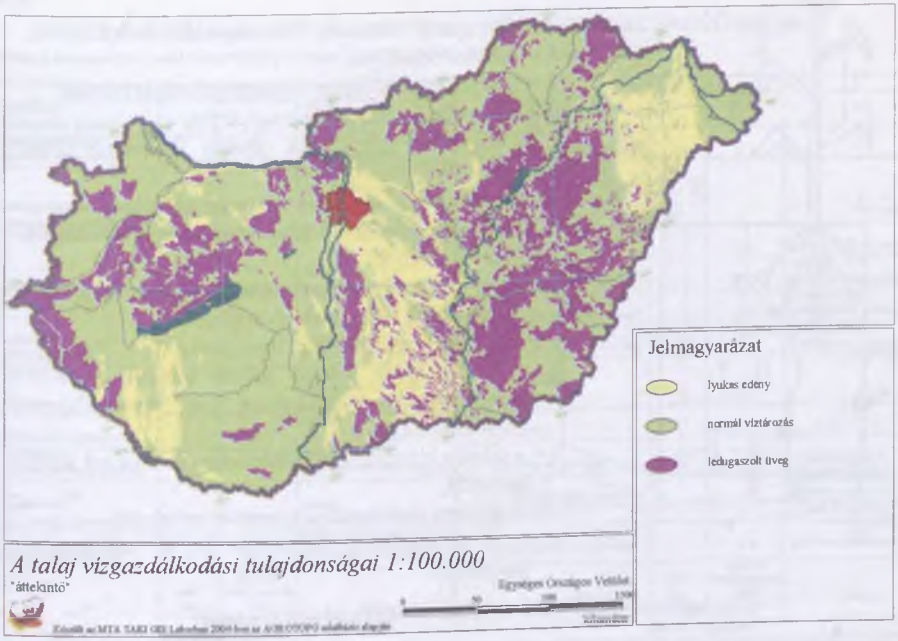
Magyarországi talajok vízraktározó képessége

Kategória	Alkategória	Szint	VK_1		VK_{cz}		HV		DV	
			%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
1	1/1	0–100			10	100	3	30	7	70
2	2/1	0–30	45	135	20	60	7	21	12	36
		30–60	45	135	15	45	6	18	9	27
		60–100	45	180	10	40	3	12	7	28
		0–100		450		145		51		91
	2/2	0–30	45	135	20	60	7	21	12	36
		30–60	45	135	20	60	7	21	12	36
		60–100	45	180	20	80	7	28	12	48
		0–100		450		200		70		120
3	3/1	0–30	45	135	30	90	15	45	18	54
		30–60	45	135	30	90	15	45	18	54
		60–100	45	180	20	80	7	28	12	48
		0–100		450		260		118		156
	3/2	0–30	45	135	30	90	15	45	18	54
		30–60	45	135	30	90	15	45	18	54
		60–100	45	180	30	120	15	60	18	72
		0–100		450		300		150		180

5. táblázat (folytatása)

Kategória	Alkategória	Szint	VK_T		VK_{ny}		HV		DV	
			%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
4	4/1	0–30	45	135	30	90	15	45	18	54
		30–60	45	135	38	114	23	69	15	45
		60–100	45	180	30	120	15	60	18	72
		0–100		450		324		174		171
	4/2	0–30	45	135	38	114	23	69	15	45
		30–60	45	135	38	114	23	69	15	45
		60–100	45	180	38	142	23	92	15	60
		0–100		450		370		230		150
5	5/1	0–30	45	135	38	114	23	69	15	45
		30–60	45	135	46	138	31	93	12	36
		60–100	45	180	38	142	23	92	15	60
		0–100		450		394		254		141
	5/2	0–30	45	135	46	138	31	93	12	36
		30–60	45	135	46	138	31	93	12	36
		60–100	45	180	46	184	31	124	12	48
		0–100		450		460		310		120
6	6/1	0–30	45	135	46	138	31	93	12	36
		30–60	45	135	46	138	31	93	12	36
		60–100	45	180	46	184	31	124	12	48
		0–100		450		460		310		120
	6/5	0–30	45	135	70	210	40	120		
		30–60	45	135	70	210	40	120		
		60–100	45	180	35	140	20	80	17	68
		0–100		450		560		320		

6. ábra



7. ábra

1. Lassú (gátolt) talajba szivárgás

A) Vízátnemeresztő réteg (kéreg) a talaj felszínén

a) sókkal összecementált kéreg (nátriumsók, gipsz, mész)
b) helytelen agrotechnikával összetömörített réteg
   a. túlművelés, nehéz erőgépek
   b. helytelen öntözés

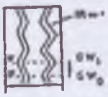
B) Sekély beázási réteg (kis víztraktározó képesség)

a) szilárd kőzet
b) tömör „padok" (vaskőfok), orstein mészkőfok, összecementált kavics stb.)
c) kicserélhető. Na^+, agyag, $CaCO_3$ vagy más anyagok által összecementált réteg
d) helytelen művelés következtében loalakuló réteg („ekctalp-réteg")

⇒ Szélsőséges vízgazdálkodás

[túlnedvesedés, aerációs problémák)
| belvízveszély
[felszíni lefolyás, vízeróziós károk
aszály- (szárazság) érzékenység

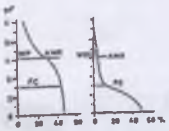
2. Repedezés (duzzadás–zsugorodás)

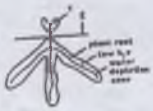


Száraz állapotban (zsugorodás, repedezés)
→ szivárgási veszteségek
→ emelkedő talajvízszint
→ túlbő nedvességviszonyok (túltelítődés, belvízveszély)
→ a talajvízből történő másodlagos sófelhalmozódás, szikesedés (pangó, sós talajvíz esetén)
→ párolgási veszteségek (mélyebb rétegek kiszáradása)

Nedves állapotban (duzzadás)
a) nagy agyagtartalom
b) tágulló rétegrácsú (duzzadó) agyagásványok nagy mennyisége
c) nagy Na^+-telítettség (kicserélhető Na^+-tartalom)

3. Kis hasznosítható vízkészlet





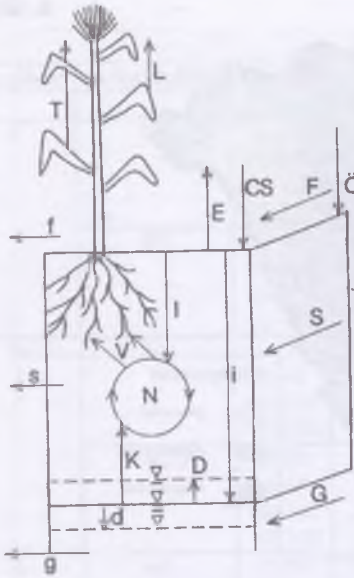
1. Kis hasznosítható vízkészlet (DV = VK + HV)
a) nagy agyagtartalom
b) elemi szemcsék erős diszpergálódása
c) erős lúgosság, nagy Na^+-tartalom
d) rossz talajszerkezet
e) igen kis agyagtartalom

2. Kis hasznosítható vízkészlet (a nagy ozmózis potenciál, ψ miatt)
a) nagy sótartalom
$\psi_s = 0{,}32\ (0{,}8+0{,}109\ C_1)^{1.03}$
$C_1 = Cl^-$ konc., me/liter

3. Kis transzport koefficiensek (k, D)
hervadás: V < ET
a) kis nedvességtartalom
b) nagy víztartó képesség
c) erős lúgosság, nagy Na^+-tartalom
d) rossz talajszerkezet

A növény vízellátását korlátozó talajtani tényezők

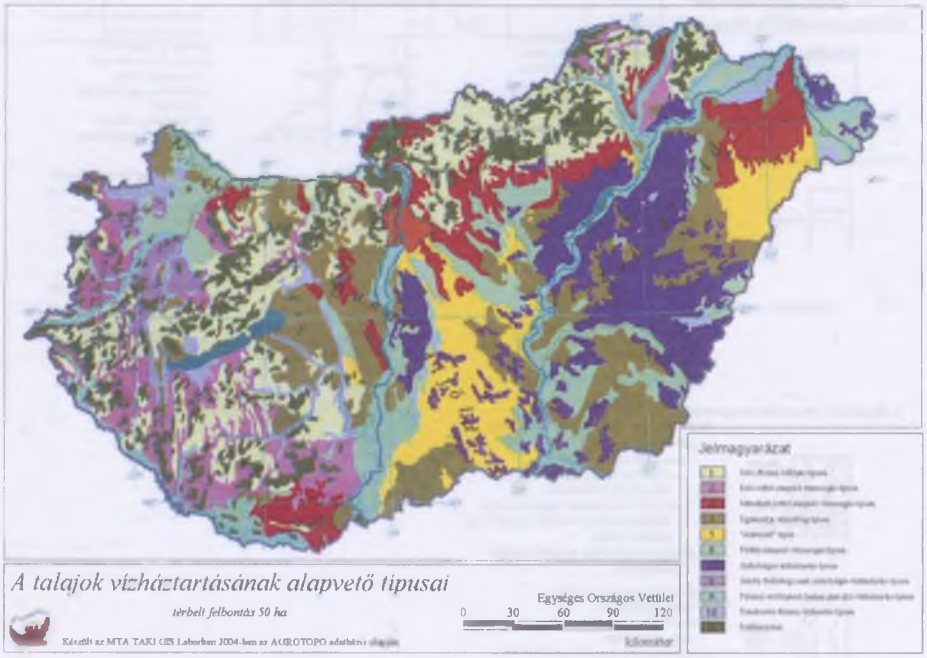
8. ábra



Cs+Ö = a talaj felszínére jutó csapadék- és öntözővíz,
F = felszíni odafolyás,
S = háromfázisú zónában végbemenő odaszivárgás,
G = horizontális talajvíz odaszivárgás,
L = közvetlen párolgás a növény felületéről (intercepció),
T = a növény párologtatása (transzspiráció),
E = közvetlen párolgás a talaj felszínéről (evaporáció),
f = felszíni elfolyás,
s = a háromfázisú zónában végbemenő elszivárgás,
g = horizontális talajvíz elszivárgása.
I = a talajba beszivárgó víz mennyisége,
K = a talajvízből történő felfelé irányuló kapilláris vízmozgással a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz mennyisége,
i = a talajba beszivárgó víz talajvízbe *jutó* és azt tápláló hányada,
v = a növény vízfelvétele, közvetve csökkenti
d = a talajvízszint süllyedése (a *K* csökkentésén keresztül).

Agroökoszisztémák területi vízmérlegének tényezői

9. ábra



6. táblázat

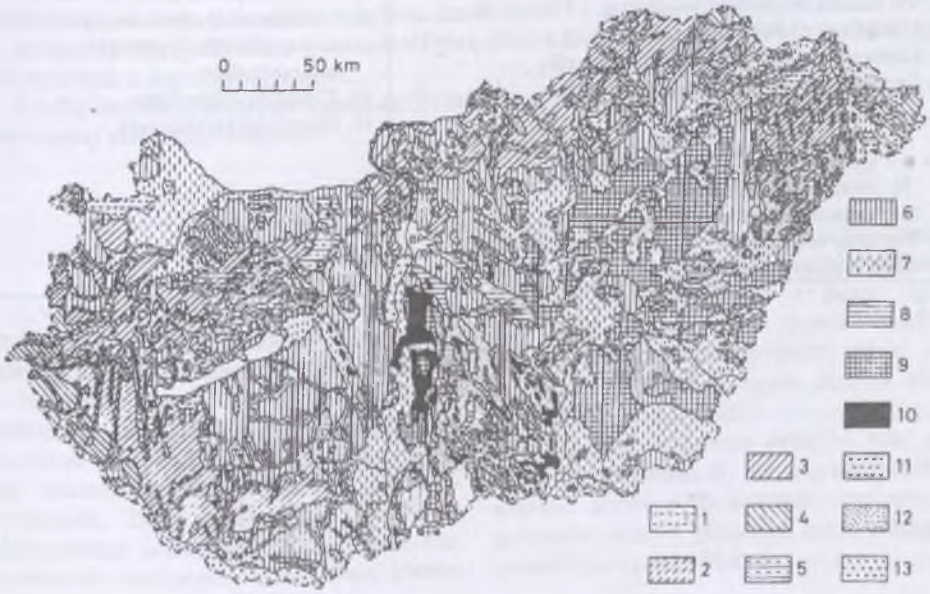
A talajok vízháztartásának és anyagforgalmának összefüggései

Jelmagyarázat: 0: nem lényeges; –: negatív hatás (káros); +: pozitív hatás (hasznos); (+): csupán pozitív hatás; =: cserélhető

Alkalmazott típus					Anyagforgalmi típus					
		Víz az anyagban		Megjegyzés			Víz az anyagban			Megjegyzés
Szám	Típus	Jól	Más		Szám	Típus	Jól	Más		
1.	Erős lefelszínt felvágás	0	F, T	Domborzat, lejtősség, csapadékviszonyok	1.	Erős talajszint lehordása	–	F, T	Talajtörzs-csökkenés	
2.	Erős talajszint felhordás	+	I	Sík csapadék, talajvíz	2.	Erős kiöntéses	–	I	Alluviatorzsi talaj	
3.	Jobbágyfalvi típusú talajvíz	(+)	I	Eltér sok csapadék, talajvíz	3.	Csapadékoldattal táplált	–	I	Csupán alluviatorzsi	Fejlődési B-szint
4.	Kétszintű vízszint	+	L, F, T	Kevés csapadék, talajvíz	4.	Csapadékoldattal táplált pseudo víz	–	I	Alluviatorzsi talaj	
5.	Vízszintszint	(+)	I(!)	Nagy vízszintcsökkenés, talajvíz	5.	Erős vízhiány	–	L, V		
6.	Kétszintű talajvíz	–	K, O	Lejtős, kevés csapadék, nem hatékony talajvíz	6.	Kiszárítási anyagforgalom	–(–)	I(!)		
7.	Szélhordás veszélyeztetettsége	–	K, O	Lejtős, kevés csapadék, talajvíz	7.	Talajvízszint	+	K, O	Jelentős horizontális	
8.	Szerves talajanyag mennyisége	0	0	Víz és élőlények megfelelő pufoltsága, talajszint, nagy talajmódosítás lehetősége	8.	Erős kémiai talajmódosítás	+	K, O	Nagy, nagy kémiai-fizikai	
9.	Szélhordás veszélyeztetettsége	–	K, O	Lejtős, kevés csapadék, talajvíz	9.	Mezőgazd. és gépszerv. hat.*	+	K, O	Nagy, nagy szórásmód	
10.					10.	Erős és gépszerv. hat.*	+	K, O	Nagy, nagy szórásmód	
11.	Erős	0	L, T	–	11.	Szerves anyag-felhalmozódás	+	E, O		
12.	Szerves anyag felhalmozódása	0	E, O	Talajszint kőzet megfelelő szerves anyagok okozta szerves-anyag-felhalmozódás és nedvességtartalma	12.	Fejlődési viszonyok alatt	0	E, O		
13.	Talajszint felszínfejlődés	0	E, O	Csapadékmennyiséget és talajszint és felszínfejlődés	13.	Pedológiai				
14.	Kémiai szennyeződés	+	E, O	Kémiai szennyeződés	14.	Szerves anyag-felhalmozódás	+	E, O		
15.	Alkotórész		T, L	Alkotórész						

Jelmagyarázat: 0: nem lényeges; –: negatív hatás (káros); +: pozitív hatás (hasznos); (+): csupán pozitív hatás; =: cserélhető

10. ábra



7. táblázat

A talajvízháztartás szabályzásának lehetősségei, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek		Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	Megakadályozása vagy mérséklése	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró meg-telepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)	1, 1a 5a, 8
Felszíni párolgás		beszivárgás gyorsítása (talajművelés mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2, 4
Talajon keresztüli talajvíz-táplálás		talaj víztartó-képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvízszint emelkedés		szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás szivattyúzás, drénezés)	2, 3 5b, 5c
Talajba szivárgás	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1, 4, 5a, 7
Talajban történő hasznos tározás		talaj vízraktározó-képességének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartó-képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növény megválasztás); talaj-javítás; talajkondicionálás	4, 5b, 7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)		öntözés	4, 7, 9, 10
Felesleges és káros vizek felszíni és felszín alatti elvezetése		felszíni és felszín alatti vízrendezés (drénezés)	1, 2, 3, 5c, 6, 7, 11

Kedvező környezeti hatások	Kedvezőtlen környezeti hatások
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, meg-szüntetése vagy mérséklése 1. Víz okozta talajerózió; talajfolyás 2. Másodlagos szikesedés 3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély 4. Aszályérzékenység, repedezés 5. Kijuttatott tápanyagok 5a. bemosódása (→ felszíni vizek eutrofizáció) 5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek) 5c. immobilizációja 6. Fitotoxikus anyagok képződése 7. Biológiai degradáció 8. Árvízveszély a vízgyűjtőterületen	9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazság-érzékenység

AGROÖKOLÓGIA ÉS VÍZGAZDÁLKODÁS

VERMES LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

Megállapítható, hogy a témakörben a legnagyobb hangsúlyt az agrár ökoszisztémákra ható szélsőséges vízhiányos helyzetekre, a szárazságra, illetve az aszály okozta kártételek elemzésére, valamint az ellenük való védekezés lehetőségeinek meghatározására célszerű helyezni. Nemcsak azért, mert napjainkban és térségünkben rendkívüli hevességgel jelentkezik és pusztít az aszály, hanem mert általában ez okozza a legnagyobb közvetlen gazdasági és ökológiai veszteségeket mind a termesztett, mind a természetes növényállományokban, továbbá az egész élővilágban, de a közvetett kártételei is számottevőek.

Az aszály olyan, egyelőre kiszámíthatatlanul vissza-visszatérő természeti jelenség, – egyes országok értékelése szerint olyan természeti katasztrófa, – amely a várthoz, illetve a normálishoz képest jelentős mértékű csapadékhiánnyal, megnövekedett hőmérséklettel és nagyobb párolgással jellemezhető időjárási anomáliaként jelenik meg. Az aszály erőssége az aszály jelenség intenzitását mutatja egy adott területen a nedvesség állapotoknak, vagyis a vízellátottságnak az átlagostól való eltérésén keresztül, meteorológiai, illetve hidro-meteorológiai indexeket használva a szárazság mértékének számszerű kifejezésére. Az aszályérzékenység egy területen vagy régióban a különböző erősségű aszályok területi előfordulásának/megjelenésének eloszlását mutatja. Az aszály sebezhetőség még komplexebb fogalom, kifejezi a népesség, a különböző tevékenységek és a környezet azon jellemzőit, amelyek érzékenyek az aszály hatásaira.

Az aszály előrejelzéséhez a meteorológiai, illetve hidro-meteorológiai indexek és adatok nyújtják a legtöbb segítséget.

A talaj életében, kialakulásában és termékenységében egyaránt meghatározó szerepe van a talaj vízháztartásának.

BEVEZETÉS

A víz mind a természetes, mind az ember által kialakított és fenntartott ökoszisztémákban nélkülözhetetlen és döntő fontosságú környezeti elem. Az NKFP projekt célkitűzéseinek megfelelően a kidolgozandó feladaton belül egyik legfontosabb célunknak tekintettük a különböző agrárökoszisztémák, illetve a hozzájuk kapcsolódó talajhasználat felszíni és felszín alatti vízkészleteink minőségére (elsősorban kémiai összetételére) gyakorolt hatásának oknyomozó elemzését. Ennek érdekében a kutatás során tisztázni kívánjuk a *hazai agrárökoszisztémák jellegzetes típusait,* azok fő jellemzőit, szabatos leírásukat, majd meg kívánjuk határozni az egyes típusok vízzel kapcsolatos problémáit.

Ezzel párhuzamosan szükség van arra, hogy meghatározzuk az *agrárökoszisztémákkal szemben támasztott legfontosabb igényeket,* mind a gazdaság, mind a környezetvédelem szempontjából.

1. A TALAJ VÍZGAZDÁLKODÁSÁNAK TANULMÁNYOZÁSÁRA IRÁNYULÓ KUTATÁSOK

Eddigi vizsgálataink szerint a hazai agrárökoszisztémáknak két nagy csoportja különíthető el: a) az élelmiszerek és a mezőgazdasági nyersanyagok előállítását végző *árutermelő,* valamint a b) a természeti értékek megőrzését és a természetes környezet védelmét szolgáló *környezetfenntartó agrárökoszisztémák.* Ezekbe sorolhatók be a gyakorlatban előforduló változatok, amelyek különösen céljukat és szerkezetüket tekintve különíthetők el egymástól.

Kutatásaink arra irányulnak, hogy meghatározzuk a víz szerepét, valamint kapcsolatát a többi ökológiai tényezővel az egyes agrárökoszisztémákban, a kialakuló szélsőséges vízháztartási helyzetek (víztöbblet, vízhiány) befolyását az ökoszisztémákban lezajló életfolyamatokra és az ökológiai rendszer működésére, valamint teljesítményére, továbbá megoldásokat találjunk a víz okozta stresszhelyzetek feloldásának lehetőségeire. Vizsgálni kívánjuk az Európai Unió Víz Keretirányelvének az agrárökoszisztémákkal szemben támasztott követelményeit, a Keretirányelv és a fenntartható fejlődés kapcsolatát a hazai agrárökoszisztémákban. Végső célunk az, hogy alternatív ajánlásokat fogalmazzunk meg az ökológiai szempontból is kedvező talajnedvességforgalom szabályozási lehetőségeire, valamint a hazai agrárökoszisztémákban követendő fejlesztési irányokra vonatkozóan. Jelentős szerepet játszik vizsgálatainkban az agrárökoszisztémák hatása a vizek minőségére, kiemelve mind a kedvező, mind a kedvezőtlen hatásokat, továbbá módszerek keresése a káros hatások kiküszöbölésére.

A módszertani kérdésekkel való foglalkozással párhuzamosan *megkezdtük a vonatkozó szakirodalom feltárását,* összegyűjtését és feldolgozását. A komplex és szerteágazó témakör következtében igen kiterjedt szakirodalmi vizsgálódás szükséges ahhoz, hogy a számunkra használható publikációkat megtaláljuk és feldolgozzuk. Irodalomkutatásunk nem korlátozódhat csupán a hazai közleményekre és monográfiákra, hanem ki kell terjednie a nemzetközi szaklapokban és szakkönyvekben megjelenő közlésekre is, ugyanakkor figyelembe kell vennie mind a módszertani jellegű, mind a hatásokkal és kölcsönhatásokkal foglalkozó publikációkat. A szóba jöhető szakirodalmi források felkutatása és gyűjtése után a rendszerezés és elemzés munkáját a kutatás további fázisaiban folytatni tervezzük. Az eddig elkészült szakirodalmi áttekintés anyagát a kutatómunkáról szóló részjelentésünk melléklete tartalmazza.

2. A VÍZ ÉS A TÖBBI KÖRNYEZETI ELEM KAPCSOLATÁNAK VIZSGÁLATA

Vizsgálataink során a legnagyobb hangsúlyt az agrár ökoszisztémákra ható *szélsőséges vízhiányos helyzetek,* vagyis a szárazság, illetve az aszály okozta kártételek elemzésére, valamint az ellenük való védekezés lehetőségeinek meghatározására helyeztük. Nemcsak azért került erre sor, mert napjainkban és térségünkben rendkívüli hevességgel jelentkezik és pusztít az aszály, hanem mert általában ez okozza a legnagyobb közvetlen gazdasági és ökológiai veszteségeket mind a termesztett, mind a természetes növényállományokban, továbbá az egész élővilágban, de közvetett kártételei is számottevőek. Nem véletlen, hogy korunkban az egész világon egyre nagyobb figyelemmel fordulnak az ismétlődően, egyre gyakrabban és egyre erősebben jelentkező aszályok elleni küzdelem felé, és keresik a káros hatások csökkentésének, illetve ellensúlyozásának lehetőségeit, módszereit. A gyakori és súlyos aszályok ugyanis mintegy előkészítik az érintett terület élővilágának elszegényedését és talajának leromlását, végső soron az elsivatagosodás folyamatának kialakulásához és elhatalmasodásához vezetnek (*Vermes, 2003b; 2003d; Vermes – Láng,*

2003). Mutatja ennek jelentőségét az, hogy a felmérések és az értékelések szerint *az emberiség hatod részét* közvetlenül érinti, illetve veszélyezteti a sivatagosodás, és ebbe az aszályok okozta káros hatásokkal érintetteket még nem is számították be.

Az aszály olyan, egyelőre kiszámíthatatlanul vissza-visszatérő természeti jelenség – egyes országok értékelése szerint olyan természeti katasztrófa – amely a várthoz, illetve a normálishoz képest jelentős mértékű csapadékhiánnyal, megnövekedett hőmérséklettel és nagyobb párolgással jellemezhető időjárási anomáliaként jelenik meg. A bekövetkező aszály következményeként az elégtelen mértékű csapadék és a hatására megcsappanó vízkészletek nem képesek kielégíteni a növények, de általában az élőlények vízigényét (beleértve az embert is), ezért jelentős gazdasági, szociális és környezeti károk keletkeznek. Az aszály sokkal inkább relatív, mint abszolút állapot, amelyet minden régióban és minden élőlénycsoportra külön kell értelmezni. Minden aszály különbözik az előzőtől erősségben (intenzitásban), tartamában és területi kiterjedésében. Mezőgazdasági szempontból az aszály egy adott szántóföldi- vagy erdőterületen lévő növényállomány tartós és jelentős mértékű vízhiánya, ami nagymértékben behatárolja a növény életfolyamatait. Növény nélkül az aszály nem értelmezhető, mert a különböző növények különbözőképpen reagálnak az azonos mértékű szárazságra, illetve vízhiányra.

Vizsgálódásaink az aszállyal kapcsolatos néhány fogalom tisztázásán túlmenően elsősorban arra irányultak, hogy miként lehet minél pontosabban meghatározni az aszály kialakulását, valamint egy-egy terület aszályra való érzékenységét. Az aszály okozta károk megelőzésének ugyanis alapvető feltétele annak ismerete, hogy hol és mikor várható súlyos aszály kialakulása. A különösen aszályérzékeny területekre kell összpontosítani a megelőzés és a védekezés minden lehetséges eszközét, ezért az ilyen területek megismerése és feltérképezése fontos feladat.

Ami a fogalmakat illeti, egyértelműen el kellett különítenünk az aszály erősség, az aszályérzékenység és az aszály sebezhetőség fogalmának meghatározását, ezek ugyanis nem szinonim fogalmak. Az *aszály erőssége* egy bizonyos aszály jelenség intenzitását mutatja egy adott területen a nedvesség állapotoknak, vagyis a vízellátottságnak az átlagostól való eltérésén keresztül, meteorológiai, illetve hidro-meteorológiai indexeket használva a szárazság mértékének számszerű kifejezésére. Az *aszályérzékenység* egy területen vagy régióban a különböző erősségű aszályok területi előfordulásának/megjelenésének eloszlását mutatja, nem csupán a hidro-meteorológiai indexek hosszú távú adataira támaszkodva, hanem felhasználva – egyebek mellett – az adott talaj jellemzőkre és a növényi toleranciára vonatkozó információkat is. Az aszály erősség és annak területi eloszlása évről-évre változik, de az *aszályérzékenység* – éppen komplex és hosszú távú jellege következtében – sokkal állandóbb marad, ezért területi eloszlása is stabilabb képet mutat. Az *aszály sebezhetőség* még komplexebb fogalom, kifejezi a népesség, a különböző tevékenységek és a környezet azon jellemzőit, amelyek érzékenyek az aszály hatásaira. A sebezhetőség foka az adott régió környezeti és szociális jellemzőitől függ, és azzal a képességgel mérhető, amely az aszály előrelátásával, az aszállyal való megbirkózással, szembeszegüléssel és annak kiheverésével függ össze.

Az aszály *előrejelzéséhez* kétségtelenül a meteorológiai, illetve hidro-meteorológiai adatok és indexek nyújtják a legtöbb segítséget. A szárazság okozta vízhiányos állapot a szélsőségesen víztöbbletes helyzeteknél lassabban, alattomosabban alakul ki, és ez csak a mindenkori csapadékra, a hőmérsékletre és a párolgásra, valamint a felszíni és felszín alatti vizek állapotára vonatkozó adatok *folyamatos és rendszeres* vizsgálata és értékelése alapján követhető nyomon. Vannak ugyan már kimunkált és használt, különösen a csapadékadatokra alapozott indexeink, amelyek bizonyos eligazítást nyújtanak az aridítás kialaku-

lása és súlyossága tekintetében, de még mindig késve, és sok bizonytalansággal képesek csak jelezni a kimondottan szárazra váltó periódusok megjelenéseét és az aszály kezdetét. A folyamatban lévő kutatások arra irányulnak, hogy miképpen lehetne az említett vizsgálandó tényezők mérhető adatainak valamilyen kombinációja, illetve több mutató egyidejű értékelése segítségével pontosabbá tenni az aszályos időszak kezdetére vonatkozó előrejelzéseket (*Vermes, 2003c*).

Az *aszályérzékenység* kifejezése és térképi ábrázolása is további intenzív kutatómunkát igényel. Jelenleg nincsen olyan – nemcsak hazai, hanem nemzetközi viszonylatban is használható – összehasonlításra alkalmas módszerünk, amellyel az aszályérzékenység a fenti fogalommeghatározásának megfelelően komplex módon számszerűsíthető és térképezhető lenne. A megoldást abban keressük, hogy az adott területre jellemző hidrometeorológiai-, talaj- és növényadatokat ábrázoló térképeket a GIS-rendszer segítségével egymásra illesztve alkossunk olyan, az érzékenységet a három jellemző által *együttesen* kifejező és mutató térképet, amely mind a termesztők, mind a természetvédők számára pontosabban és árnyaltabban jelzi az aszályra különböző mértékben érzékeny területeket (*Vermes, 2003a*).

A projekt keretében folyamatban van az eddig végzett növénytermesztési kísérletek eredményeinek a vízfelhasználás szempontjából történő értékelése is. Ezzel kapcsolatban arra törekszünk, hogy meghatározzuk az alkalmazott kezeléseknek a növények vízfelvételére, illetve vízhasznosítására gyakorolt hatásait, és ezen keresztül megkíséreljük elkülöníteni a különböző vízháztartású növénycsoportokat.

3. A VÍZ TALAJTANI SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA

A talaj életében, kialakulásában és termékenységében egyaránt *meghatározó szerepe van a talaj vízháztartásának.* A víz mint oldószer, reagens és szállító közeg jelentős szerepet játszik a mállási, a talajképződési és a talajpusztulási folyamatokban, a talaj tulajdonságainak, valamint termékenységének kialakulásában (*Stefanovits, 1963; Várallyay, 1985b*). A víz ugyanakkor a növényi élet elengedhetetlen feltétele; nemcsak közvetlenül, hanem közvetve is, hiszen a *talaj nedvességtartalma* megszabja a talaj levegőtartalmát, a víz:levegő:talaj arány meghatározza a talaj levegőgazdálkodását, hőgazdálkodását, és ezeken keresztül a talajban végbemenő biológiai tevékenységeket is. Mindezek jelentős hatást gyakorolnak a növényi tápanyagok térbeli eloszlására, időbeni változásaira, átalakulására, felvehetőségére a növények által. A *talaj vízháztartása* tehát a növényi élet másik alapvető tényezőjét, a tápanyagellátást is befolyásolja. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira is, meghatározva ez által egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, elvégezhetőségét, optimális időpontját, illetve lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj a terület vagy a környezet intenzív mezőgazdasági termelésének, illetve szélesebb értelemben vett használatának stresszhatásait milyen mértékig képes pufferolni, kiegyenlíteni, és melyek a tűrési határt meghaladó terhelés esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni és felszín alatti vízkészletben várhatóan bekövetkező károsodások rövid vagy hosszú távon az adott területen, vagy annak környezetében (*Várallyay, 1978; 1985a*).

Agroökológiai szempontból az sem elhanyagolandó, hogy a talaj termékenységét gátló tényezők, illetve az azokat létrehozó folyamatok túlnyomó része a talaj vízháztartásával kapcsolatos, annak oka vagy következménye (*Szabolcs – Várallyay, 1978; Várallyay, 1985b*). Ebből következik, hogy a talaj termékenységének megőrzésére és fokozására irányuló agrotechnikai és meliorációs beavatkozások többsége – egyebek mellett – a talaj vízháztartásának szabályozását, *nedvességforgalmának optimalizálását* célozza. Hazánk talajainak mintegy 43%-a

kedvezőtlen vízgazdálkodású, 26%-a közepes és csupán 31%-a jó vízgazdálkodású. A kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságok fő oka az ország összterületének 10,5%-át kitevő nagy homoktartalom, 11%-án a nagy agyagtartalom, 10%-án a szikesedés, 3%-án a láposodás, 8,5%-án pedig a felszín közelében megjelenő szilárd kőzet, tömör padok, kavics, vagy egyéb tényezők okozta sekély termőréteg (*Várallyay, 1989*). A növénytermesztésben a vízfelhasználás gyenge hatásfokának okai nagyrészt szintén a talajviszonyokkal, a talaj *kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságaival* kapcsolatosak.

A szerves és ásványi kolloidokban szegény, laza homoktalajok gyenge víztartó képességük miatt eleve sülevényesek, aszályérzékenyek. A talaj felszínén vagy a talajszelvényben nem nagy mélységben kialakuló tömörödött réteg nemcsak a gyökerek zavartalan mélyre hatolását akadályozza, hanem szélsőséges vízgazdálkodást idéz elő. A gyakorlatilag szinte teljesen vízzáró szintek fölött kialakuló vékony talajréteg már viszonylag kis mennyiségű csapadék esetén is telítődik, sőt túltelítődik vízzel, felszínén tócsák, vízállások keletkeznek, benne a levegőtlenség és az ezzel együtt járó redukciós folyamatok miatt gátolt a növények zavartalan fejlődése. A csapadék- vagy öntözővíz értékes hányada a felszínről elpárolog vagy elfolyik, a sekély rétegben tárolt kis mennyiségű víz pedig csak rövid időre fedezi a növények vízellátását, azok már viszonylag rövid csapadékmentes időszak után is szárazságtüneteket mutatnak.

A nehéz mechanikai összetételű, esetleg szikes, erősen duzzadó-zsugorodó talajok repedésein keresztül a víz értékes hányada jut keresztül hasznosítatlanul a talajszelvényen, s okoz nemcsak jelentős szivárgási veszteségeket, hanem káros talajvíztáplálást, ami talajvíz emelkedést is előidézhet, ez pedig pl. nátrium-sókban gazdag talajvizek esetében másodlagos szikesedési folyamatok megindulásához, erősödéséhez, elmélyüléséhez vezethet. Beázáskor a duzzadó talajban eltűnő repedések megakadályozzák a mélyebb talajrétegek egyenletes átnedvesedését, és ily módon korlátozzák a talajban tárolt víz mennyiségét. Kiszáradáskor ugyanakkor a zsugorodás következtében kialakuló széles és mély repedéseken keresztül vastag talajrétegek értékes vízkészlete megy hasznosítatlanul veszendőbe. Tovább nehezíti a növények vízellátását, növeli a kedvezőtlen fizikai tulajdonságokkal rendelkező talajok aszályérzékenységét az, hogy a talajban tárolt víznek is csak kis hányada hozzáférhető a növények számára. Ilyen esetekben nagy a talaj holtvíztartalma, csekély a hasznosítható vízkészlete, és az igen kis kapilláris vezetőségesség miatt a növényi gyökerek vízfelvétele következtében azok körül filmszerűen kialakuló, kiszáradt talajrétegen keresztül igen lassú a talajnedvesség mozgása a gyökerekig, így még viszonylag nedves talajban is akadályozott a gyökérzet által felvett víz folyamatos utánpótlása a növényben. Nagyobb sótartalmú talajokban a növények vízfelvételét az ozmózispotenciál is gyakran jelentős mértékben akadályozza.

Mindezekből következik, hogy a *talaj nedvességtartalmának optimalizálása* során elsősorban a talaj tulajdonságait, és vele együtt a környezeti tényezőket kell úgy befolyásolni, hogy

– a felszínre jutó csapadékvíz minél nagyobb hányada kerüljön a talajba (a felszíni lefolyás és a párolgás csökkentése révén);

– a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjon a talajban (a vízraktározó képesség növelése és a szivárgási veszteségek csökkentése révén);

– a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljék felvehetővé, hasznosíthatóvá a növények által.

Mindezek érvényesülése esetén nemcsak a növények vízellátása válik hosszabb időre biztonságossá, hanem csökkennek az eróziós károk, lényegesen kevesebb felszíni vizet kell elvezetni, fokozódik az aszállyal szemben a termésbiztonság, mérséklődik a talaj-

vízszint káros megemelkedése és az ezzel járó káros következmények (túlnedvesedés, vizenyősödés, láposodás, szikesedés), valamint a felszín alatti vizek elszennyeződésének veszélye is.

A *talaj vízháztartás-szabályozásának* – és ezen belül az öntözésnek – elsődleges célja a termesztett növények zavartalan, optimális, illetve az optimálist minél jobban megközelítő vízellátásának megteremtése, ezen keresztül a talaj levegő- és tápanyagellátásának szabályozása, a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatoknak kedvező irányú befolyásolása, végső soron a talaj termékenységének fenntartása, illetve növelése. Az intenzív mezőgazdasági termelés körülményei között ez kiegészül azzal a céllal, hogy a talajnedvesség szabályozásával kell megteremteni vagy javítani egyes agrotechnikai műveletek időben és megfelelő minőségben való energiatakarékos elvégzésének feltételeit, megelőzni a taposási károkat, a talaj tömörödését, a talajszerkezet leromlását. A talajnedvesség szabályozásának fontos szempontja továbbá az is, hogy *megteremtse a megfelelő ökológiai környezetet* a talajban lejátszódó kedvező mikrobiológiai folyamatokhoz (*Várallyay, 1989*).

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) STEFANOVITS P. (1963): Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Budapest. (2) SZABOLCS I. – VÁRALLYAY GY. (1978): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan, 27.* 181–202 pp. (3) VÁRALLYAY GY. (1978): A talajfizika helyzete és jövőbeni feladatai. *Agrokémia és Talajtan, 27.* 203–218 pp. (4) VÁRALLYAY GY. (1985a): Talajtérképek a mezőgazdaság szolgálatában. *Geodézia és Kartográfia, 37.* 425–431 pp. (5) VÁRALLYAY GY. (1985b): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan, 34.* 267–298 pp. (6) VÁRALLYAY GY. (1989): Az öntözéses gazdálkodás talajtani alapjai. In: Az öntözés gyakorlati kézikönyve (Szerk.: SZALAI GY.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 27–99 pp. (7) VERMES L. (2003a): *Project proposal for the development of the European Drought Sensitivity Map.* EU FP6 keretprogramhoz nemzetközi konzorciumépítő tanácskozás, Budapest, SzIE KTK. Kézirat. (8) VERMES L. (2003b): *First Progress Report on the Revision of the World Atlas of Desertification.* UNCCD Group of Experts Meeting, Bonn, Gernany. Manuscript. (9) VERMES L. (2003c): *A Nemzeti Aszálystratégia tervezetének ismertetése.* MTA Debreceni Akadémiai Bizottságának székháza, Debrecen. Kézirat. (10) VERMES L. – LÁNG I. (2003): *Új tudományos együttműködések a Kárpát-medence élővilágának védelme és a vízhiányos térségek felmérése érdekében.* A fenntartható fejlődés környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében c. nemzetközi konferencia kiadványa, Pécs. (11) VERMES L. (2003d): *A Sivatagosodási Világ Atlasz korszerűsítése. Agrokémia és Talajtan, Budapest. 52, 3–4.* 493–500. pp.

KLIMATIKUS SZÉLSŐSÉGEK HATÁSÁNAK TANULMÁNYOZÁSA ŐSZI KALÁSZOSOKON

VEISZ OTTÓ – SELLYEI BOGLÁRKA

Összefoglalás

Az Agroökológiai Program meteorológiai kutatásainak részeként mesterségesen létrehozott környezeti rendszerben konkrét kísérletek beállításával tanulmányoztuk a klimatikus szélsőségek, a talaj, a víz, valamint a hőmérséklet hatását és kölcsönhatásait a növényekre. Kutatásainkat a hazai mezőgazdaság legfontosabb és legnagyobb területen termesztett növénycsoportjával, a gabonafélékkel végeztük. A kutatások célja az egyes környezeti tényezők hatásának és azok kölcsönhatásainak tanulmányozása az agronómiailag fontos tulajdonságok alakulására.

A fitotronban végzett kísérletek eredményeiből megállapítható, hogy a kiváló fagyállósággal rendelkező fajták túlélési %-át kevésbé befolyásolták a fagyasztás alatt előforduló talajnedvesség-tartalom különbségek. A közepes, illetve az annál gyengébb fagyállósággal rendelkező fajtáknál viszont az 50%-os eltérést is meghaladták a különböző talajnedvesség-tartalom mellett tesztelt növények életben maradási értékei.

Gradiens kamrába beállított kísérlettel határoztuk meg a fajták kezdeti fejlődésének hőmérséklet optimumát és a szélsőséges értékekre adott reakciójukat. Ebben a berendezés együttesben egyidejűleg 12 különböző (1 °C-onként növekvő) hőmérsékleten neveltük a növényeket. A hőmérséklet kivételével a talaj szerkezete, vízellátottsága, a megvilágítás intenzitása, hossza és a többi nevelési körülmény azonos volt mind a 144 kombinációban. A 12 fajta válaszreakciói, a vizsgált sajátságok tekintetében ugyan egyediek voltak, de a bélyegek összességét nézve köztük jellemző fejlődési dinamikát mutató csoportok alakíthatók ki. Bár a morfológiai jellegek változásának mértéke széles határok között mozog, a hőmérsékleti viszonyokra legszélesebb sávban válaszoló bélyeg a hajtáshossz és a levélszám változás. Az egyéb fenológiai bélyegekre a fejlődés korai szakaszában, az általunk használt hőmérsékleti tartományban, a környezeti tényezőtől függő egyenes arányú változások jellemzőek. Ettől eltérő sajátos gyarapodása a biomassza tömegnek van, mely logaritmikusan változik.

A vízhiány hatásának pontos meghatározására 12 kalászos gabonafajtával végeztünk kísérletet 5 eltérő talajnedvességi szinten fitotronban (természetes vízkapacitás 30%, 40%, 50%, 60%, 70% víztartalom). A talaj nedvességtartalmának csökkenése minden vizsgált genotípusnál megbízhatóan csökkentette a biomassza tömegét. A kedvezőtlen vízellátottság hatására a fajták között lényeges különbség a biomassza csökkenés mértékében mutatkozott. A hajtás-gyökér növekedés dinamikája eltérő volt. A hajtás érzékenyen reagált a nem megfelelő vízellátásra, míg a gyökér tömegének változása nem csökkent arányosan a víz ellátottsági szintekkel. Az összes biomassza tömeg csökkenése alapvetően a hajtásgyarapodás megtorpanásából eredt, amihez a gyengébb gyökérnövekedés csak kis mértékben járult hozzá.

BEVEZETÉS

A kalászos gabonák termésének mennyisége és minősége számos tényező együttes hatásának az eredménye. Ezek közül az egyik legfontosabb a fajta potenciális termőképessége, amely az alkalmazkodóképességétől függően realizálható az eltérő termesztési körülmények között. Egy adott fajta alkalmazkodóképessége két tényezőtől függ, egyrészt a kedvezőtlen környezeti feltételekhez, másrészt pedig az eltérő földrajzi viszonyokhoz való adaptálódó képességtől. A Kárpát-medence kontinentális éghajlati viszonyai között a kedvezőtlen környezeti feltételeken elsősorban az alacsony vagy magas hőmérsékletet, valamint a víz hiányát vagy bőségét értjük.

Legutóbb a 2002/2003-as év tenyészidőszakának időjárása szolgáltatott példát e téma gyakorlati jelentőségére. A szélsőséges klimatikus viszonyok nagymértékben próbára tették az őszi kalászosok alkalmazkodóképességét. Az átlagosnál szigorúbb és hosszabb tél után szinte tavasz nélkül köszöntött be a meleg nyár és a csapadékhiány. Mindez azt eredményezte, hogy e régió kedvezőtlen időjárási hatásai halmozottan, tartósan és szélsőségesen jutottak érvényre, melynek következménye az elmúlt évtized legalacsonyabb termésátlaga lett. A tél sokféle károsító hatása közül az elmúlt évben ott, ahol nem volt hótakaró a hideg napokon a közvetlen fagy, ott, ahol pedig tavasszal a hó olvadása gyorsan történt és a vizes talaj újra megfagyott a felfagyás okozott részleges fagykárt, vagy teljes kipusztulást.

A növények tél- és fagyállóságának kialakulását, azaz felkészülését a tél kedvezőtlen hatásainak kivédésére, hideghez történő alkalmazkodásnak, edződésnek nevezzük. Az edződési képesség a korai fejlődési állapothoz kötött, genetikailag meghatározott tulajdonság. Az edződés folyamatát, a maximális edzettségi állapot elérését és fenntartását a környezeti tényezők alapvetően befolyásolják. A talaj vízháztartása nemcsak a természetes növényzet és a termesztett növények vízigényének kielégíthetőségét szabja meg, hanem meghatározza a talaj levegő- és hő gazdálkodását, biológiai tevékenységét és tápanyag gazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira, befolyásolja továbbá azt, hogy a talaj a környezet stresszhatásait milyen mértékig képes pufferolni, s melyek a tűrési határt meghaladó terhelés esetén a talajban vagy a talajjal érintkező növényben várhatóan bekövetkező károsodások (*Várallyay, 2001*).

Magyarország éghajlati körülményei indokolttá teszik az őszi kalászosok télállóságának és fagyállóságának vizsgálatát. Hazánkban az utóbbi években gyakran tapasztalhattuk a csapadék egyenetlen eloszlásának lehetséges következményét, az árvizek, belvizek megjelenését. A télen hullott csapadék hó formájában védi a növényeket a fagyok ellen, viszont ha tartósan fagypont feletti a hőmérséklet, a sok csapadék káros lehet a búza áttelelésére. Gyakorlati megfigyelésekből ismert az a tény, hogy a nedves, vizenyős területeken nagyobb a kifagyás mértéke, mint a szárazabb földeken.

A fagytűrés kialakulását az abiotikus tényezők közül a csapadék mennyiségi és időbeni eloszlása is befolyásolhatja, mivel az edzési körülményektől függően az áttelelés, vagy túlélés eredményét nagymértékben meghatározza többek között a növényi szövetek nedvességtartalma. Az őszi kalászosok fagyállóságát elemző szakirodalomban ellentétes vélemények találhatók a talaj nedvességtartalom szerepének megítélésében. Egyes szerzők véleménye szerint (*Salmon, 1933; Tysdal, 1933*) a talaj nedvességtartalma pufferként hat a hirtelen hőmérsékletváltozások ellen, míg mások (*Gusta – Fowler, 1976; Chen – Gusta, 1978; De Noma et al., 1989; Adak – Eser, 1993*) különböző módszerekkel és eltérő fajtákkal végzett kísérleteikben megállapították, hogy negatív korreláció van a túlélési % és a talaj-, a bokrosodási csomó-, valamint a hajtás tenyészőcsúcs nedvességtartalma között.

Az őszi kenyérbúzák fagyállóságának tanulmányozásához viszonyítva a *T. durum*

búzáról kevesebb irodalmi adat áll rendelkezésre (*Beke – Sutka, 1983; Szunics et al., 1987, 1998; Szűcs et al., 1998, 1999*). Mivel a durum búza magyarországi elterjedését jelentősen befolyásolja többek között a fajták télállósága is, ezért ennek a tulajdonságnak a vizsgálata alapvető jelentőségű a hazai nemesítésben.

A búza fejlődéséhez adott hőmérsékleti tartomány szükséges. Fejlődésének optimum hőmérséklete 10 °C és 24 °C közé tehető. A bokrosodás végétől a szem kitelítődésig az optimálisnál alacsonyabb hőmérséklet nagyobb termést eredményezhet, míg az optimálisnál minden egy °C-szal magasabb hőmérséklet a fajták átlagában 4% termés-csökkenést okozhat. A 2003. év májusában és júniusában az optimálisnál jó pár fokkal melegebb volt, ezért ez a környezeti tényező is jelentősen hozzájárult az alacsony termés kialakulásához.

Magyarországon az agroökoszisztémák működésének, biomassza hozamának és környezeti hatásainak egyaránt a víz az egyik meghatározó tényezője (*Várallyay, 2001*). A vízfelhasználás hatékonyságának növelése ezért megkülönböztetett jelentőségű feladat. A víz jelenléte, illetve hiánya már az egyedfejlődés korai szakaszában is komoly határokat szab a növények fennmaradásának, növekedésének és a biomassza termelésének. A huzamosan fennálló vízhiányt a különböző növényfajták eltérő mértékben képesek átvészelni. Ezt alapvetően a fajták egyedi vízhasznosító képessége és a genetikailag determinált szárazságtűrési tulajdonságai határozzák meg.

A növények életük során, nemcsak a sivatagos és félsivatagos területeken, hanem a Kárpát-medencében is gyakran kerülhetnek átmenetileg, a levegő és/vagy a talaj nem megfelelő vízellátottsága folytán, vízhiányos állapotba (*Wilson et al., 2001*). A vízhiány összetett növényi válaszreakciókat vált ki, melyek megnyilvánulhatnak az adaptáció képességében, de a növény elpusztulásában is. A szárazságstressz kivédése során a különböző fajtákban keveredik a stresszhatást elkerülő és a toleranciát kialakító adaptációs stratégia. A mediterrán éghajlat növényeit az elkerülő mechanizmus túlsúlya jellemzi (*Chaves et al., 2002*). Ez a sajátság a genetikailag rögzült strukturális és anyagcsere változásokban ismerhető fel.

A stresszre adott válasz mértékében a búzafajták között szignifikáns különbségek vannak. Ez megmutatkozik egyrészt a növény magasságában, a szalma-, a hajtás-, a gyökér száraz tömegében, a prolin-, a protein- és a chlorofill tartalomban, másrészt pedig a sztómák számában, méretében, aktivitásában, valamint a kalászka és a szem/kalász számban (*Safaie – Ghadiri, 1995*).

A szárazságtűrés kérdésében a nemesítő a morfológiai bélyegek alapján tud legkönnyebben tájékozódni. A föld alatti és a föld feletti részt egyaránt nagy genetikai variabilitás jellemzi. A gyökér növekedés megfelelő vízellátottság mellett szoros összefüggést mutat a talaj víztartalmával (*Bchini et al., 2002*), a vízhiányra viszont kevésbé érzékeny, mint a hajtásrendszer (*Chaves et al., 2002*). A vízhiány késlelteti az oldalhajtások megjelenését és áttételesen azok megtermékenyülését, ezzel jelentős terméskiesést okoz. A stressz a már leveles oldal- és főhajtások szemkötésére csak mérsékelten van hatással (*Mosaad et al., 1995*). A növény nemcsak levélfelületének nagyságával, hanem morfológiai módosulásával is megelőzheti a dehitratációt. Szárazság hatására általában megnövekszik a levél-, a kutikula-, az epidermisz-, a hipodermisz vastagsága, a sztómák száma, míg csökken a levélszőrök száma és a sztómák nyitottsága (*Hameed et al., 2002*). A morfológiai sajátságokon túl a különböző ozmotikusan aktív anyagok felhalmozódása (*Sarker et al., 1999*), valamint az ozmotikus egyensúly változása (*Morgan, 1995*) és az enzimaktivitás módosulása is kíséri a növények stresszel szembeni toleranciájának kialakulását.

E közleményünkben ismertetjük a talajnedvesség-tartalom hatását az őszi kenyér és durum búza fagyállóságára és fejlődésére. Feleletet várunk arra, hogy a talajnedvesség-

tartalomnak mekkora a túlélési százalékot és biomassza tömeget módosító hatása, és az eltérések azonos mértékűek-e az aestivum és a durum búzánál. A kapott eredmények elősegíthetik megbízható következtetések levonását, és már a növények fiatal korában lehetővé tehetik a szélsőségesen változó környezeti feltételek közt eredményesen termeszthető fajták szelekcióját.

A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

A szélsőséges klímahatások mesterséges ökoszisztémán belüli tanulmányozásához tesztnövényként a kalászosok különböző fajtáit állítottuk kísérletbe. A kiválasztott őszi búza, rozs és tavaszi búza fajták a világ fő búzatermesztési övezeteiből származnak. Mivel igen széles genetikai bázist, ennek következtében eltérő alkalmazkodó képességet képviselnek, ezért nagyon változatos agroökológiai körülmények között hosszabb ideig, nagy területen sikeresen termesztették azokat. Joggal feltételezhető tehát, hogy a szélsőséges klímahatásokra is igen eltérő módon reagálnak. A martonvásári nemesítésű búzafajták az előzőeken túl kenyér készítés szempontjából is különböző minőségi tulajdonságokkal rendelkeznek.

Kísérleteinket Martonvásáron, *az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének* fitotronjában kontrollált körülmények között végeztük. A fitotron egy olyan „összkomfortos" növényház, ahol a növényi élet számára fontos környezeti tényezőket (pl. fényt, hőmérsékletet stb.) szabályozni lehet, és a kísérletek programozhatóan és reprodukálhatóan végezhetők. Jelen esetben a programozhatóságon azt kell érteni, hogy függetlenül a külső időjárási körülményektől, a kutató elképzelése szerint Földünk bármely klímája előállítható, s az egyszer létrehozott ökológiai környezet bármikor megismételhető.

A kísérletben különböző eredetű *T. aestivum* és *T. durum* genotípusok fagyállóságát vizsgáltuk eltérő talajnedvesség-tartalomnál. Az ültetéshez csíráztatott búzaszemeket használtunk. A kezelésenként négyismétléses véletlen elrendezésű kísérletben ládánként 9 sorban, soronként 20 növényt ültettünk. Hat hétig előneveltük a növényeket M29-es jelű programon. A fagyasztási program részletesen *Tischner et al.* (1997) közleményében olvasható. A hőmérséklet, a fényerősség és a megvilágítás hossza a természetes körülményekhez hasonlóan – hetenkénti programváltással – fokozatosan csökkent. Ezt követte a két részből álló edzés. Az előnevelés hatodik hetéig azonosak voltak a környezeti paraméterek. A hatodik héten és az edződés első fázisa alatt öt különböző talajnedvesség-tartalmat alakítottunk ki az előzetesen meghatározott talajszerkezet alapján kiszámított eltérő vízmennyiség adagolásával. A ládák locsolását megszüntettük az edződés második fázisa és a fagytesztelés alatt. Fagytesztelés előtt kontrolláltuk a kezelések közti és a kezeléseken belüli nedvességtartalom szinteket. A növénynevelő ládákból vett talajminta kiszárításával meghatároztuk a tényleges nedvességtartalmat, amit a talaj természetes vízkapacitásának százalékában fejeztünk ki, valamint elektromos vezetőképesség-mérővel is ellenőriztük a víztartalmat. A konduktométerhez (OK 102/1) két darab öt-öt cm hosszú elektróda csatlakozott. Az elektródákat a ládák két végén a talajba szúrtuk és a talaj nedvességtartalmától függően kaptuk meg a vezetőképességet. A természetes vízkapacitási százalékok és a talaj vezetőképessége szignifikánsan különbözött az öt kezelésnél a fagyasztás időpontjában, de azonos volt kezelésen belül a különböző ládákban. A kezelésenként meghatározott természetes vízkapacitási százalékok és a talaj vezetőképessége között szoros korrelációt kaptunk ($r = 0{,}988^{**}$).

A fagyasztás a fagyrezisztencia tesztelő kamrában történt, a *T. aestivum* fajtákat – 15 °C-on, a *T. durum* genotípusokat pedig – 13,5 °C-on teszteltük. A hőmérsékletet fokozatosan csökkentettük, majd 24 óráig tartott

a fagyasztás. A két napig tartó kiolvasztás után a ládákat nevelőasztalokra helyeztük át, ahol 1,5 cm magasságban visszavágtuk a növényeket. Az utónevelés három hétig tartott, majd a harmadik hét végén értékeltük a kísérletet. A fagyasztást túlélő, fejlődésnek indult növények jól megkülönböztethetőek voltak az elpusztultaktól. A fajták fagyállóságának értékelésekor meghatároztuk a fagyasztást túlélő növények számát, és ezt a fagyasztás előtti növényszám százalékában fejeztük ki.

A Föld különböző vízellátottságú területein nemesített 12 gabonafajtát (*Bánkúti 1201, Mv Emma, Mv Mezőföld, Mv Martina, Mironovszkaja 808, Bezosztaja 1, Soiasson, Lona, Mv 15, Motto, Thesee, NS Rana 2*) vizsgáltunk a korai fejlődés meghatározására, melyek származási helyük miatt várhatóan eltérő vízhasznosításúak. A csíráztatott búzaszemeket 1100 cm^3 űrtartalmú cserepekbe ültettük, majd klímakamrákban felneveltük őket. Vízhasznosító képességük jellemzése érdekében, 3 hét eltelte után, a tenyészedényekben fokozatosan emelkedő talajnedvességi szinteket (a természetes vízkapacitás 30%, 40%, 50%, 60%, 70% víztartalom) hoztunk létre. Az ültetést követő 7., 14., 21., 28., és a 35. napon felvételeztük a különböző morfológiai bélyegek (hajtáshossz, hajtásszám, levélszám) változását, melyek jól jellemezték a pár hetes fiatal növények fejlődését. A kísérlet végén méréseinket kiterjesztettük a gyökérhossz és a növényi friss- és száraztömeg (teljes növény, hajtás, gyökér) meghatározására is. A tenyészedényes kísérlettel párhuzamosan két fajtát (*Mv Emma, Mv Martina*) folyadékkultúrában is neveltünk és nyomon követtük ugyanezen morfológiai paraméterek változását. Ebben az esetben a csíráztatást követően a növényeket 2 hétig Hoagland oldatban neveltük, majd különböző koncentrációjú (10%, 15%, 20%, 25%) polyetilén-glikol (PEG-6000) alkalmazásával határoztuk meg a fajták növekedését.

A fejlődést befolyásoló tényezők között fontos helyet foglal el a hőmérséklet hatása. Egyidejűleg a környezeti tényezők folyamatos változtatásának vizsgálata csak speciális körülmények közt oldható meg. A fitotroni növénynevelő kamrákkal szemben az alapvető elvárás, hogy a programozott környezeti feltételek homogének legyenek, és az összes növény azonos környezeti hatásoknak legyen kitéve. De bizonyos esetekben igény van arra, hogy egyetlen kísérleti beállításban lehetőség legyen két vagy több környezeti tényező független változtatására. Ilyenkor a növénynevelés egy ún. gradiens, vagy inhomogén kamrában zajlik. Így a tényezők nagyszámú kombinációjának megteremtésére van lehetőség egységes környezeti háttérben.

Esetünkben az inhomogén kamra adta hőmérséklet gradiens teremtésének lehetőségét használtuk ki. A vizsgálat anyaga a talajnedvességi kísérletben is használt fajták voltak. A csíráztatott szemeket, az ismétlésszám biztosítása érdekében, négyesével 1100 cm^3 űrtartalmú cserepekbe ültettük. Így az egyes mérési pontokban 4 azonos fajtájú növény átlagát vettük figyelembe a különböző sajátságok értékelése során.

A vizsgált fajták növényeit tartalmazó cserepek a kísérleti tervnek megfelelően 12 sor (12 hőmérsékleti szint) × 12 oszlop (12 fajta) elrendezésben került a növénynevelő asztalra. Ám a kísérleti rendszer sajátsága folytán jelentkező szegélyhatás figyelembevételével a kiértékelés csak a belső 10 sor (10 hőmérsékleti szint) × 10 oszlop (10 fajta) régió egyedeit érintette.

Négy héten át hetente folyamatosan változó, eltérő éjszakai és nappali léghőmérséklet mellett nevelkedtek a növények. A hőmérséklet soronként 10–24 °C között változott. A fény intenzitását (380 $\mu mol/m^2$) nem, a megvilágítás hosszát a hőmérséklet gradiensnek megfelelően változtattuk heti rendszerességgel 14–15 és fél óra közt. A besugárzás átlagosan a növények csúcsától számított állandó távolságban és szögben érkezett. Az öntözés egyedileg optimális nedvességtartalomig történt, mivel a különböző környezeti feltételek eltérő vízfogyasz-

tást és párologtatást okoztak a hőmérséklet függvényében.

A kísérlet során felvételeztük a fiatal növények növekedés dinamikáját jellemző értékeket, így meghatároztuk a hajtáshosszszat, a hajtásszámot, a levélszám változását. Négy hét eltelte után pedig a méréseket kiegészítettük a növények és ezen belül a hajtás és a gyökér friss és száraz tömegének meghatározásával.

Az eredmények statisztikai értékelését kéttényezős varianciaanalízissel végeztük.

A KÍSÉRLETEK EREDMÉNYE ÉS MEGVITATÁSA

A talaj nedvességtartalma és a kifagyás közötti kapcsolat feltárása

A kenyérbúzával végzett kísérlet eredményéből megállapítható, hogy a kiváló fagyállósággal rendelkező fajták túlélési %-át kevésbé befolyásolták a fagyasztás alatt előforduló talajnedvesség-tartalom különbségek. A közepes, illetve az annál gyengébb fagyállósággal rendelkező fajtáknál viszont az 50%-os eltérést is meghaladták a különböző talajnedvesség-tartalom mellett fagyasztott növények életben maradási értékei.

A *T. aestivum* fajtáknál az eltérő talajvíztartalom hatására az átlagos kipusztulási százalékok szignifikánsan különböztek egymástól (1. táblázat). Az alacsonyabb talajnedvesség mellett csökkent, míg a magasabb esetén nőtt a kipusztulás. Az eredmények arra utalnak, hogy a kiváló fagyállóságú kenyér búzafajták túlélését magyarországi körülmények között nem befolyásolja jelentősen a talaj nedvességtartalma. A közepes, illetve az ennél gyengébb fagyállóságú fajtáknál (például NS Rana 2) a kifagyás mértéke nedves területen akár a 100%-ot is elérheti.

A durum genotípusok fagyállóságának tesztelése –13,5 °C-on történt. A fagyasztási eredményekből kitűnik (2. táblázat), hogy az *Odmadur 1* fajta kivételével a durum genotípusok a nagyon száraz kezelést követő fagyasztást élték túl a legnagyobb százalékban. Ennél a kezelésnél csak a két legfagyérzékenyebb genotípus túlélési százaléka különbözött szignifikánsan a többi fajtáétól. A jobb fagyállóságú genotípusok közül az *Odmadur 1* és az *MVTD 11-97* legnagyobb és legkisebb túlélési százaléka között nincs szignifikáns különbség. A gyengébb fagyállóságú fajták a legkisebb toleranciát a fagyasztásra a vizes, illetve nagyon vizes kezelést követően mutatták. A fajták túlélési százaléka a nagyon száraz kezeléstől a nagyon vizes kezelésig csökkent.

A korrelációvizsgálattal minden genotípusnál negatív összefüggést találtunk a túlélési százalékok és a talaj víztartalma között, vagyis ha a fagyasztáskor több vizet tartalmazott a talaj és ezáltal a növényi szövetek is, akkor kisebb túlélést kaptunk a fagyasztást követően. A fajták kezelésenként átlagolt túlélési százaléka szignifikáns negatív korrelációt mutatott a természetes vízkapacitás értékével ($r = 0,94$; $P = 5\%$). A jobb fagyállósággal rendelkező fajták (*Odmadur 1, MVTD 11-97, Martondur 1*) életben maradását nem befolyásolja jelentősen az, hogy a fagyasztást megelőzően milyen volt a talaj nedvességtartalma. A többi genotípusnál különböző mértékű, de szoros korrelációt tapasztaltunk a fagyállóság és a talaj víztartalma között ($r = 0,70–0,99$).

Hőmérséklet hatásának tanulmányozása a kalászosok fiatalkori fejlődésére

Inhomogén kamrába beállított kísérlettel határoztuk meg a fajták kezdeti fejlődésének hőmérséklet optimumát és a szélsőséges értékekre adott reakciójukat. Ebben a berendezés együttesben egyidejűleg 12 különböző (1 °C-onként növekvő) hőmérsékleten neveltük a növényeket. A hőmérséklet kivételével a talaj szerkezete, vízellátottsága, a megvilágítás intenzitása, hossza és a többi nevelési körülmény azonos volt mind a 144 kombinációban.

A más-más származási helyű fajták már a kísérlet kezdetén is (négy hetes korban) szignifikánsan különbözően viselkedtek az eltérő környezeti körülmények között. Bizonyos hőmérsékleti tartományokban 50%-nál nagyobb növekedési különbségek is mérhetők voltak.

Célunk a hőmérséklet fenológiai bélyegekre gyakorolt hatásának vizsgálata volt. A fajták válaszreakciói a vizsgált sajátságokat (hajtáshossz, hajtásszám, friss-, és száraztömeg) tekintve – az általunk megválasztott hőmérsékleti sávban – ugyan egyediek, de a bélyegek összességét nézve jellemző fejlődési dinamikát mutató csoportok alakíthatók ki köztük. Ezek összetétele a különböző fenológiai sajátságok esetén csak kis mértékben módosul.

A kísérlet egészét tekintve a morfológiai jellegek változásának mértéke tág határok között mozog. A hőmérsékleti viszonyokra legszélesebb sávban válaszoló bélyeg a hajtáshossz (1. ábra) és a levélszám (2. ábra) változás, mely a fajtára jellemző fiatalkori fejlődést mutatja. Az átlagos vagy e fölötti intenzív hajtásnövekedés jól jellemzi a búzákat, ellentétben a Motto rozs fajtával, amely ugyan lassú hajtásgyarapodást mutat, viszont levélfelület változása felülmúlja a búza fajtaátlagot. A biomassza tömegének változására a friss- és a szárazanyag részarányának alakulása utal. Jelentős, a fajtákat megosztó különbségek elsődlegesen a friss biomassza tömegben vannak, melyek a száraz tömegben már nem mutatnak egyértelmű elkülönülést. Figyelemre méltó, hogy az *Mv Martina* és az *Mv Mezőföld* fajták e tekintetben önálló kategóriát képviselnek. Az előbbit az intenzív, az utóbbit a kis mértékű környezeti tényező függő válaszreakciók jellemzik.

A választott hőmérsékleti sávban a vizsgált tulajdonságok többsége (levélszám, hajtáshossz, száraztömeg stb.) megközelítőleg lineárisan változott e fejlődési stádiumban a környezeti tényező alakulásának függvényében, míg a biomassza tömeg alakulása logaritmikus függvénnyel volt jellemezhető (3. ábra). Az eltérő származási helyű fajták már a kísérlet kezdetén is (négy hetes korban) szignifikánsan különbözően viselkedtek az eltérő környezeti körülmények között. Bizonyos hőmérsékleti tartományokban 50%-nál nagyobb növekedési különbségek is mérhetők voltak.

A vízhiány – mint klimatikus szélsőség – vizsgálata

Eredményeink alapján a talaj nedvességtartalmának csökkenése minden vizsgált genotípusnál megbízhatóan csökkentette a biomassza tömegét. A kedvezőtlen vízellátottság hatására a fajták között lényeges különbség a biomassza csökkenés mértékében mutatkozott. A hajtás-gyökér növekedés dinamikája eltérő volt. A hajtás érzékenyen reagált a nem megfelelő vízellátásra, míg a gyökér tömege nem csökkent arányosan a vízellátottsági szintekkel. Az összes biomasszsza tömeg csökkenése alapvetően a hajtásgyarapodás megtorpanásából ered, amihez a gyengébb gyökérnövekedés csak kis mértékben járult hozzá. A folyadék kultúrában előidézett stressz (10%, 15%, 20%, 25% PEG tartalmú) hatására az *Mv Martina, Mv Emma* fajtáknál mutattunk ki legnagyobb mértékű csökkenést, mind az összbiomasszában, mind pedig a hajtás tömegben. A fajták stresszre adott válaszában észlelt fajta különbségek az erősebb vízhiány következtében ebben a vizsgálatban jobban megmutatkoztak.

Kísérleteinkben a fokozatosan növekvő vízhiányra a fajták egyöntetűen a biomassza produkciójuk csökkentésével reagáltak. A bekövetkező változás, fajtánként az egyedi érzékenységnek megfelelően, eltérő mértékű, de azonos tendenciájú volt.

A biomassza produkció csökkenése egyes fajtáknál *(Bánkúti 1201, Mv Martina, Mironovszkaja 808)* lineáris változást mutatott (4. ábra). Az *Mv Mezőföld* és az *Mv 15* fajtánál jól elkülönül a legmagasabb víztartalmú szint produkciója a többitől. A legjelentő-

sebb össztömeg csökkenés az *Mv 15* és – közel azonos mértékben – a *Motto* fajtánál volt tapasztalható, a legkisebb mértékben az *NS Rana 2* és a *Thesee* károsodott.

A hajtás tömegének csökkenése majdnem minden fajtánál követi az összbiomassza tömeg változását (5. ábra). Ez alól csak a *Soiasson* és a *Lona*, illetve kisebb mértékben a *Thesee*, valamint az *Mv Mezőföld* kivétel, ahol a hajtás csökkenés valamivel lassabb tendenciát mutatott, mint az összbiomasszánál. A föld feletti növényi rész tömegének változása a *Motto* és az *Mv 15* fajtáknál volt a legjelentősebb, míg a *Mironovszkaja 808* és az *Mv Mezőföld* esetén a legkisebb.

Eltekintve a normál vízkapacitáshoz közeli vízellátottsági értékektől a gyökér tömegének változása nem mutatott összefüggést a talaj víztartalmának csökkenésével (6. ábra). A kedvező vízellátottság szintje a különböző fajtákban eltérő. Míg a *Soiasson* és a *Thesee* fajta esetén a 60% víztartalmú talajkörnyezet mutatkozott ideálisnak, a többi fajta számára a 70%-os vízellátás volt optimális. Mindemellett a *Motto* és az *Mv 15* esetén azt tapasztaltuk, hogy a gyökértömeg csökkenése viszonylag egyenletes. A leginkább érzéketlennek az *NS Rana 2* gyökérrendszere bizonyult.

Az összbiomassza, és ezen belül a fajták hajtás-gyökér részaránya különböző mértékben változik. A *Bezosztaja 1* és a *Lona* esetén a három ismérv közel azonos mértékben változik. A *Soiasson*, a *Thesee* és az *Mv Mezőföld* esetén a hajtás, a *Motto* és az *Mv Martina* fajtáknál pedig a gyökér tömeg csökkenés volt kisebb mértékű, míg a *Mironovszkaja 808*-nál a gyökér tömege változott nagyobb mértékben.

A tápoldatban nevelt növényeknél is hasonló változásokat tapasztaltunk. A biomasszsa csökkenés mértéke arra utal, hogy a létrehozott stressz megközelítőleg a kétszerese volt a talajnedvesség mérséklésével előállítottnak (3. táblázat). A mért adatokban itt is jól megmutatkozik a fajták közötti eltérés. Míg az *Mv Martina* összbiomassza csökkenése egyenletes volt mindkét kísérletben, az *Mv Emmánál* a PEG-gel kiváltott szárazság stresszben is, megmutatkoztak a kialakított léptéktől eltérő egyedi érzékenységi szintek. Ez a jelenség megfigyelhető a hajtás tömeg csökkenésével kapcsolatosan is. A tenyészedényes neveléssel ellentétben az azonos tömeg csökkenési tendencia mellett, a tápoldatos kísérletben a változás mértékében jelentősen nagyobb a különbség.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) ADAK M. S. – ESER D. (1993): Effect of fall growth and development on winter hardiness in barley. Rachis 12. 11–14 pp. (2) BCHINI H. – DAALOUL A. – SAYAR R. (2002): Variability of root characteristics of sixteen wheat varieties grown under two moisture treatments. *Plant Genetic Resources Newsletter* No 129. 25–31 pp. (3) BEKE B. – SUTKA J. (1983): Combining ability for frost resistance in durum wheat. Cer. Res. Comm. 11. 221–227 pp. (4) CHAVES H. M. – PEREIRA J. S. – MAROCO J. – RODRIGUES M. L. – RICARDO C. P. P. – OSÓRIO M. L. – CARVALHO I. – FARIA T. – PINHEIRO C. (2002): How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annual of Botany* 89. 907–916 pp. (5) CHEN P. – GUSTA L. V. (1978): The role of water in cold hardiness of winter cereals. In: LI, P. H. (ed.) Plant cold hardiness and freezing stress. Acad. Press, London, UK, 165–174 pp. (6) DENOMA J. T. – TAYLOR G. A. – FERGUSON H. (1989): Osmotic potential of winter wheat crowns for comparing cultivars varying in winterhardiness. Agronomy J. 81. 159–163 pp. (7) GUSTA L. V. – FLOWER D. B. (1976): Effects of temperature on dehardening and rehardening of winter cereals. Can. J. Plant Sci. 56. 673–678 pp. (8) HAMEED M. – MANSOOR U. – MUHAMAD-ASHRAF., RAO-A. R. (2002): Variation in leaf anatomy in wheat germplasm from varying drought-hit habitats. *International Journal of Agriculture and Biology* 4. 1, 12–16 pp. (9) MORGAN J. M. (1995): Growth and yield of wheat lines with differing osmoregulative capacity at high soil water deficit in season of varying evaporative demaged. *Field Corps Research* 40. 143–152 pp. (10)

MOSAAD M. G. – ORTIZ FERRARRA G. – MAHALAKSHMI V. (1995): Tiller development and contribution to yield under different moisture regime in two Triticum species. *Journal of Agronomy and Corp Science* 174. 3, 173–180 pp. (11) SAFAIE H. – GHADIRI H. (1995): Effects of soil moisture stress on some of the morfological and physiological characteristics of six wheat (Triticum aestivum L.)cultivars in the greenhouse. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 26. 3, 9–17 pp. (12) SALMON S. C. (1933): Resistance of varieties of winter wheat and rye to low temperature in relation to winter hardiness and adaptation. Kansas Agr. Expt. Sta. Tec. Bull. 35. 1–66 pp. (13) SARKER A. M. – RAHMAN M. S. – PAUL N. K. (1999): effect of soil moisture on relative leaf water content, chlorophyll, prolin and sugar accumulation in wheat. *Journal Agronomy and Corp Science* 183. 225–229 pp. (14) SZUNICS L. – BEDŐ Z. – SZUNICS LU. – LÁNG L. – VEISZ O. (1998): Results of durum wheat breeding in Martonvásár. Acta Agr. Hung. 46. 135–148 pp. (15) SZUNICS L. – VEISZ O. – SZUNICS LU. – TISCHNER T. (1987): Examination of frost resistance of *Triticum durum* wheat varieties in the phytotron. Növénytermelés 36. 333–338 pp. (16) SZŰCS P. – VEISZ O. – BEDŐ Z. – SZUNICS L. (1998): Frost resistance testing on *Triticum durum* (Desf.) genotypes in the Martonvásár pytotron. Növénytermelés 47. 105–112 pp. (17) SZŰCS P. – VEISZ O. – SZUNICS L. – LÁNG L. – BEDŐ Z. (1999): Contribution of the hardening period to developing frost resistance in durum wheat (*Triticum durum Desf.*) Cer. Res. Comm. 27. 281–287 pp. (18) TISCHNER T. – KŐSZEGI B. – VEISZ O. (1997): Climatic programmes used in the Martonvásár phytotron most frequently in recent years. Acta Agr. Hung. 45. 85–104 pp. (19) TYSDAL H. M. (1933): Influence of light, temperature and soil moisture on the hardening process in alfalfa. J. Agr. Research 46. 438–515 pp. (20) VÁRALLYAY GY. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány 7. 799–815 pp. (21) WILSON K. B. – BALDOCCHI D. D. – HANSON P. J. (2001): Leaf age affects the seasonal pattern of photoresyn thetic capacity and net ecosystem exchange of carbon in a deciduous forest. *Plant Cell and Enviroment* 24. 571–583 pp.

1. táblázat

A talaj nedvességtartalmának hatása T. aestivum fajták túlélési százalékaira

Fajták	Túlélési százalék			
	Száraz	Normál	Nedves	Átlag
Cheyenne	96,1	83,9	76,1	85,4
Martonvásári 4	98,8	89,3	90,9	93,0
Martonvásári 8	92,5	65,9	60,1	72,8
Bánkúti 1201	59,3	43,7	7,5	36,8
Martonvásári 2068fj.	40,3	21,6	5,3	22,4
NS Rana 2	20,9	11,9	0,0	10,9
Átlag	**68,0**	**52,7**	**40,0**	**53,6**
$SzD_{5\%}$ = 14,9 bármely két kombináció között				
$SzD_{5\%}$ = 4,9 az átlagértékek között				

Fagyasztási hőmérséklet: –15 °C
Talaj víztartalma a természetes vízkapacitás %-ában:
Száraz = 30%, Normál = 45%, Nedves = 60%

2. táblázat

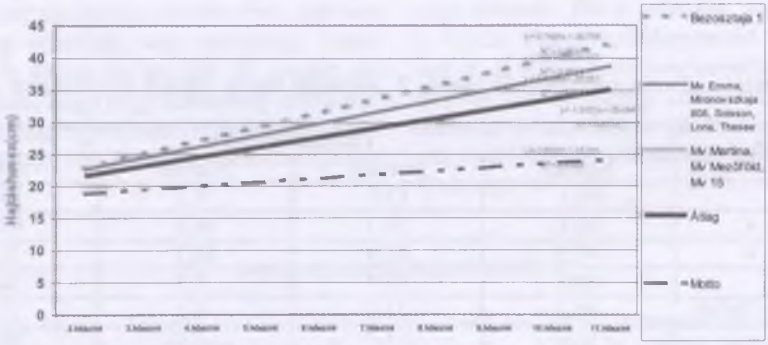
A talaj nedvességtartalmának hatása *T. durum* genotípusok túlélési százalékaira

Fajták	Túlélési százalék					
	NSZ	SZ	N	V	NV	Átlag
Odmadur 1	83,5	92,5	80,8	84,1	87,5	85,7
MVTD 11-97	88,8	82,1	78,6	86,4	85,1	84,2
Korall	91,8	80,0	87,8	78,7	73,7	82,4
Martondur 1	84,1	70,7	76,8	80,0	77,9	77,9
SOD 90-110	83,2	80,6	79,3	64,5	67,8	75,1
Krisztall 2	86,3	61,9	63,3	62,1	48,5	64,4
Jantar	83,5	75,1	60,3	50,2	44,9	62,8
SOD 89-680	54,5	35,3	36,3	30,5	33,5	38,0
Fenice	54,6	5,0	0,0	3,9	5,1	13,7
Átlag	**78,9**	**64,8**	**62,6**	**60,1**	**58,2**	**64,9**
$SzD_{5\%}$ = 13,0 bármely két kombináció között						
$SZD_{5\%}$ = 4,3 az átlagértékek között						

Fagyasztási hőmérséklet: –13,5 °C

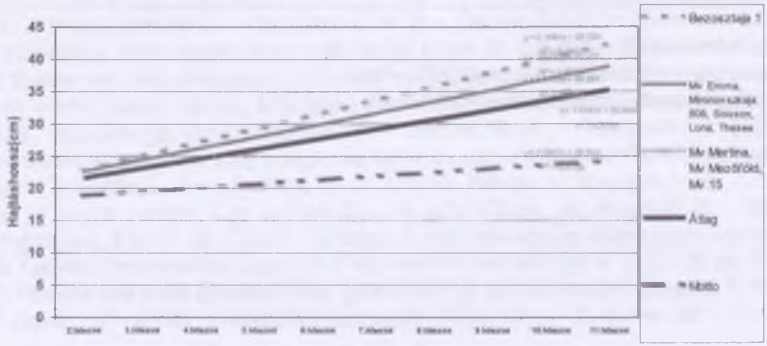
Víztartalom a természetes vízkapacitás %-ban (%): NSZ = 28,3; SZ = 45,3; N = 57,9; V = 67,3; NV = 74,8.

1. ábra



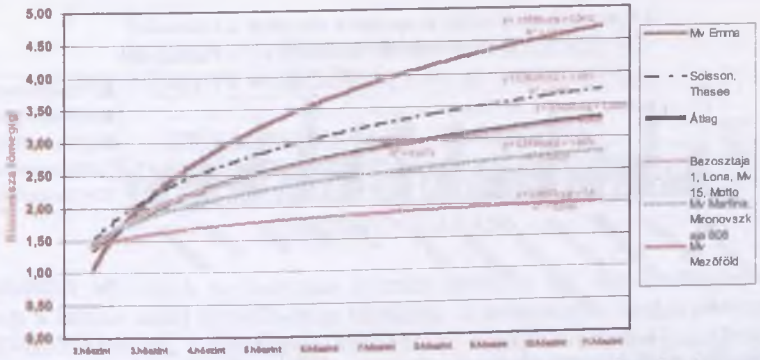
A növények hajtáshossz változása a különböző hőmérsékleti szinteken

2. ábra



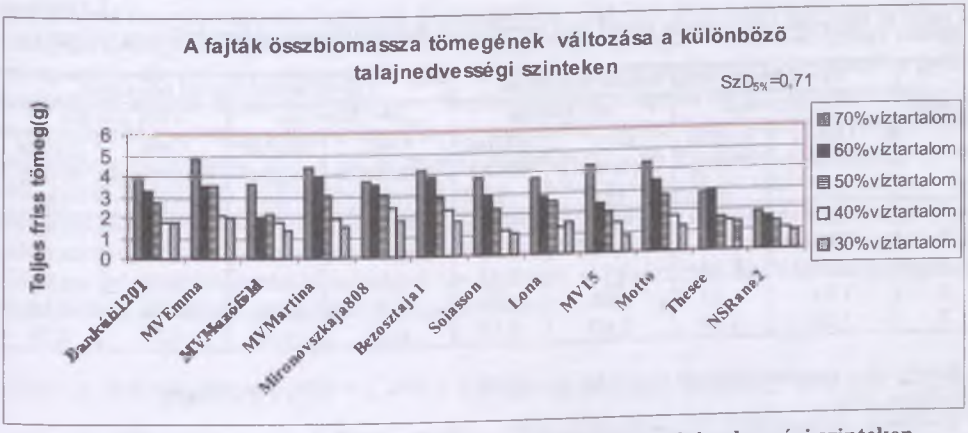
A fajták levélszámának változása a különböző hőmérsékleti szinteken

3. ábra



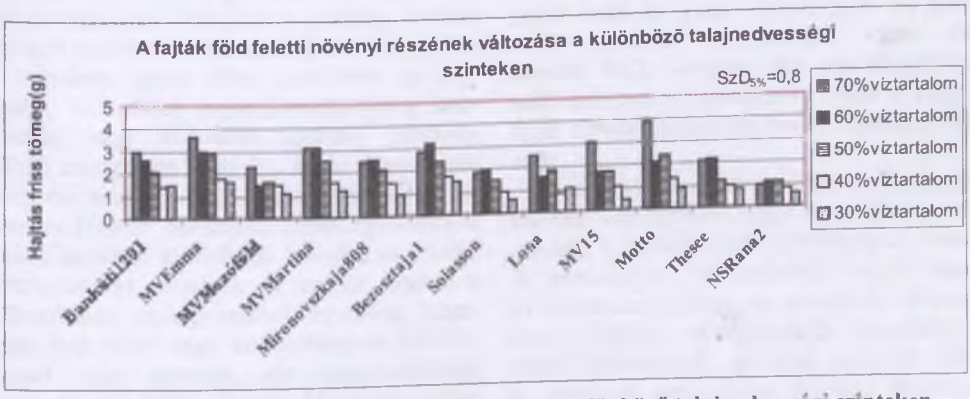
A növények biomassza tömegének alakulása az eltérő hőmérsékleti szinteken

4. ábra



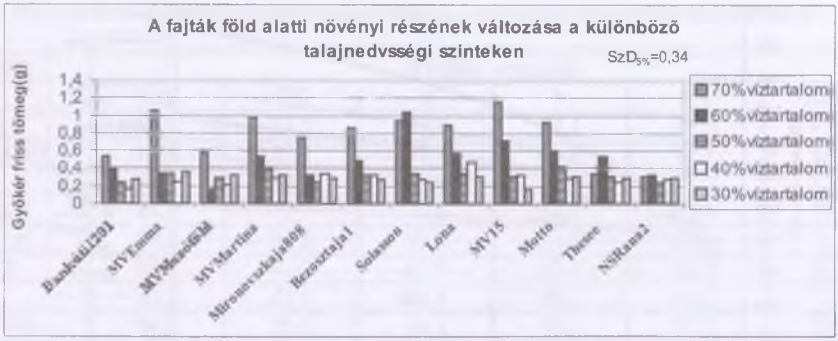
A fajták összbiomassza tömegének változása a különböző talajnedvességi szinteken

5. ábra



A fajták föld feletti növényi részének változása a különböző talajnedvességi szinteken

6. ábra



A fajták föld alatti növényi részének változása a különböző talajnedvességi szinteken

3. táblázat

A talaj és folyadék kultúrában nevelt őszi búzafajták összbiomassza és hajtástömeg változása

Kezelés	Tenyészedényben nevelt növények				Tápoldatban nevelt növények			
	Mv Martina		Mv Emma		Mv Martina		Mv Emma	
	Össz biomassza (g)	Hajtás tömeg (g)	Össz biomassza (g)	Hajtás tömeg (g)	Össz biomassza (g)	Hajtás tömeg (g)	Össz biomassza (g)	Hajtás tömeg (g)
1	4,38	3,15	4,81	3,67	1,90	1,34	1,21	1,65
2	3,90	3,15	3,52	2,98	1,47	0,98	1,21	1,67
3	3,01	2,53	3,52	2,92	1,26	0,85	0,99	1,42
4	1,92	1,53	2,08	1,81	1,30	0,81	0,75	1,16
5	1,55	1,18	2,00	1,65	0,69	0,30	0,35	0,73

Kezelések a tenyészedényben nevelt növényeknél: 1 = 70%, 2 = 60%, 3 = 50%, 4 = 40%, 5 = 30% víztartalmú talaj

Kezelések a tápoldatban nevelt növényeknél: 1 = PEG nélküli, 2 = 10% (V/V) PEG, 3 = 15% (V/V) PEG, 4 = 20% (V/V) PEG, 5 = 25% (V/V) PEG-et tartalmazó tápoldat

A SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMESZTÉS NÉHÁNY AGROÖKOLÓGIAI ASPEKTUSA

SZÖLLŐSI GERGELY – UJJ APOLKA –
SZENTPÉTERY ZSOLT – JOLÁNKAI MÁRTON

ÖSSZEFOGLALÁS

A szántóföldi növények termesztése minden esetben egy agroökológiai egységben, nevezetesen a táblán mint termőhelyen történik. A termesztett kultúrnövény része ennek az ökoszisztémának, a termőhely klimatikus, edafikus adottságainak megfelelően végzi életciklusát, továbbá cönózist alkot a jelenlévő természetes fajokkal. Gödöllőnagygombosi szabadföldi növénytermesztési kísérleteinkben tanulmányoztuk a vízellátás hatását a termesztett növényre (*Triticum aestivum* L.), valamint a növénnyel társulást alkotó természetes növényfajok összetételére. Egy hét éves kísérletsorozat bázisán vizsgáltuk, hogy az egyes évjáratok eltérő csapadékviszonyai milyen hatással voltak a termesztett növény termésmennyiségére és minőségi paramétereire, továbbá a gyompopulációt alkotó fajok összetételére. Eredményeink alapján megállapítható, hogy az éves csapadék összege nem, a tenyészidei csapadék mennyisége azonban szignifikáns mértékben befolyással volt a búza terméseredményeire. A vízellátás a minőségi mutatók közül leginkább a Hagberg esészámra, illetve a fehérje és sikértartalomra volt hatással. Kísérleteinkben folyamatosan értékeltük a terület herbológiai viszonyait. Az alkalmazott kezelések hatására mind kalászos bikultúrában, mind kukorica monokultúrában jelentős változás következett be egyrészt a gyomfajok borítási sorrendjében, másrészt az uralkodó gyomfajok összetételében.

BEVEZETÉS

Az ökológia eredeti értelmezése az napjainkban gyakran korlátozódik a természetes ökoszisztémák fogalmára, sőt azok bizonyos típusaira. Jóllehet a Földön, kivétel nélkül minden kontinensen, különösen pedig Európában egyre több, sokfélébb és erősebb, különböző emberi tevékenység közvetlen vagy közvetett hatására bekövetkező antropogén hatás érte és éri a természetes ökoszisztémákat (terresztris, vízi, sőt atmoszferikus ökoszisztémákat egyaránt), s okoz azokban különböző mértékű és irányú változásokat, amelyek az ember, illetve a társadalom szempontjából egyaránt lehetnek kedvezőek vagy kedvezőtlenek, kívánatosak vagy károsak, sőt katasztrofálisak (*Várallyay, 2001, 2003*). Magyarországon az ország nem beépített 85%-nyi területének túlnyomó hányadát nem természetes vagy természetes-közeli, hanem tulajdonképpen „mesterséges", különböző mértékben szabályozott agroökoszisztémák (telepített erdő és gyep, szántóföldi és kertészeti kultúrák, mesterséges vizes élőhelyek stb.) borítják. Az agroökoszisztémák területileg legnagyobb része a szántóföldi növénytermesztés tevékenységi körébe esik.

A növénytermesztési tevékenység minden esetben egy agroökológiai egységben, nevezetesen a táblán, mint termőhelyen folyik. A termesztett kultúrnövény része ennek az ökoszisztémának, a termőhely klimatikus, edafikus adottságainak megfelelően végzi életciklusát, továbbá cönózist alkot a jelenlévő természetes fajokkal (*Kellogg,*

1957; Jolánkai – Máté, 2003; Jolánkai et al., 2003).

A növénytermesztési tevékenység során a táblát mint ökológiai egységet számos behatás éri:

- Input oldalon elsősorban anyagbevitellel kell számolnunk; ez alapvetően az elvetett vetőmag, a termőhelyre juttatott tápanyag, szerves és műtrágya, esetlegesen használt talajjavító anyagok és az öntözővíz, a növényvédelemben felhasznált anyagok, herbicidek, fungicidek és insecticidek, technológiai vegyszerek mint a szárcsökkentők, vagy az érésgyorsítók, termeléstechnikai segédanyagok és azok hulladéka stb. Másik jelentős input a technológiai beavatkozások, így a talajművelés, a vetés, a növényápolás, tápanyagellátás, a betakarítás, a terményszállítás, valamint a műveleteket kiszolgálásaként a táblában történő összes járműforgalom és gépmozgás.
- Outputként a rendszer jelentős anyagexportot produkál. A termelés természetéből fakadóan elsőként a tábláról eltávolított termés, valamint a melléktermékek mennyisége tekinthető fő outputnak. Ettől lényegesen nagyobb mennyiséget képviselhet a táblából víz- és szélerózió révén távozó talaj, valamint a természetes mozgásformáitól eltérő módon, pl. felszíni lefolyással távozó víz.

A vázlatosan felsorolt inputok és outputok egyenlege a táblában pozitív és negatív lehet, sőt, mivel többtényezős rendszerről van szó, egyidejűleg is lehetnek pozitív valamint negatív állapotmérlegei (lásd 1. ábra). Ezeknek a mérlegeknek a kialakulása nagymértékben függ az adott növénytermesztési technológia szakszerűségétől, célszerűségétől és természetesen a beavatkozás mértékétől (*Bingham et al., 1985*).

Az optimálistól eltérő eseteket egyrészt a túlzott beavatkozás, másrészt az elégtelen mértékű beavatkozás jelentheti. Lényegében mindkettő károsnak tekinthető, amely hatással van az adott agroökoszisztémára:

túlzott agrotechnikai beavatkozás	elégtelen agrotechnikai beavatkozás
környezetszennyezés	talajzsarolás
erózió, defláció	kultúrállapot leromlása
cönózis felbomlása	cönózis felbomlása
kórtani mutáns indukció	mycotoxinok
termésveszteség	termésveszteség

A növénytermesztési tárgyú agroökológiai kutatások célja ennek megfelelően a termesztéstechnológiák, ezen belül az egyes technológiai elemek agroökoszisztémára gyakorolt hatásának meghatározása, e hatás kvantifikálása, valamint a tényezők kölcsönhatásának vizsgálata, értékelése.

A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

Az agroökológiai vizsgálatokat a Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézetének nagygombosi kísérleti terén beállított búzakísérletek 1996–2002 közötti anyagán végeztük el. A kísérletekben szabadföldi körülmények között, négyismétléses, split-plot elrendezésű 10 m^2-es parcellákon, három kísérletben tanulmányoztuk a négy legfontosabb agrotechnikai beavatkozás; a nitrogén fejtrágyázás, a herbicid, a fungicid és az insecticid használatának, valamint a terület vízellátásának őszi búza fajtákra gyakorolt hatását. Az értékelt kísérletek kezelései a következők voltak:

1. Késői posztemergens gyomirtási kísérlet:

Fajta: 1-n búzafajták

Kezelés:
- A gyomos kontroll
- B gyomlált kontroll
- C fluroxipir
- D bromoxynil
- E dikamba
- F tibenuron-metil
- G MCPA

A kísérlet célja a késői posztemergens kezelések (Feekes 9–10, Keller-Baggiolini L) búzára és a gyomflórára gyakorolt hatásának értékelése volt. Vizsgálatok: növény-

szám, kezelés utáni növénymagasság, gyombborítottság (% és a 10 leggyakoribb gyomfaj), fitotoxikus jelenségek felvételezése (törpülés, perzselés, ablakos kalász stb), azok gyakorisága, termés, terméselemek, a termésminták minőségi vizsgálata (fizikai jellemzők, beltartalom, szermaradvány).

Az 1. kísérletben alkalmazott szerek kémiai leírása:
STARANE (fluroxipir) képlete:
4-amino-3,5-diklór-6-fluor-2-piridoxil-ecetsav
PARDNER (bromoxynil) képlete:
3,5-dibróm-4-hidroxibenzonitril
BANVEL 480 (dikamba) képlete:
2-metoxi-3,6-diklór-benzoesav sója
GRANSTAR (tribenuron-metil) képlete:
2-N-(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)-N-metil-amino-(szulfonil)benzoát
TRITON (MCPA) képlete:
2-metil-4-klór-fenoxi-ecetsav

A kijuttatás a szereknek megfelelő dózisban és technológiával történt.

2. Fejtrágyázási kísérlet

Fajta: 1-n búzafajták
Kezelés: A kontroll
B 80 N (b)
C 40+40 N (b+v)
D 120 N (b)
E 80+40 N (b+v)

A kísérlet célja a megosztott és a növekvő adagú fejtrágyázás minőségre gyakorolt hatásának értékelése volt. A kezelések ideje bokrosodáskor és virágzáskor (Feekes 4–5, illetve 9–10, Keller-Baggiolini G-H, illetve L). Vizsgálatok: növényszám, érésdinamikai fenológiai vizsgálatok és mintavételek, aratás előtti növénymagasság, megdőlés, általános kórtani felvételezés, termés, terméselemek, termésminták minőségvizsgálata (fizikai jellemzők, malom- és sütőipari vizsgálatok).

A 2. kísérletben alkalmazott műtrágya kémiai leírása:
szemcsés N műtrágya, hatóanyaga 34% ammónium-nitrát

3. Növényvédelmi kísérlet

Fajta: 1-n búzafajták
Fungicid: A kontroll
B tebukonazol+triadimefon
Insecticid: a kontroll
b benszultap

A kísérlet célja a fungicid és az insecticid használat búza termésének mennyiségére és minőségére gyakorolt hatásának vizsgálata volt. A kezelések időpontja az adott kísérleti terület kórtani (Puccinia, Erysiphe), illetve gradációs (Anisoplia, Eurygaster stb) viszonyainak megfelelő optimális időpont. Vizsgálatok: növényszám, aratás előtti növénymagasság, megdőlés, általános kórtani és kártételi felvételezés, termés, terméselemek, termésminták minőségi vizsgálata (fizikai jellemzők, beltartalom, szermaradvány).

A 3. kísérletben használt növényvédőszerek kémiai leírása:

FOLICUR TOP fungicid (tebukonazol + triadimefon)
hatóanyaga: terc.butil-(para-klórfenetil)-1H-1,2,4-triazol-1-etanol + 1-(4-klór-fenoxi)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)-3,3-dimetil-2-butanon

BANCOL 50WP insecticid (benszultap)
hatóanyaga: S,S'-[2-(dimetil-amino)-trimetilén] bis-(benzol-tioszulfonát)

A kijuttatás a szereknek megfelelő dózisban és technológiával történt.

A kísérletekben a hétéves ciklusban számos búzafajta vizsgálatára került sor. Ezek közül az évjárati értékeléshez 6 búzafajtát választottunk ki (*Alföld-90, Fatima 2, Gaspard, Jarebica, Mv 21, Mv Magdaléna*), a fajtareakciók különbségeinek szemléltetésére. A fajták vetőmagját minden esetben a fajtatulajdonos biztosította a kísérletekhez. A kísérletek agrotechnikai műveleteit, illetve kezeléseit Wintersteiger és Hege parcellagépekkel végeztük. A termés betakarítása, a termésminták vétele és feldolgozása a kísérleti tematikai előírások szerint történt. A termésminták minőségvizsgálatát részben a

Concordia, részben a SZIE NTTI minőségvizsgáló laboratóriuma végezte (MSZ ISO 5531:1993, MSZ ISO 6645:1993).

EREDMÉNYEK

Az agroökológiai kutatások növénytermesztési vizsgálatai közül két elemzési sorozat eredményeit az alábbiakban ismertetjük.

1. A vízellátás szerepe a növénytermesztési ciklusban

Elemeztük a gödöllő-nagygombosi kísérleti tér vízellátási összefüggéseit. A 2. ábrán megfigyelhető, hogy az 50 éves csapadékátlag, valamint a búza (*Triticum aestivum* L) evapotranspirációs mérlege az irodalmi adatokkal megegyezően (*Szalai – Varga-Haszonits, 1980*) a kezdeti fenofázisokban pozitív, majd a későbbiekben egy negatív szakaszra osztható. A pozitív szakasz (X–III. hónapok) víztöbblete ugyanakkor az adott vizsgálati helyen mennyiségében meghaladja a negatív szakasz (III–VII. hónapok) hiányát. Lényegében ez adja a magyarázatát annak, hogy adott esetben aszályos évjáratban (pl. 2002-ben) megfelelő talajművelés esetén mérsékelni lehetett a terméskiesést.

Az évjárathatás alakulását az 1. táblázat adatai szemléltetik. A vizsgált fajták átlagában megállapítható, hogy az éves csapadék nem állt szoros korrelációban a termés-eredményekkel. Ugyanakkor, mint az a 2. táblázat adatai alapján megfigyelhető, a csapadék és a minőségi mutatók között számos összefüggés tapasztalható (csapadék × Hagberg negatív korreláció, fehérje × sikér erős szignifikáns összefüggés stb).

A vízellátás termésre gyakorolt hatása, mint látható, igen eltérő mértékű volt. Hosszabb időszakon át elemezett trendje azonban egyértelműen azt igazolja, hogy az évek többségében – ha nem is mindig szignifikáns összefüggésben – de vonulatában párhuzamosság figyelhető meg. A vizsgált időszakban az 1999. év kivételével ez a tendencia igazolható. 1999 ugyanis sajátságos évjárat volt. Bár az éves csapadék meghaladta a 800 mm-t, e vízmennyiség 40%-a azonban június és július hónapokban jelentkezett, vagyis a termésképzésben már nem vett részt, ugyanakkor a betakarítás során károkat okozott. A 2. ábra grafikusan szemlélteti ezt a jelenséget. A tápanyagellátás és a vízellátás kölcsönhatásai is igen jellemzően alakultak. A 3. ábra adatai két kiragadott évjárat, az 1998. csapadékos és a 2002. aszályos év terméseredményeit szemléltetik az egyes alkalmazott N kezelésekben. Megfigyelhető, hogy a tápanyagellátás, bár konzekvens hatású volt mindegyik évjáratban, a hatás mértéke azonban lényegében a csapadék mennyiségétől függött.

A szabadföldi kisparcellás kísérletezés történelmi kuriózumaként fogható fel az 1999-es ún. „vizi aratás", amikor a belvíz miatt a nagygombosi tenyészkert mintegy szigetként vízzel körbevéve megközelíthetetlenné vált. Az aratás (fényképek 1–6) úgy történt, hogy csónakon ujjas fűkaszával felszerelt kertitraktort kellett a tenyészkertbe vinni, a parcellák levágása ezzel történt, majd a parcellák teljes növényanyaga kévébe kötve ugyancsak csónakon jutott vissza a partra, ahol azt álló parcellakombájn csépelte el.

2. A gyompopuláció változásai

Minden agroökoszisztéma jellemzője annak flórája és faunája. A növénytársulásokban az agroökoszisztémák esetében meghatározó a termesztett növényfaj, illetve a termesztés rendszerének megfelelő faj, illetve fajtaváltás (monokultúra, bikultúra, vetésforgó stb). A vizsgált kísérleti területen két termesztési variáns vizsgálatára került sor: búza *Triticum aestivum* L. bikultúrás, illetve kukorica *Zea mays* L. monokultúrás kísérleteinek szabályozott körülményei között értékeltük a természetes gyompopuláció

évenkénti borítási sorrendjének (1–10. hely), valamint a gyomfajok változásának alakulását.

Az agrotechnikai kísérletekben 1996-tól kezdődően folyamatosan értékeljük a terület herbológiai viszonyait. Az alkalmazott kezelések hatására mind kalászos bikultúrában, mind kukorica monokultúrában jelentős változás következett be egyrészt a gyomfajok borítási sorrendjében, másrészt az uralkodó gyomfajok összetételében. Mindkét területen jelentős volt az acat előretörése (1), ami nagyrész a Cirsium fajok kiváló aszálytűrésével magyarázható. Valószínűleg ugyanerre az okra vezethető vissza a Chenopodium megjelenése (2), amelynek borítottsága ugyan elenyészőnek tekinthető – mindössze a 10. helyen áll – azonban előfordulása mindkét kísérletben azonos mértékű volt. Érdekes, de ugyanakkor fontos agrotechnikai jelenség a parlagfű (3) visszaszorulása a kísérleti területek mindegyikén. Itt egyértelműen a gyomirtó hatás megnyilvánulásáról van szó.

A szövegközi tábla gyomfaj felsorolása egyúttal a borítottsági sorrendet is szemlélteti. A borítás mértéke évenként és kezelésenként nyilvánvalóan eltérő volt, ugyanakkor az egyes gyomfajok borítottságbeli különbségének sorrendiségében egyféle tendenciát lehet felfedezni. Lényegében három következtetés vonható le a fajösszetétel átalakulásából: az egyik a gyomfajok vízreakciójának, illetve az ezzel összefüggő szárazságtűrésnek a szerepe. A másik a monokultúra-bikultúra termesztéstechnológiai különbségeiben keresendő, nevezetesen a termesztett növény vegetációs idejének hosszában, illetve állományának borítási viszonyaiban. A harmadik tényező maga a szabályozott ökoszisztéma, vagy más szóval – agronómiai megközelítéssel – a terület kultúrállapota. Tájidegen invazív gyomfajok, mint pl. az *Ambrosia artemisiifolia* betelepülése országos jelenség volt a 90-es években. A kísérleti területen 1996-ban a gyomfajok borítási sorrendjében a 6., ill. a 7. helyet foglalta el. 2003-ra e gyomfaj lényegében visszaszorult a művelt területeken, napjainkban már csak a spalétokban, vagyis a tábla és a ruderáliák határvonalában található meg az adott területen. Előbbi esetben a szisztematikus művelési tevékenység, utóbbi esetben a természetes fajok kompetíciója okozta a gyomfaj visszaszorulását.

Búzakísérletek uralkodó gyomfajai

Nagygombos 1996	Nagygombos 2003
Veronica hederifolia	Bilderdykia convolvulus
Bilderdykia convolvulus	Thlaspi arvense
Matricaria inodora	Cirsium arvense [1]
Papaver rhoeas	Viola arvensis
Stellaria media	Amaranthus retroflexus
Viola arvensis	Convolvolus arvensis
Ambrosia artemisiifolia [3]	Sinapis alba
Galium aparine	Matricaria inodora
Cirsium arvense [1]	Stellaria media
Amaranthus retroflexus	Chenopodium album [2]

Kukorica kísérletek uralkodó gyomfajai

Nagygombos 1996	Nagygombos 2003
Matricaria inodora	Cirsium arvense[1]
Stellaria media	Thlaspi arvense
Bilderdykia convolvulus	Bilderdykia convolvulus
Thlaspi arvense	Amaranthus retroflexus
Cirsium arvense[1]	Viola arvensis
Ambrosia artemisiifolia[3]	Convolvolus arvensis
Viola arvensis	Capsella bursa pastoris
Echinochloa crus-galli	Matricaria inodora
Amaranthus retroflexus	Stellaria media
Convolvulus arvensis	Chenopodium album[2]

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BINGHAM, J. – BLACKMAN, J. A. – NEWMAN, R. A. (1985): Wheat. National Seed Development Organization Ltd. Cambridge. (2) JOLÁNKAI, M. – MÁTÉ, A. (2003): Varietal differences in wheat (Triticum aestivum) quality manifestation. Tenth International Wheat Genetics Symposium, Paestum, Italy. Proceedings. Ed: Pogna N. E. et al, Istituto Sperimentale per la Cerealiacoltura, Roma. 1345–1347. pp. (3) JOLÁNKAI, M. – SZENTPÉTERY, ZS. – SZÖLLŐSI, G. (2003): Az évjárat hatása az őszi búza termésére és minőségére. „AGRO-21" Füzetek. 2003/31. 74–82. pp. (4) KELLOGG, C. E. (1957): We seek, we learn. In: Soil, the 1957 yearbook of agriculture. USDA, Washington D. C. (5) SZALAI, GY. – VARGA-HASZONITS, Z. (1980): Az őszi búza terméshozamának előrejelzése csapadék- és hőmérsékleti adatok alapján. Növénytermelés 29. 1. 37–43. pp. (6) VÁRALLYAY, GY. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. XLVI. (7) 799–815. pp. (7) VÁRALLYAY, GY. (2003): Növényi tápanyagellátás és a talaj vízgazdálkodása. In: Szántóföldi növények tápanyagellátása. Szerk.: Csorba Zs. – Jolánkai P. – Szöllősi G. Akaprint. Budapest. 11–19. pp.

1. táblázat

Az évjárat hatása a termésmennyiség és a minőség alakulására[1]
(Gödöllő-Nagygombos, 1996–2002)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Eves csapadék, mm	544,30	407,60	725,50	837,00[2]	344,00	706,00	426,80
Kísérletek főátlaga, t/ha	4,08	2,88	6,21	2,87	3,32	5,28	4,34
Fehérje, %	15,80	13,20	11,50	14,30	11,60	12,00	17,20
Farinográfos érték	89,70	50,40	70,70	47,40	44,40	51,60	62,40
Nedves sikér, %	37,80	30,50	27,40	32,20	28,30	27,50	38,40
Hagberg esésszám	339,10	213,20	278,20	–	188,60	295,20	362,10

[1] a vizsgált búzafajták átlagában.
[2] a csapadék 40%-a június-július hónapban hullott.

2. táblázat

Évjárat hatás korrelációs táblázata (Gödöllő-Nagygombos, 1996–2002)

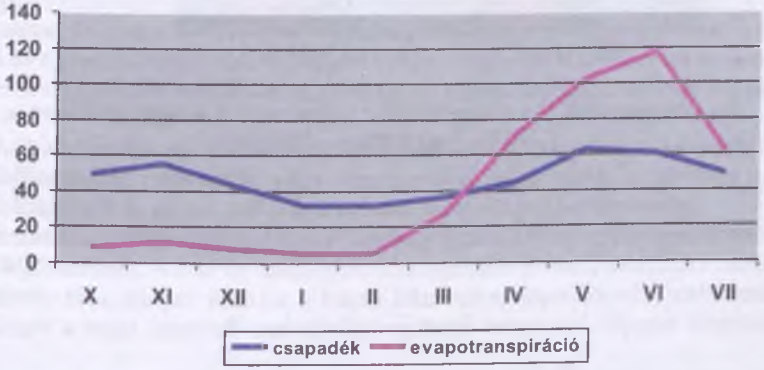
	Csapadék mm	Hőmérséklet °C	Termés t/ha	Fehérje %	Farinográfos érték	Nedves sikér %	Hagberg esésszám
Csapadék+ mm	1	–0,2857	0,1785 *0,7678**	–0,1428 *0,2504*	0,2856 *0,4285*	–0,0892 *0,2321*	–0,2321* *0,1785*
Hőmérséklet °C		1	0,3214	–0,2142	–0,3392	–0,2321	–0,0357
Termés t/ha			1	–0,3214	0,6428	–0,4285	0,6428
Fehérje %				1	0,2142	0,9642**	0,4464
Farinográfos érték					1	0,1428	0,7857*
Nedves sikér %						1	0,3571
Hagberg esésszám							1

+ = az évenkénti 1-5. havi csapadékösszeg korrelációja *kurzív karakterekkel.*
Szignifikancia szint * P 5% ** P 1%.

1. ábra

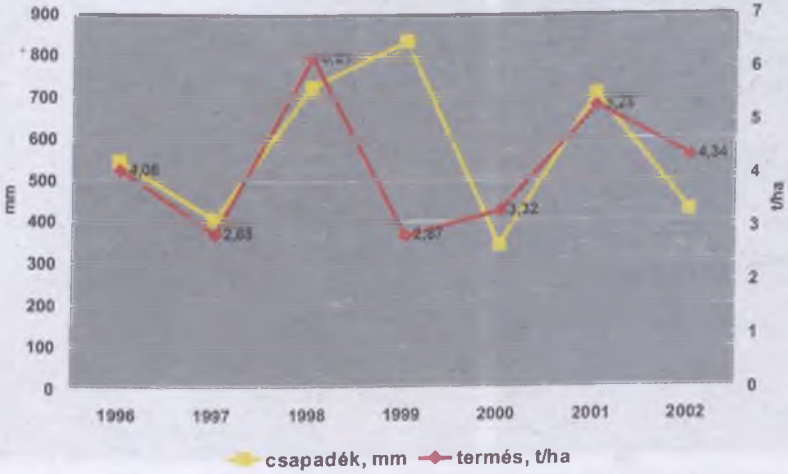
A termesztéstechnológia agroökológiai mérlege

2. ábra



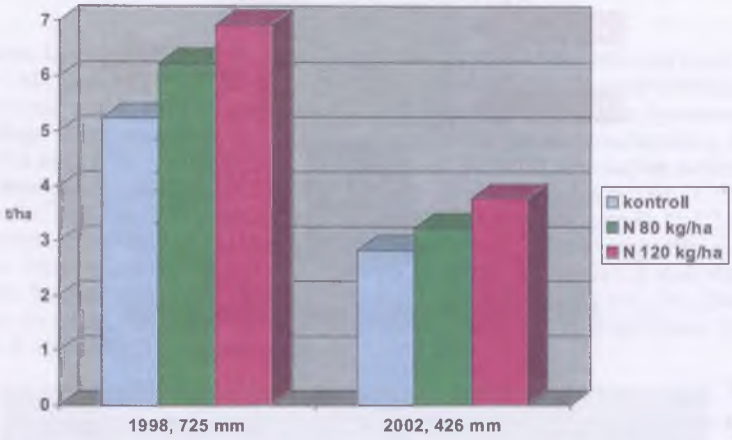
A búza evapotranspirációs vízmérlege
Gödöllő, 50 éves csapadékátlag, mm

3. ábra



Az éves csapadék hatása a búza termésére
Gödöllő-Nagygombos, 1996–2002

4. ábra



Az éves csapadék és a nitrogénellátás kölcsönhatása a búza termésére Gödöllő-Nagygombos, 1998; 2002

1–2. fotó

Ambrosia artemisiifolia

Cirsium arvense

AGROÖKOSZISZTÉMA ELEMEK KÖLCSÖNHATÁSAINAK VIZSGÁLATA MŰVELÉSI KÍSÉRLETBEN

BIRKÁS MÁRTA – GYURICZA CSABA

ÖSSZEFOGLALÁS

Agroökoszisztéma elemek kölcsönhatásait két éve folyó művelési kísérlet keretében tanulmányoztuk. A növények, a növényi sorrend hatását a szokásos és a módosított talajhasználat, a talajállapot, a nedvességforgalom, a termés és a növényvédelmi problémák alapján bíráltuk el. Összefüggést találtunk a klimatikus viszonyok, a talaj nedvességtartalma, állapota és a növény fejlődése, továbbá a növényi sorrend, a talaj bolygatottsága és egyes növényvédelmi problémák, valamint a talajhasználat és a talajállapot között. A vizsgálatok eredményei alapján az alábbi következtetések fogalmazhatók meg:

- **A talajban rendelkezésre álló nedvességkészletet a csapadék mennyisége mellett a sokévi talajhasználat (vízvesztő, vagy vízveszteség csökkentő), a növényi sorrend, a műveléssel kialakult és annak hatására változó talajállapot befolyásolta.**
- **A klimatikus szélsőségekkel összefüggő csapadékhiány szükségessé teszi a talajhasználat átalakítását. Adott termőhelyen a természeti és talajhasználat eredetű vízhiány és a tömör talajállapot fokozta a káros klimatikus hatásokat. A szárazság hatásának enyhítését a talaj kedvező nedvességforgalmát fenntartó állapot kialakítása tette lehetővé.**
- **A talajnedvesség veszteség megbízhatóan csökkent a körülményekhez alkalmazkodó lazító és mulcshagyó műveléssel. A talajfelszín takarására az élő (takarónövény, védőnövény) és holt (tarló- és elölt gyom maradvány) mulcs alkalmasnak bizonyult. A takaró- és védőnövények termesztése csapadékhiányos évben nedvességveszteség csökkentő vetési mód alkalmazásával vált lehetővé.**
- **A gyomosodás visszaszorítása hozzájárul a talajnedvesség ésszerű hasznosításához. A gyomosodást közvetlenül és közvetve korlátozta a felszín takarása, az így nyirkosan tartott talajban a magvak kelése (sedbank csökkenés), és a kikelt gyomok leperzselése (mulcsolás). A gyökérzóna állapotát javító talajlazítás a szántásnál gyengébb, de a mulcshagyó sekélyműveléseknél megbízhatóan jobb gyomkorlátozó hatást mutatott.**
- **A talajállapot több tényező alapján bírálható el. A minősítéshez a nedvességforgalom, a növényállomány és a termés mellett a földigiliszták száma, a penetrációs ellenállás alapján megállapítható lazultság vagy tömörség és a szén-dioxid emisszió vehető figyelembe.**

BEVEZETÉS

Agroökológiai szempontból a szántóföld olyan élőhely, amelyet az ember a talaj használata során különböző biológiai igényű és utóhatású növényekkel, azok termesztési rendszereivel tudatosan befolyásol. A talajhasználat környezeti hatása a termesztést alapozó (pl. talajművelés, trágyázás) és kiegészítő (pl. növényvédelem, öntözés) folyamatok eredménye alapján kedvezően és kedvezőtlenül alakulhat. A kölcsönhatás

kedvező, ha a termőhelyhez és a gazdasági körülményekhez alkalmazkodó növények termesztési folyamatai hosszabb időszak alatt sem károsítják a környezetet. Ha a termesztési technológia, vagy annak egyes elemei rontják, vagy súlyosbítják a környezet állapotát, a talajhasználat kedvezőtlennek minősül (*Birkás, 2001*). A talajhasználat minősíthető a talaj szerkezetére és szervesanyag mérlegére gyakorolt hatás alapján, és ebből a megítélésből rontó, fenntartó és javító lehet. A hazai szerzők közül *Győrffy* (*1990*) szoros összefüggést talált a talaj szerkezeti degradációja (a tömörödési és porosodási hajlam felerősödése) és a szervesanyag-fogyasztó talajhasználat között. Ebből következően az eredetileg jó agronómiai szerkezetű talajokon a javító, vagy fenntartó talajhasználat alkalmazása környezetvédelmi és gazdálkodási célokat szolgál. A talajhasználat, benne a termesztést alapozó talajművelés, a nedvességforgalomra gyakorolt hatás szerint is elbírálható. Ekkor két fokozat megjelölését látjuk indokoltnak. Vízvesztő a talajhasználat, ha a termesztési rendszer több folyamata akadályozza a csapadékvíz talajba jutását, és rontja a talajban lévő készlet hasznosulását. Ha a termesztést alapozó folyamatok eredményeként a talaj nedvességforgalma javul és a talajban tárolt víz hasznosulása jó, vízveszteség csökkentő talajhasználatról beszélünk.

A talajállapot javítása és fenntartása komplex feladat, kiterjed a talaj természetes fizikai, kémiai és biológiai jellemzőinek, termékenységének védelmére és lehetőség szerint a jobbítására. Eszerint a művelés akkor alapozza biztonságosan a növény termesztését, ha kíméli a talaj szerkezetét, szervesanyag- és nedvesség készletét. Ennek érdekében módosítandó a talajhasználat, és annak minél több eleme: növény, növényi sorrend, trágyázás, művelés, növényvédelem. A gazdaságosan termeszthető növények köre szűk, ugyanakkor köztes védőnövények (catch crop) másodvetésével a legegyszerűbb növényi sorrend – pl. búza-kukorica váltás – biológiai hatása is növelhető (*Ujj – Gyuricza, 2002*). A jövőben nagyobb figyelmet kell fordítani a talajban lezajló tápanyag átalakulási folyamatok szabályozására. A tápanyag veszteségek csökkentése ugyanolyan fontos, mint a talajból kivont tápanyagok visszapótlása (*Jolánkai et al., 2003*). A szervesanyag mérleg javítása a talaj szerkezetének, víztartó képességének, művelhetőségének megóvása és az aszály érzékenység csökkentése érdekében mérlegelendő (*Várallyay, 1996; Németh, 1999*). Ilyen szemléletben a tarlómaradványokat a talajok szervesanyag utánpótlási forrását jelentő értékes anyagként, és nem a művelést, vagy a növényvédelmet nehezítő tényezőként kell számításba venni (*Tóth – Kismányoky, 2001*). Szakszerű növényvédelem esetén a tarlómaradványok kártevőktől és kórokozóktól mentesen tarthatók az aratásig, majd zúzott állapotban a felszín takarására használhatók fel. A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja bővíteni, vagy korlátozni. Az alkalmazkodás első lépését nagy valószínűséggel a talajok aszály- és belvíz érzékenységét csökkentő fizikai és biológiai állapot kialakítása és fenntartása jelenti.

A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

A kutatás célja a klimatikus viszonyok, a műveléssel befolyásolt talajállapot és a növényállomány közötti kölcsönhatások vizsgálata, a hatások kvantifikálása és a technológiai elemek agroökoszisztémára gyakorolt befolyásának értékelése. A vizsgálatokat Hatvan körzetében, a *Szent István Egyetem GAK Kht. József-majori Kísérleti és Tangazdasága* területén 2002 óta folyó kísérletben végeztük. A kísérlet körülményeit befolyásolta, hogy a kiválasztott területen az előző két évben őszi búzát termesztettek és a talajhasználat módja nem felelt meg a nedvesség veszteség csökkentés elvárásainak. A terület 2002–2003 években 12,48 ha, ezt követően

4,68 ha. A kísérlet négyismétléses, sávos véletlen elrendezésű, a parcellaméret 975 m². A talaj mészlepedékes csernozjom, fizikai félesége vályog, kémhatása kissé savanyú. A talaj tápanyagtartalmához mérten optimális NPK műtrágya adagot (450 kg/ha) alkalmaztunk. A kísérlet kezelései a következők voltak:

1. Talajművelési rendszerek:

F – Forgatásos (szántás, 26–30 cm)
GYJ – Gyökérzóna javító (középmélylazítás, 40–45 cm)
ML1 – Mulcshagyó-lazító (kultivátoros, 12–16 cm)
ML2 – Mulcshagyó-lazító (kultivátoros, 16–20 cm)
MK – Mulcshagyó-keverő (tárcsázás, 16–20 cm)
MVL – Mulcshagyó-vetősorban lazító (direktvetés).

A művelési rendszereket a talajállapotra, a nedvességforgalomra és a növényekre gyakorolt hatások alapján bíráltuk el. A talaj állapotát befolyásoló beavatkozások menetszáma az öt művelési kezelésnél 3 volt (tarlóhántás, alapművelés, magágykészítés és vetés), a direktvetésnél 1, maga a vetés.

Vizsgálatok: a szokásos (a kísérlet beállítását megelőző) talajhasználat elbírálása; műveléshatás a talaj lazultsága, tömörödése, szerkezete és a földigilisztaszám alapján; a talaj nedvességtartalma a különböző mélységig bolygatott rétegben, a gyökérzónában és különböző felszíni fedettség esetén.

2. Növényi összetétel és sorrend:

2002 – fehér mustár (*Sinapis alba* L.), (védőnövény)
2002/03 – őszi búza (*Triticum aestivum* L.), fajta: *Mv Kucsma*, II. szaporítási fok
2003 – kukorica (*Zea mays* L.), hibrid: *Occitan* (FAO380)
2003/04 – rozs (*Secale cereale* L.), (védő- és mulcs-növény búza elővetemény után)
2004 – borsó (*Pisum sativum* L.), (talajkondíció javító és mulcsnövény)

A növények és a növényi sorrend hatását a szokásos és a módosított talajhasználat, a talajállapot, a nedvességforgalom, a termés és a növényvédelmi problémák alapján bíráltuk el. A fehér mustár magját (10 kg/ha mennyiségben) a búzatarlóra műtrágyaszóróval juttattuk ki és hengerrel kombinált kultivátorral 6–8 cm mélyen munkáltuk a talajba. A virágzás 30 nappal a vetés után indult meg. A tenyészidő 48 napot tett ki (07. 15–09. 01.). Az őszi búzát a különböző műveléssel előkészített, illetve a direktvetés érdekében bolygatatlan talajba 280 kg/ha mennyiséggel magágykészítő vetőgéppel vetettük el (11. 20.) 12,48 hektáron. A kelés 11. 25–26-án kezdődött meg. 2003 tavaszán 7,8 hektáron mulcshagyó művelést alkalmaztunk kultivátorral és kukoricát vetettünk (04. 26.). A búzát – 4,68 ha – a 238. napon (07. 16.) arattuk. A rozs védőnövény magját – 2,34 ha – a művelési és a direktvetéses parcellák talajába 180 kg/ha magmennyiséggel ugyancsak magágykészítő vetőgéppel juttattuk (08. 25.). A kelés a vetést követő hatodik napon kezdődött meg. A rozs zöldtömege két féle módon kezelhető 2004 kora tavaszán, mulcsolás szárzúzóval, vagy kémiai szerrel. A borsót a védőnövényes kezelésben mulcsba vetjük, védőnövény nélkül a talaj előkészítése szerint.

Vizsgálatok: növényszám, növénymagasság, termés, termésminták minősége, gyombor ítottság (%), kártevő- és kórokozó fertőzöttség. Minta: ismétlésenként 4, összesen 16.

3. Növénykezelés:

védőnövénnyel,
védőnövény nélkül.

A védőnövények hatását talajállapot, a nedvességforgalom, a felszín takarása és a növényvédelmi problémák alapján bíráltuk el.

Vizsgálatok: növényszám, borítottság, gyomborítottság (%), kártevő- és kórokozó fertőzöttség.

A KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI ÉS MEGVITATÁSUK

A talaj, a klimatikus viszonyok, a talajállapot és a növényállomány

A kísérleti terület sík, az ÉNY szeleknek kitett. A talaj fizikai félesége vályog, a csernozjom főtípusba tartozik, kémhatása kissé savanyú. Egyéb adatokat az 1. táblázatban közlünk. A talaj 0–40 cm rétegére vonatkozó humusztartalom 2,84%, a 0–10 cm rétegben átlagosan 3,29%, a 30–40 cm rétegben 2,09% (2. táblázat). A kísérletben mód nyílik a szokásos és a kímélő talajhasználat hatásainak összehasonlítására. Kisebb mértékű változások az elővetemény után visszamaradt szervesanyag eltérő mélységű és módú talajba munkálása és ebből következően eltérő feltáródása és esetleges vesztesége nyomán mutathatók ki. A humusz % a szántott talajban 40 cm mélységig kiegyenlített, a mulcshagyóan művelt talajban azonban a felső 20 cm rétegben több mint az alatt. A 20–30 cm réteget illetően a gyökérzóna javító művelés érdemel figyelmet, itt 3,40% humusztartalmat mértünk. A minimális bolygatás és a maradványok felszínen hagyása – két direktvetéses év után – nincs jelentős hatással a humusztartalomra.

A kísérleti területen a csapadék sokévi átlaga 580 mm, a vegetációs időszakban 323 mm. A 2002. év júliusának csapadéka a sokévi átlagnak (50 mm) megfelelően alakult. A vetéskor sekélyen bolygatott talajban a fehér mustár gyorsan kikelt, és 15 nappal később jól borította a felszínt. A védőnövénynyel kapcsolatos adatokat a 3. táblázat mutatja. Szárazanyagra átszámítva 6,5 t/ha mulcs képződött. 2002. október 1. és 2003. április 1. között összesen 172 mm, a 2004. évi tenyészidőben (április–szeptember) 63 mm volt a csapadékhiány. A művelések elvégzése és a vetés között azonban 100 mm eső hullott, emiatt a vetés ideje kitolódott. Az év csapadékhiány aránya (40,5%) miatt mégis aszályosnak minősül (*Harnos, 1993*). Az aszályos téli félévet mérsékelten aszályos tenyészidő követte, amely alatt 20%-kal hullott kevesebb csapadék a sokévi átlagnál. A termesztés körülményeinek értékelésekor *Ruzsányi* (*2000*) szerint figyelembe kell venni a kumulált vízhiányt is. Amikor a téli félév aszályos, a talajban tárolt, felvehető vízmennyiség is kicsi. Ilyenkor a növények vízellátásában a tenyészidei csapadék válik meghatározóvá. A 2003. tenyészidő első két hónapja ugyancsak száraz volt, vagyis a kumulált vízhiány nem enyhült. A száraz talajban a búza másodlagos gyökérzete alig fejlődött ki, és a bokrosodás is elmaradt. A tenyészidőszak március végétől július elejéig tartó szakaszában a búzának átlagosan 280–340 mm vízre van szüksége. Ez az igény nem teljesült, emellett a búzát a hőségnapok alatt tartós stressz érte. Súlyosbító körülményként értékelendő az előző években folytatott vízvesztő talajhasználat. Ekkor kukorica-búza váltás és többmenetes, a talaj kedvező folyamatait akadályozó művelés (26–28 cm forgatás váltogatása 14–16 cm tárcsás sekélyművelés) volt a szokás. A gyökérzónában és/vagy a felszínen tömör talaj a víz- és a hőforgalom akadályozása révén csökkenti a termést. A kísérletben adott évben inkább a tendencia, mint a termésszint érdemel figyelmet, de a rangsor így is megállapítható (4. táblázat). A műveléssel befolyásolt talajállapot sorrendje, csökkenő tendencia alapján: Forgatásos > Mulcshagyó-lazító 1 > Gyökérzóna javító > Mulcshagyó-keverő > Mulcshagyó-lazító 2 > Mulcshagyó-vető. Adott körülmények között a talajt mélyebben bolygató (szántás, lazítás), és a mulcshagyó művelés (kultivátoros, tárcsás) kedvező hatása bizonyítható. A bolygatatlan talajon (direktvetés) elért termés matematikailag igazolhatóan kisebb bármely mélységű és módú művelés termésénél. A hazai direktvetés szakirodalmában hasonló és eltérő adatok ismertek (*Kis-*

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

mányoky et al., 1997; Birkás et al., 1999; Gyuricza – Birkás, 2000; Birkás – Gyuricza, 2001). Az eltérések a termőhelyi és klimatikus körülményekkel, a növényi sorrenddel és a bolygatatlan állapot tartamával magyarázhatók. A búzaminták fehérjetartalma 20,78–21,55% között változott. A kisebb érték a szántott, a nagyobb a direktvetéses kezelésekben fordult elő, de a különbség matematikailag nem igazolható. Nincs összefüggés a műveléshatás és a sikér % között sem. Végső soron az őszi búza fejlődését, termését befolyásolta: (1) a természeti és talajhasználat eredetű vízhiány; (2) a nedves talajon végzett kései vetés; (3) a bokrosodás elmaradása; (4) a talaj hőforgalmi zavarai különösen a bolygatatlan talajban; (5) gyomosodás.

A talajban rendelkezésre álló nedvességkészletet a csapadék mennyisége, hasznosulása, a növényi sorrend, a növények vízfelhasználása, a vízvesztő, vagy vízveszteséget csökkentő talajhasználat befolyásolja. Ismert, hogy a lehullott csapadéknak a talaj vízgazdálkodási tulajdonságaitól és állapotától függően 40–60%-a hasznosul (*Ruzsányi, 1996*). Emiatt száraz évben nő a kumulált vízhiány és a talajállapot jelentősége. Ezt figyelembe vettük a búza-mulcsba vetett kukorica termesztésénél. A vetés alkalmával tömörödött talajt kultivátorral kíméletesen lazítottuk, egyengettük, és idővesztéség nélkül vetettünk. A termesztési adatok (5. táblázat) jó állománysűrűséget és termést mutatnak, amely az adott száraz évben a nedvességveszteség csökkentő művelés előnyét támasztja alá. Matematikailag igazolható terméskülönbség mutatható ki az előző évi sekély bolygatás és a 20 cm-nél mélyebb művelés között. Nem elhanyagolható szempont, hogy a kísérletre jellemző átlagtermés (5,8 t/ha) duplája volt a körzetben tipikusan talajszárító műveléssel elért szinteknél.

A nyári kísérleti munkákat a nedvességveszteség minimalizálása jellemezte. A búzatarló mulcshagyó hántásban részesült, a direktvetéses terület kémiai kezelésben, ahol az elölt gyomtömegből mulcs képződött. A művelések menetszáma a vetésig összesen 2 volt. A rozs védő- és mulcsnövénynek került a kísérleti terület felére (08. 25.). Adott száraz körülmények között a felszín takarása és a talaj lazultsága kiemelt jelentőségű (6. táblázat). A felszín fedettsége idővel csökkent, de kedvező hatása a vetést követő 3. és 6. héten is kimutatható volt. A forgatásos művelés maradványoktól mentes felszínt adott, amelyet a vízvesztő felület csökkentésével ellensúlyoztunk. A rozs vetése után a talajborítás csökkenő sorrendje: Mulcshagyó-vető (80%) > Mulcshagyó-lazító (55, ill. 50) > Mulcshagyó-keverő (35) > Gyökérzóna javító (25) > Forgatásos (0). A 0–15 cm rétegben mért gilisztaszám (db/m^2) szoros összefüggést mutatott a talajnedvességgel (7. táblázat). A giliszták előnyben részesítették a mulccsal takart, nyirkosan tartott talajt. Az ülepedett talajból (direktvetés) eltűntek a giliszták, ugyanakkor a szántott, de nyirkos talajban megfelelő életteret találtak. A szakirodalomban ezzel ellentétes adatokról is tudunk (*Kladivko et al., 1986; Gregory et al., 1997; Gyuricza, 2000*). Az eltérés okát a direktvetés rövid tartamában látjuk. Minimálisan 6–8 év szükséges ahhoz, hogy a bolygatatlan, alig taposott talajra jellemző, a földigiliszták számára kedvező életteret nyújtó szerkezet kialakuljon. Esetünkben mindössze egy év telt el. A védőnövény szerepe a talaj nedvességtartalmára gyakorolt hatása alapján is minősítendő. A felszín takarásával csökken az evaporáció, ugyanakkor számolni kell a növény vízfelhasználásával. A rozs kelése után 7 nappal még nem találtunk érdemleges különbséget a növényes és a növény nélküli kezelések között (1–2. ábra), ekkor még a műveléssel és a felszín takarásával kialakult állapot határozta meg a talaj nedvességtartalmát. Újólag igazolódott, hogy bolygatatlan, túlzottan nem tömörödött, bevetetlen talaj megfelelő takarás esetén alkalmas a nedvesség tárolására (3. ábra). Október közepén a műveléssel kialakult talajállapottól függő átnedvesedés már nagyobb befolyással volt a tőszámra, mint a felszín fedettsége (8. táblázat).

A növényi sorrend, a talaj bolygatottsága és a növényvédelmi problémák

A növényi sorrend klasszikus értelemben véve akkor kedvező, ha minél több növénynél teljesülnek a termesztést segítő biológiai és agronómiai követelések. A gazdaságossági szempontoknak megfelelő, egyszerű vetésváltást nem, vagy alig jellemzik kedvező biológiai hatások, és száraz évben nincs mód az optimális növényi sorrendre jellemző víztakarékos megoldások kihasználására (*Ruzsányi, 1996*). Az elővetemény-hatás a biológiai utóhatás, a vízfelhasználás, a gyom-, a kártevő- és kórokozó fertőzés, a tarlómaradványok, a betakarítás, valamint a talaj állapota alapján minősíthető (*Tóth – Kismányoky, 2001; Birkás, 2002*).

A kísérlet kezdete előtt két évig őszi búza volt a területen. Előnyét a közepes vízfelhasználásban, a szalma mulcsként való hasznosításában, a védőnövény termesztés lehetőségében és a talajhasználat átalakíthatóságában jelöltük meg. Hátrányosnak ítéltük a vetésváltás hiányát, a kedvezőtlen biológiai utóhatást, a várható növényvédelmi problémákat és a búza alá végzett tárcsás sekélyművelést.

A fehér mustár vetését a búza kedvezőtlen biológiai utóhatásának csökkentése is szükségessé tette. A zúzott mustárszár a búza vetéséig kezelésenként eltérő mértékben takarta és védte a talaj felszínét. A búza elővetemény-hatása a kis tőszám és a gyomosodás miatt gyengébbnek, a kisebb vízfelhasználás okán adott évben megfelelőnek minősülhet (*Jolánkai et al., 2003*).

Az őszi búza kártevői, kórokozói és a művelési változatok között összefüggést 2003-ban nem találtunk. Rovarkártételt, kisebb mértékben – és a művelési kezelésektől függetlenül – a veresnyakú árpabogár (*Lema melanopus*), a gabonapoloskák (*Aelia spp., Eurygaster spp.*), a szipolyok (*Anisoplia spp.*) és a búzatripsz (*Haplothrips aculeatus*) okoztak. A mezei pocok (*Microtus arvalis*) betelepedésének a bolygatatlan talajállapot (direktvetés) nyújtott kedvező életteret. A járatok száma a búza kelésekor 7–157 db között változott, ezeknek 33–50%-a volt lakott. Az április végi felvételezéskor számlált 13–97 db járatnak 0–17%-a volt lakott. Vagyis a hosszú, hideg és havas tél jelentősen csökkentette a mezei pocok darabszámát és kártételét. A rozs kelése után 90 nappal elenyésző számban talált járatok gyakorlatilag lakatlanok voltak.

A kísérlet beállítását megelőző gyomszemle közepes fertőzést mutatott (a seedbank meghatározásához vett minták feldolgozása még tart), amelyben a váltás nélküli termesztésre jellemző fajok (pl. *Bromus* spp.) is megjelentek. A mustár jó, a tőhiányos búza utónövény gyenge gyomelnyomónak bizonyult. Az áprilisi felvételezéskor a tavaszi, a júniusi és a júliusi méréskor a nyárvégi gyomok borítása volt nagyobb.

Az őszi búza tenyészideje alatt a gyomborítást a talaj gyommag fertőzöttsége, a tőhiány és az aszályos klíma alakította. Kimutatható volt a búza alá végzett művelések közvetett hatása is. A gyomborítottság, mindhárom felvételezéskor – a vonatkozó szakirodalmi adatokkal összhangban – a szántott területen volt legkisebb és a direktvetésben a legnagyobb (*Ball, 1994*; *Fortune, 1994; Percze, 2003*). A mulcshagyó kultivátoros és tárcsás művelés elősegítette a gyomkelést, de a kárküszöbnél nagyobb borítás csak a búza érésekor következett be (9. táblázat). A szakirodalomban a forgatás nélküli művelés gyomosító hatására több szerző rámutatott (*Cannell, 1985; Radics, 1989; Ball, 1994; Fortune, 1994*). Ez a hatás azonban összefügg a talaj gyommag fertőzöttségével és a gyomkelést kiváltó kedvezőbb talajállapottal (*Birkás, 2002*). Figyelmet érdemel a gyökérzóna állapotát javító talajlazítás gyomkorlátozó hatása, amely a szántásnál gyengébb volt, de a mulcshagyó műveléseknél megbízhatóan jobbnak bizonyult. Hasonló adatokat kaptunk más termőhelyen végzett kísérletekben is (*Birkás et al., 1999*). A búza gyomborítási sorrendje, növekvő tendenciában, a talajállapot szerint: Forgatásos < Gyökérzóna javító < Mulcs-

hagyó-lazító 1,2 < Mulcshagyó-keverő < Mulcshagyó-vető. Vagyis a gyomkorlátozásban a forgatás és a mélyebb talajbolygatás volt eredményesebb. Ettől eltérő sorrend alakult ki a betakarításakor vett búzaminták gyommag tartalma alapján (10. táblázat). Ebben a forgatás a második, a lazítás pedig a negyedik helyre került. A betakarított termény gyommagtartalma átlagosan 7%-ot tett ki, amely összhangban van a kísérlet kezdetekor megállapított közepes gyomfertőzöttséggel.

A sekélyen, mulcshagyóan hántott tarlón kikelt gyomok élettevékenysége a művelési kezelések beállításakor mechanikai, a direktvetéses területen pedig kémiai úton szűnt meg. Az október végi szemlén a rozs védőnövénnyel bevetett, és a vetetlen terület egyaránt gyommentesnek mutatkozott. Kivételként a direktvetéses parcellák említendők, amelyeken egyszikű gyomok keltek (*Bromus* spp., *Echinochloa crus-galli*) 3,38 és 4,12% borítottsággal, a vetéstől függetlenül.

A talajhasználat és a talajállapot

Mivel a területen 2002. őszétől folyik nedvességveszteség csökkentő talajhasználat, ennek eredménye a búza termésében nem volt mérhető. A termés a tenyészidei vízhiányt felerősítő gazdálkodás (váltás nélküli termesztés, kedvezőtlen talajállapot, kései vetés) szintjének felelt meg. A kísérlet kezdetekor a talaj állapota a korábbi művelések utóhatásaként kedvezőtlennek minősült. A felső 10 cm – vagyis a hántott – réteg alatt a talaj 5,0 MPa ellenállással jellemezhetően volt tömörödött. A mérést megelőzően hullott csapadék (18 mm) 12–15 cm-ig nedvesítette be a talajt, a gyökérzóna azonban száraz maradt. Az átnedvesedést a későbbiekben a talaj 30 cm alatt tömörebb állapota, illetve a mustár védőnövény gyökérzetének (35–40 cm) lazító hatása befolyásolta. A gyökérzet lazító hatása javította az alapozó művelések minőségét, és felszín elmunkálásra nem volt szükség.

A talaj állapota a búza alá végzett műveléseket követően a bolygatás mélységét és módját tükrözte. A művelések mélységéig 2,5 MPa ellenállással jellemezhető lazultság alakult ki. A művelt réteg alatt a talaj a több év óta bolygatatlan állapotnak megfelelően volt tömör (3–4 MPa). A nedves talajon végzett vetés megítélésünk szerint nagyobb kárt okozott, mint a késedelem. A 0–10 cm réteg tömörödése ugyanis a fagyok hatására sem enyhült. Ez a tavasszal kérgessé vált réteg a talaj nedvességforgalmának lerontásán keresztül vált termésveszteség fokozó tényezővé. Ilyen hiba a búza mulcsba vetett kukoricánál nem alakult ki.

A rozs utónövény kelése a talajfelszín felmelegedésének csökkentésével (takarás tarlómaradvánnyal), és a művelések során óhatatlan nedvességveszteség mérséklésével volt megalapozható. A rozs további fejlődését a rendelkezésre álló nedvesség mellett a talajállapot is befolyásolta. A szeptember közepén végzett mérés a művelések eltérő hatását mutatja (4. ábra). A felső 25 cm réteg leginkább a szántással és a gyökérzóna javító műveléssel lazult. E réteg alatt némi különbség van a két művelés között. A penetrációs görbe lefutása a szántás alatt eketalptömörödést jelez, míg a másiknál megfelelő lazítóhatást. A három sekélyművelés alatt a talaj az előző évihez hasonlóan tömör, ellenállásuk 3,2–4,3 MPa értékek között változik. A felső 10–15 cm réteg a direktvetéses kezelésnél a legtömörebb, megközelíti az 5,0 MPa értéket. Ugyanakkor 20 cm alatt egyre kisebb a tömörödés mértéke, amely a további évek termesztési esélyei miatt érdemel figyelmet.

A talaj állapota a szén-dioxid kibocsátás alapján is minősíthető (*Gyuricza et al., 2001*). Az emissziót befolyásolja a talaj bolygatottsága (mélység, mód), a felszín takarása és a nedvességtartalom. Ismert, hogy a bolygatott talajba kerülő szervesanyagok széntartalmának 2/3 része széndioxiddá oxidálódva a levegőbe kerül, és a növénytermesztés számára már nem hasznosul. A gyakori bolygatás – sokmenetes,

vagy az intenzív művelés – az aerob mikrobiális légzési folyamatok serkentésével a talaj humifikált és ásványosodott szerves anyagait pusztítva mozdítja elő a szervesanyag fogyást (*Szabó, 1986*). Egyes nézetek szerint a talajok szén-dioxid emissziója, különösen a hagyományos művelés esetén befolyásolja a globális felmelegedést (*ECAF, 1999*). Ez a nézet a jövőben vélhetően pontosításra szorul. Annyi azonban bizonyos, hogy a gyakran és mélyen művelt talajok CO_2 kibocsátása jelentősen meghaladja azokét, amelyeket kevésbé bolygatnak. Méréskor a 0–50 cm réteg átlagos nedvességtartalma 14,30 tömegszázalék volt (kissé nyirkosnak minősült). A felszín takarásának elbírálásához a 6. táblázat adatai vehetők figyelembe. A bolygatatlan talaj (direktvetés) CO_2 kibocsátása 400, a hántott, ülepedett, tarlómaradványokkal takart talajé 600 ppm volt (5. ábra). Az előbbi adat a mérés 48 órája alatt értelemszerűen nem változott. Az emisszió legintenzívebb volt (1000–1400 ppm) a mélyebb kultivátoros (ML 2) és a lazításos (GYJ) kezelésben, de a 24. óra elteltével 400–900 ppm értékre csökkent. Alacsony kibocsátási értékkel (700–800 ppm) minősíthető a sekély kultivátoros művelés. Felhívjuk a figyelmet a szántott talaj (F) 700 ppm körüli emissziójára, amely csak a 24 órában emelkedett 1000 ppm érték fölé, de ezt követően 400 ppm-re esett vissza. A jelenség a szántásra használt eszközzel magyarázható, az ekét ugyanis a talaj üregességét és felszíni egyenetlenségét megszüntető hengerrel járattuk. A mérési adat egyrészt a szántások közti különbség figyelembe vételére, másrészt a szántás eszközének összerűsítésére irányítja a figyelmet (*Birkás, 2002*). A talaj szerkezetét kímélő művelés tartós alkalmazásakor nem csak a CO_2 kibocsátás tartható alacsony szinten, hanem a szerves anyagok lebontása és felhalmozódása is kiegyenlítetté tehető.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BALL, B. C. (1994): Experience with minimum and zero tillage in Scotland. EC Workshop I. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Giessen, 27–28 June, Proc. 15–24. pp. (2) BIRKÁS M. (2000): A talajtömörödés helyzete Magyarországon. Következményei és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori Ertekezés, Budapest. (3) BIRKÁS M. (2001): A talajhasználat. A talajhasználati módok értékelése. In: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Szerk. Birkás M. Akaprint Kiadó, Budapest, 99–120. pp. (4) BIRKÁS M. (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Kiadó, Budapest. (5) BIRKÁS M. – GYURICZA CS. – GECSE M. – PERCZE A. (1999): Az évente ismételt tárcsás sekélyművelés hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon. Növénytermelés, 48, 4. 387–402. pp. (6) BIRKÁS M. – GYURICZA CS. (2001): A szélsőséges csapadékellátottság hatása az őszi búza néhány termesztési tényezőjére barna erdőtalajon. Növénytermelés, 50. 2–3. 333–344. pp. (7) CANNELL, R. Q. (1985): Reduced tillage in North-West Europe - A review. Soil Till. Res. 5. 129–177. pp. (8) FORTUNE, T. (1994): Direct drilling and reduced cultivation in Ireland. EC Workshop, I. Giessen, 27–28 June, Proc. 33–38. (9) GREGORY, L. W. – KLADIVKO, E. J. – SAVABI, M. R. (1997): Seasonal variations in infiltration rate under no-till and conventional (disk) tillage systems as affected by Lumbricus terrestris activity. Soil Biochem. 29. 481–484. pp. (10) GYŐRFFY B. (1990): Tartamkísérletek Martonvásáron. In: Martonvásár második húsz éve (Szerk.: Kovács I.), Martonvásár, 114–118. pp. (11) GYURICZA CS. (2000): Az értékőrző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (Ph.D) értekezés, Gödöllő. (12) GYURICZA CS. – BIRKÁS M. (2000): A szélsőséges csapadékellátottság hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon kukoricánál. Növénytermelés, 49. 6. 691–706. pp. (13) GYURICZA CS. – JÓRI J. I. – PAZSICZKI I. (2001): A szántóföldi talajhasználat és az üvegházhatás összefüggései. 25. MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 2001. január 22–23. Kiadv. (szerk. Tóth L., Benkóné Pongó D.) 2. kötet 214–219. pp. (14) HARNOS ZS. (1993): Időjárás és időjárás-termés összefüggéseinek idősoros elemzése. In.

Aszály 1983 (Szerk. Baráthné, Győrffy B., Harnos Zs.) Akaprint, Budapest, 9–46. pp. (15) JOLÁNKAI M. – SZENTPÉTERY ZS. – SZŐLLŐSI G. (2003): Az évjárat hatása az őszi búza termésére és minőségére. „AGRO-21" Füzetek, 31. 74–82. pp. (16) KISMÁNYOKY, T. – HOFFMANN, S. – TÓTH, Z. (1997): Long term effect of different soil tillage systems on crop yield and nitrate content of soil. Biblotheca Fragmenta Agronomica, 2B, Proc. (eds. Fotyma, M. et al.) 14th ISTRO Conference July 27–Aug. 1, 1997, Pulawy, Poland, 359–362. pp. (17) KLADIVKO, E. J. – MACKAY, A. D. – BRADFORD, J. M. (1986): Earthworms as a factor in the reduction of soil crusting. Soil Sci. Soc. Am. J. 50. 191–196. pp. (18) NÉMETH T. (1999): A tápanyagellátás hatása a szántóföldi növények minőségére és a környezetre. In. „Magyarország az ezredfordulón" Stratégiai Kut. az MTA-n. Növénytermesztés és környezetvédelem. (Szerk.: Ruzsányi L. – Pepó P.) MTA Agrártud. Oszt., Budapest, 81–85. pp. (19) PERCZE A. (2003): Talajgyommagtartalom-vizsgálatok talajművelési tartamkísérletben. Növénytermelés, 52. 3–4. 341–350. pp. (20) RADICS, L. (1989): Agroökológiai tényezők hatása a szántóföldi gyomnövényzetre. Kandidátusi értekezés, Gödöllő. (21) RUZSÁNYI L. (1996): Az aszály hatása és enyhítésének lehetőségei a növénytermesztésben. In: Éghajlat, időjárás, aszály. Szerk.: Cselőtei L. – Harnos Zs. Akaprint, Budapest, 5–66. pp. (22) RUZSÁNYI L. (2000): Hidrometeorológiai szélsőségek növénytermesztési értékelése. In: Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai (Szerk.: Nagy J. – Pepó P.) DE ATC, Debrecen, 145–159. pp. (23) SZABÓ I. M. (1986): A mikroorganizmusok aktivitásának szabályozása. A talajművelési eljárások, trágyázási és növénytermesztési rendszerek célszerű kombinációjával In: Szabó I. M. Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 325–335. pp. (24) TÓTH Z. – KISMÁNYOKY T. (2001): A trágyázás hatása a talaj szervesanyag-tartalmára és agronómiai szerkezetére vetésforgókban és kukorica monokultúrában. Agrokémia és Talajtan, 50. 3–4. 207–223. pp. (25) UJJ, A. – GYURICZA, CS. (2002): Application and economical importance of catch crop in national circumstances. 12th ISCO Conference, Sustainable Utilization of Global Soil and Water Resources. 26–31 May, 2002, Beijing, China Proc. (eds. Anze, G. et al.) Vol. III. Tsinghua Univ. Press, 263–266. pp. (26) VÁRALLYAY, GY. (1996): Magyarország talajainak érzékenysége a szerkezetromlásra és tömörödésre. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek, '96/1. Pszicholingva Kiadó, Szada, 15–30. pp.

1. táblázat

Fontosabb talajjellemzők (József-major, 2003)

Megnevezés	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	30–40 cm
K_A	42	43	43	44
Összes só %	0,055	0,055	0,057	0,048
CaCO %	0	0	0	0
pH_{KCl}	5,17	5,28	5,36	5,46
NH_4-N mg/100g	0,71	0,46	0,51	0,42
NO_3-N mg/100g	2,53	2,15	1,61	1,12
NH_4+NO_3 mg/100g	3,24	2,61	2,12	1,54
Összes N%	0,147	0,129	0,118	0,088
C%	1,956	1,797	1,670	1,204
C:N	13	14	14	14
AL-P_2O_5 mg/kg	320	247	235	118
AL-K_2O mg/kg	140	78	73	81

2. táblázat

A talaj humusztartalma a különböző rétegekben (2003)

Művelés	0–10 cm	10–20 cm	20–30 cm	30–40 cm	Átlag
Forgatásos	2,96	2,77	2,92	2,41	2,765
Gyökérzóna javító	3,17	2,90	3,40	1,93	2,850
Mulcshagyó-lazító 1	3,78	3,30	2,84	1,72	2,910
Mulcshagyó-lazító 2	3,81	3,37	2,53	2,21	2,980
Mulcshagyó-keverő	3,34	3,40	3,02	2,43	3,048
Mulcshagyó-vető	3,16	2,83	2,53	1,72	2,560
Átlag	**3,29**	**3,05**	**2,91**	**2,09**	**2,835**
Min.	2,96	2,77	2,53	1,72	2,495
Max.	3,81	3,40	3,40	2,43	3,260

3. táblázat

A fehér mustár védőnövény termesztési adatai (József-major, 2002)

Megnevezés	Időpont	Tőszám (db/m^2)	Magasság (cm)	Gyökerezési mélység (cm)
Vetés	07. 15.	–	–	
Kelés	07. 20.–07. 25.	57–73	1–3	0–1
Virágzás	08. 15.–09. 01.	68–72	77–86	32–38
Szárzúzás	09. 01.	70	80–86	35–40

4. táblázat

Adatok az őszi búza fejlettségéről (József-major, 2003)

Művelés	Tőszám (db/m^2)	Magasság (cm)	Kalász (db/m^2)	Termés (t/ha)	Fehérje (%)	Sikér (%)
Forgatásos	92	37	151	0,5823	20,78	44,33
Gyökérzóna javító	64	37	132	0,5212	21,33	44,33
Mulcshagyó-lazító 1	62	35	134	0,5545	20,88	43,95
Mulcshagyó-lazító 2	71	34	164	0,5168	21,53	44,68
Mulcshagyó-keverő	62	36	142	0,5174	21,35	44,48
Mulcshagyó-vető	59	32	112	0,4763	21,55	44,83
SzD,%	9,013	3,112	11,203	0,1114	0,912	1,976

5. táblázat

Adatok a búza mulcsba vetett kukoricáról (József-major, 2003)

Művelés	Tőszám (db/ha)	Termés (t/ha)	Fehérje (%)
Forgatásos	76 500	5,958	8,3
Gyökérzóna javító	80 000	6,315	8,3
Mulcshagyó-lazító 1	77 500	5,663	7,6
Mulcshagyó-lazító 2	75 000	5,840	7,9
Mulcshagyó-keverő	70 000	5,210	7,5
Mulcshagyó-vető	70 000	5,073	7,4
SzD,%	1 011	0,787	0,302

6. táblázat

Gyom és szalma mulccsal takart felszín (%) rozsvetéskor és 6 héttel később

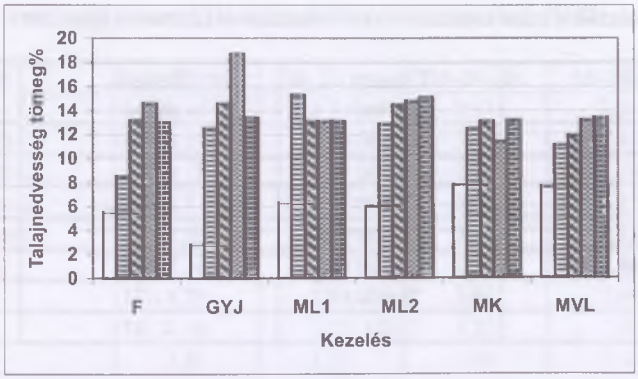
Művelés	Takart felszín % 2003. 08. 25.	Talajállapot	Takart felszín % 2003. 10. 10.
Forgatásos	0	Lazult 30 cm-ig	0
Gyökérzóna javító	25	Lazult 40 cm-ig	20
Mulcshagyó-lazító 1	55	Lazult 15 cm-ig	41
Mulcshagyó-lazító 2	50	Lazult 20 cm-ig	30
Mulcshagyó-keverő	35	Lazult 15 cm-ig	24
Mulcshagyó-vető	80	Erősen ülepedett	62

7. táblázat

A gilisztaszám a 0–15 cm rétegben rozsvetéskor (2003. 08. 25.)

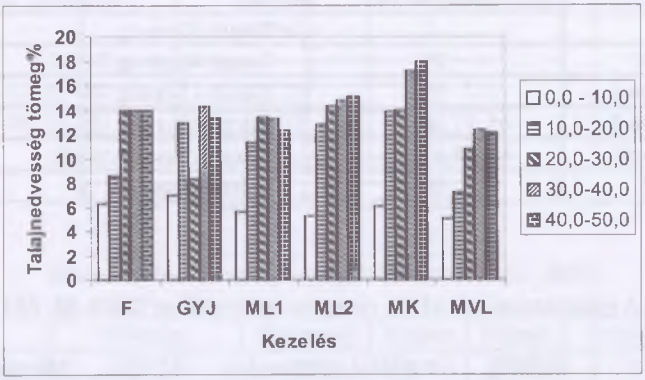
Művelés	Giliszta (db/m^2)	A talaj nyirkossága a rétegben	Műveléshatás
Forgatásos	4	jó	Mulcshagyás, lazultság
Gyökérzóna javító	4	jó	Mulcshagyás, lazultság
Mulcshagyó-lazító 1	6	igen jó	Mulcshagyás, szerkezetkímélés
Mulcshagyó-lazító 2	7	igen jó	Mulcshagyás, szerkezetkímélés
Mulcshagyó-keverő	3	jó	Mulcshagyás, keverés
Mulcshagyó-vető	0	közepes	Erősen ülepedett állapot

1. ábra



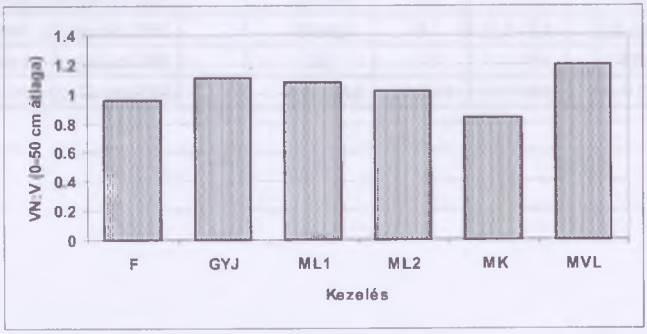
A talaj nedvességtartalma a különböző rétegekben védőnövény nélkül (József-major, 2003. 09. 10.)
Művelési kezelések: F: forgatásos; GYJ: gyökérzóna javító; ML1,2: mulcshagyó-lazító; MK: mulcshagyó-keverő; MVL: mulcshagyó-vetősorban lazító

2. ábra



A védőnövénnyel borított talaj nedvességtartalma a különböző rétegekben (József-major, 2003. 09.10.)

3. ábra



A nedvességtartalom aránya fedetlen (VN) és a védőnövénnyel borított (V) talajban (József-major, 2003. 09. 10.)

8. táblázat

A rozs védőnövény tőszám (József-major, 2003. okt.)

Tő db/m²	Forgatásos	Gyökérzóna javító	Mulcshagyó-lazító 1	Mulcshagyó-lazító 2	Mulcshagyó-keverő	Mulcshagyó-vető
Min.	20	34	30	36	24	21
Max.	86	72	74	84	66	66

SzD_5%: 8,172 db/m²

9. táblázat

Az egyéves és évelő gyomok borítása a tenyészidőben, őszi búzában (2003)*

Mérés ideje	Gyom	Gyomborítottság (%) eltérő művelés esetén					
		F	GYJ	ML 1	ML 2	MK	MVL
04. 28.	Egyéves	1,01	3,65	9,39	3,06	11,51	13,52
	Évelő	0,03	0,20	0,72	0,11	0,41	2,10
	Összes	**1,04**	**3,85**	**10,11**	**3,17**	**11,92**	**15,62**
06. 02.	Egyéves	2,10	3,71	9,17	7,60	8,84	28,15
	Évelő	0	0,01	0,05	0,08	1,26	1,68
	Összes	**2,10**	**3,72**	**9,22**	**7,68**	**10,10**	**29,83**
07. 02.	Egyéves	9,37	26,51	30,67	45,61	38,26	45,98
	Évelő	0,01	0,12	0,98	0,13	0,15	0,97
	Összes	**9,38**	**26,63**	**31,65**	**45,74**	**38,41**	**46,95**
Trend<		1	2	3	3	4	5

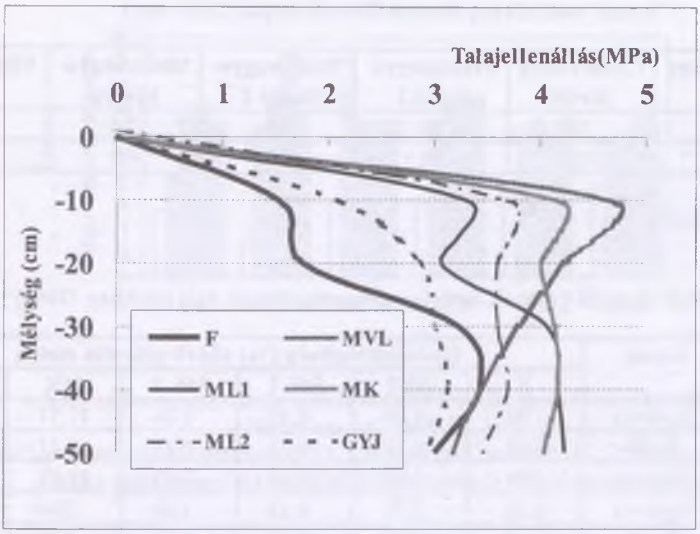
* F: Forgatásos; GYJ: Gyökérzóna javító; ML1, 2: Mulcshagyó-lazító; MK: Mulcshagyó-keverő; MVL: Mulcshagyó-vető.

10. táblázat

A búzatermés gyommag tartalma (%)

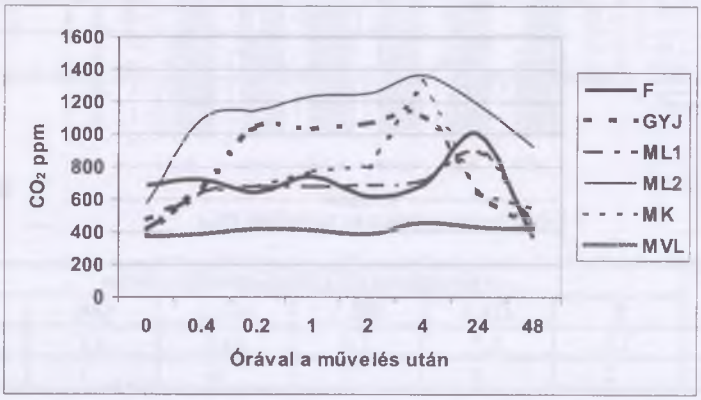
	Gyommag (%) eltérő művelés esetén					
	F	GYJ	ML 1	ML 2	MK	MVL
Gyommag (%)	3,4	8,7	1,0	12,6	8,1	8,8
Trend<	2	4	1	6	3	5

4. ábra



A talaj penetrációs ellenállása (MPa) különböző mélységű bolygatás esetén (József-major, 2003. 09. 16.) A talaj nedvességtartalma (0–50 cm):14,71 tömegszázalék

5. ábra



A talaj CO_2 kibocsátása különböző bolygatás esetén (József-major, 2003. 08. 22.)

A TALAJ FIZIKAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA TALAJMŰVELÉSI KÍSÉRLETBEN

FARKAS CSILLA – TÓTH ESZTER – VÁRALLYAY GYÖRGY

ÖSSZEFOGLALÁS

A talajművelési rendszerek jelentős szerepet játszanak az agro-ökoszisztémák racionális használatában, elsősorban a talaj nedvességforgalmának szabályozása területén. A különböző talajművelési rendszerek összehasonlító értékelésénél ezért fontos szempont az, hogy azok miképp hatnak a talaj felszínére jutó víz talajba szivárgására, illetve a talajban történő hasznos (növény számára felvehető formában történő) tározására. Ennek megállapítása céljából szabadföldi talajművelési tartamkísérletben tanulmányoztuk hat különböző talajművelési rendszer hatását a talaj térfogattömegére, víztartó-görbéjére és nedvességtartalmára kukorica kultúrában. Kapacitív elven működő szondák installálásával monitoring-rendszert építettünk ki a talajnedvesség-tartalom folyamatos mérésére.

Az eltérő kezelésekben mért víztartó-görbék statisztikai és vizuális értékelése során megállapítottuk, hogy a vegetációs időszak elején és közepén a művelési mód jelentősen befolyásolta a művelt rétegben mért víztartó-görbék alakját a makropórusos (kis szívóerő) tartományban (pF < 1,5), ugyanakkor nem fejtett ki hatást a mezo- és mikropórusokra. Következésképpen a vizsgált művelési rendszerek az adott kísérleti körülmények között nem befolyásolták a vizsgált talaj potenciálisan hasznosítható vízkészletét. A talajnedvesség-értékekben és terméseredményekben tapasztalt különbségek elsősorban a talajművelés közvetett hatására vezethetők vissza.

A talajnedvesség-tartalom tér- és időbeli változásának elemzésekor megállapítottuk, hogy az alkalmazott talajművelési eljárások nagymértékben megváltoztatták a művelt talajréteg nedvességforgalmát. A művelés alatti rétegekben fokozatosan kiegyenlítődtek a kezelések közötti különbségek. A sekélyművelésekben kimutatható volt a művelés alsó határán esetlegesen kialakuló tömör réteg káros hatása.

BEVEZETÉS

A termőtalaj hazánk egyik legjelentősebb, sokfunkciós, feltételesen megújuló természeti erőforrása és vízrezervoárja. A talaj, mint az agroökoszisztémák egyik legfontosabb alkotóeleme a legkülönbözőbb szakterületek vizsgálati tárgyát képezik. Napjainkban a tudomány számára az egyik fő kihívást a talaj tulajdonságaiban az antropogén hatások következtében végbemenő változások előrejelzése, a káros folyamatok csökkentése és a fenntartható talajhasználat elemeinek kidolgozása jelenti. Ennek kapcsán *Várallyay (1997)* elsősorban a korlátozott és felértékelődő vízkészletekre hívja fel a figyelmet, és arra, hogy a jövőben a mezőgazdaság-fejlesztésnek és környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz az egyik meghatározó tényezője. Ezért központi kérdés a vízfelhasználás hatásfokának növelése, aminek alapvető eleme a talaj nedvességforgalmának hatékony szabályozása. Magyarország, elsősorban az Alföld természeti adottságai között kiemelkedően fontos a talajok aszály- és belvízérzékenységét csökkentő talajműve-

lési rendszerek elterjesztése. A fenntartható talajhasználat és a költséghatékonyság követelményeinek egyaránt megfelelő művelési rendszer kiválasztásakor az egyes művelési rendszerek talajnedvesség-megőrző és talajszerkezet-fenntartó vagy javító szerepét egyaránt figyelembe kell venni.

A talajművelés sokoldalúan befolyásolhatja a talaj vízháztartását a beszivárgási körülményekre, a felszíni lefolyásra, a párolgási viszonyokra valamint a talajszerkezetre gyakorolt hatása révén (*Várallyay, 1997; Zhai et al., 1990; Mwendera, 1992*). A talajművelésnek a talaj fizikai állapotát jellemző paraméterekre (térfogattömeg, összporozitás, talajellenállás, beszivárgás, párolgási együtthatók, vízvisszatartó-képesség, pórusméret-eloszlás, talajnedvesség stb.) gyakorolt hatását nagyon sokan vizsgálták mind hazánkban (*Birkás et al., 1998; Gyuricza et al., 1998; Sipos, 1973*) mind külföldön (*Culley et al., 1987; Mwendera, 1992; Zhai, 1990*).

Culley et al. (1987) a hagyományos szántásos művelés és a direktvetés hatását tanulmányozták a talajfizikai jellemzőkre. A térfogattömeg szignifikánsan nagyobb és a mélységben állandó volt a direktvetés esetében, míg a szántásos kezelést alacsonyabb, a talajfelszín közelében csökkenő értékek jellemezték. Ezeket a következtetéseket *Gantzer – Blake (1978)* és *Pidgeon – Soan (1977)* munkái is alátámasztották. *Ouwerkerk – Boone* (1970) szerint az összporozitás területi átlagértéke és szórása egyaránt alacsonyabb a direktvetés esetében mint a szántásos művelésben. A direktvetésben a talaj tömődöttebb és a pórusméret-eloszlás egyenletesebb. Ugyanakkor *Hill – Cruse (1985)* valamint *Potter et al. (1985)* Iowaban végzett mérései szerint a művelés semmilyen hatást nem gyakorolt a térfogattömegre. A legtöbb esetben a művelés hatása – a művelés mélységétől függően – a felső 30 centiméteres rétegben volt kimutatható.

Ellentmondásos eredményeket közöl a szakirodalom a talaj nedvességtartalmát és hasznos vízkészletét illetően is. A legtöbb kísérletben a talaj térfogatszázalékos nedvességtartalma nagyobb a direktvetésben mint a hagyományosan művelt talajokban (*Lindstrom et al., 1984; Negi et al., 1981; Gantzer – Blake, 1978; Pidgeon – Soane, 1977; Blevins et al., 1971*). Igen vitatott azonban, hogy a magasabb víztartalom hasznos vízkészletet képez-e a növény számára (*Zhai et al., 1990*). Így például *Blevins et al. (1971)* úgy találták, hogy a direktvetésben tapasztalt magasabb nedvességtartalomnak köszönhetően a növény könnyebben átvészeli a rövid ideig tartó száraz periódusokat a nyár folyamán. Ezzel szemben *Tollner et al. (1984)* szerint a direktvetésben a talajnedvesség sokkal kisebb hányadát képezi a növény által felvehető vízmennyiség, mint a szántásos művelésben. Vizsgálataikban *Hill et al. (1985)*, valamint *Guzha (2004)* nem tapasztaltak különbséget a szántásos művelésben és a direktvetésben mért hasznos vízkészletek között, *Negi et al. (1981)* szerint viszont a direktvetésben jelentősen nagyobb a hasznos vízkészlet.

Hasonló módon vitatott a művelésnek a talaj pórusméret-eloszlását és a víztartóképességét jellemző pF-görbére gyakorolt hatása. Többek szerint a művelés csak a makropórusok számát befolyásolja, így nem változtatja meg a potenciálisan felvehető vízkészlet mennyiségét, ami alapvetően a mezopórusok függvénye (*Ouwerkerk – Boone, 1970*). Azonban míg *Culley et al. (1987)* szerint a direktvetésben a művelt rétegnek megfelelő mélységben sokkal több a makropórusok száma, mint a hagyományosan művelt talajban, *Ouwerkerk – Boone (1970)* minden vizsgált mélységben a hagyományosan művelt talajban találta a legtöbb makropórust.

Domzal et al. (1987) valamint *Korsunskaya (1995)* eredményei arra engednek következtetni, hogy a művelés a mezo-pórusok tartományában is hatást fejt ki a talajra. *Korsunskaya (1995)* szerint a művelés hatása a pF-görbére a pF0–pF2,5-ös szívóerőtartományban mutatható ki. *Domzal et al.*, két különböző talajon (erdőtalajon és rendzi-

nán) vizsgálták 5 különböző művelési eljárás hatását a talaj pF-görbéjére. A pF2,5-ös szívóerő ellenében az 5 művelési eljárásból vett talajmintában visszatartott vízmennyiségek között szignifikáns különbségeket tapasztaltak a barnaföld esetében, és gyakorlatilag nem találtak eltérést a rendzinán.

A szakirodalomban fellelhető mérési eredmények alapján elmondható, hogy a művelésnek a talaj fizikai tulajdonságaira és nedvességforgalmára gyakorolt hatása egyaránt függ a helyi viszonyoktól (klíma, domborzat, talaj), illetve attól, hogy miként reagál az adott talaj egy konkrét mechanikai beavatkozásra. Ezen túlmenően fontos tényező az időbeliség, mert az ellentmondásos következtetések abból is fakadhatnak, hogy a művelés hatása az egyes talajparaméterekre az idő függvénye.

Hazánkban a fenntartható mezőgazdasági termelés egyik feltétele olyan költségtakarékos talajművelési rendszerek elterjesztése, melyek a talaj szerkezetének, fizikai állapotának megóvása (fenntartása) mellett is képesek a termesztett növényeknek megfelelő talajállapotot biztosítani. Mivel az egyes talajművelési eljárások talajnedvesség-megőrző szerepe egy adott talajra nem becsülhető előre, szabadföldi művelési tartamkísérletekben vizsgáltuk 6 eltérő művelési rendszer hatását a talaj hidrofizikai tulajdonságaira mészlepedékes csernozjom talajon.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A talajművelési tartamkísérlet ismertetése

A vizsgálatokat Hatvan körzetében, a Szent István Egyetem GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdasága területén 2002 óta folyó kísérletben végeztük. A kísérlet körülményeit befolyásolta, hogy a kiválasztott területen az előző két évben őszi búzát termesztettek és a talajhasználat módja nem felelt meg a nedvességveszteség csökkentés elvárásainak. A terület 2002–2003 években 12,48 ha, ezt követően 4,68 ha. A kísérlet négyismétléses, sávos, véletlen elrendezésű, a parcellák mérete 975 m^2. A talaj mészlepedékes csernozjom, fizikai félesége vályog, kémhatása kissé savanyú. A talaj tápanyagtartalmához mérten optimális NPK műtrágya adagot (450 kg/ha) alkalmaztunk. A vizsgált időszakban a tesztnövény kukorica volt. A kísérlet kezelései a következők voltak:

Talajművelési rendszerek:

F – Forgatásos (szántás, 26–30 cm)
GYJ – Gyökérzóna javító (középmélylazítás, 40–45 cm)
ML1 – Mulcshagyó-lazító (kultivátoros, 12–16 cm)
ML2 – Mulcshagyó-lazító (kultivátoros, 16–20 cm)
MK – Mulcshagyó-keverő (tárcsázás, 16–20 cm)
MVL – Mulcshagyó-vetősorban lazító (direktvetés).

Automata mérőrendszer kiépítése a József-majori talajművelési tartamkísérletekben

A mintaterületen automata mérőrendszert építettünk ki a talajnedvesség- és talajhőmérséklet-dinamika nyomon követése céljából. Az automata mérőrendszer 6 darab 80 cm hosszú, kapacitív elven működő, ún. 3T-System talajnedvesség- és talajhőmérséklet-szondából (*Szőllősi, 2003*) áll. Minden egyes kezelésbe 1–1 szondát telepítettünk, melyekbe 8 darab 10 cm hosszú érzékelő van beépítve. Az érzékelők kapacitív elven működnek és olyan elektromos jeleket mérnek, melyek a műszer kalibrációját követően hőmérséklet- és térfogatszázalékban kifejezett talajnedvesség-tartalom értékekké konvertálhatóak. A szondák naponta 4 időpontban végeznek méréseket, majd az eredményeket automatikusan eltárolják. A mért adatokat egy könnyen kezelhető interface segítségével lehet beolvasni a számítógépbe.

A 2003-as évben május 13-tól szeptember 11-ig végeztünk méréseket.

A talaj fizikai tulajdonságainak meghatározása

A térfogattömeg, valamint a víztartógörbe (pF-görbe) jellemző értékeinek meghatározásához 100 cm^3 térfogatú bolygatatlan mintákat gyűjtöttünk 2003-ban, a vegetációs időszak alatt három időpontban. A mintavételezés során 3 párhuzamos mintát vettünk 3 mélységben (feltalaj: 0–5 cm és 5–10 cm, tárcsatalp: 15–20 cm). A rendszeres talajminta-vételezéssel a pF-görbe és a térfogattömeg szezonális dinamikáját vizsgáljuk, mert korábbi kísérleteinkben (*Farkas et al., 1999*) kimutattuk, hogy a művelt talajokban a fenti talajfizikai jellemzők jelentősen változnak a vegetációs időszak alatt.

Két alkalommal a művelési mélység alatti rétegből (45–50 cm) is történt bolygatatlan mintavételezés. A pF-görbe jellemző értékeinek (a 0,01 m, 0,02 m, 5m, 0,1 m, 0,3 m, 1 m, 2 m, 5 m, 25 m és 150 m magas vízoszlop nyomásának megfelelő szívóerő ellenében a talajban visszatartott vízmennyiségnek) meghatározása a Várallyay-féle (*Várallyay, 1973*) módszerrel történt.

A mérési eredmények értékelése

A művelés hatásának kimutatására egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk a mért térfogattömegre, a pF-görbe egyes jellemző értékeire és a tömegszázalékos talajnedvesség-értékekre. A szignifikáns különbségek kimutatásához F-statisztikát használtunk 95%-os megbízhatósági szinten.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Térfogattömeg

A különböző talajrétegekben áprilisban, júniusban és szeptemberben mért térfogattömeg-értékeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A térfogattömeg-értékek mellett feltüntetett betűjelek a statisztikai értékelés eredményeit mutatják. Két érték között akkor van szignifikáns eltérés, ha a mellettük feltüntetett betűjelek között nincs egyforma.

Az 5–10 cm-es talajrétegben tavasszal, közvetlenül a vetést követően nem tapasztaltunk statisztikailag kimutatható különbséget az eltérő kezelésekben mért térfogattömeg-értékek között. A legnagyobb értékeket (1,33 és 1,35 g/cm^3) a mulcshagyó és lazító kezelésekben (ML1 és ML2), a legkisebbet (1,21 g/cm^3) a gyökérzóna-javító kezelésben mértünk. Június végére a legtöbb kezelésben enyhe visszatömörödés volt megfigyelhető, mely elsősorban a mulcshagyó és lazító (ML1 – 1,41 g/cm^3) és a forgatásos (F – 1,21 g/cm^3) kezelést érintette. Szeptemberre a különbségek gyakorlatilag eltűntek. A feltalaj tekintetében a térfogattömeg-értékek közötti statisztikailag kimutatható különbségek ellenére sem beszélhetünk talajtömörödésről, hiszen a mért értékek nem érték el a kritikus értéket: *Griffith et al. (1977)* kimutatták, hogy amennyiben a térfogattömeg értéke az 1,4–1,5 g/cm^3-es tartomány alatt marad, úgy a talajállapot nem akadályozza a gyökérzet fejlődését.

Koratavasszal a 15–20 cm-es rétegben az F és az ML2 kezelésekben mértük a legkisebb (1,22 és 1,23 g/cm^3) térfogattömeg-értékeket. Kedvezően laza volt a talaj állapota a mélylazítással kombinált tárcsás kezelésben (GYJ) is. A többi kezelésben (MK, ML1 és MVL) szignifikánsan nagyobb térfogattömeg-értékeket mértünk, aminek oka a direktvetésben (MVL) a kísérlet rövid előélete, a másik két kezelés estében pedig feltehetően az, hogy a talajművelés alsó határa erre a mélységtartományra esik. Szembeszökő a tárcsatalp kialakulására utaló 1,52 g/cm^3-es térfogattömeg-érték.

A 15–20 centiméteres rétegben áprilisban tapasztalt különbségek – valószínűleg a visszaülepedés következtében – júniusra kiegyenlítődtek. Korábbi vizsgálatainkban (*Farkas et al., 1999*) szeptember elején minden kezelésben kisebb térfogattömeg-értékeket mértünk, mint a nyári időszakban,

ami feltehetően a száradási-nedvesedési folyamatoknak és a biológiai aktivitás közvetett hatásának tudható be.

A művelés alatti talajrétegben (45–50 cm) nem tapasztaltunk statisztikailag kimutatható különbségeket a mért térfogattömeg-értékek között.

A víztartó-görbék jellemző értékei

Az eltérő kezelésekben mért víztartó-görbék közül a legjellemzőbbeket az 1. ábrán mutatjuk be. Áprilisban az 5–10 cm-es rétegben a forgatásos (F) és a mély lazítással kombinált (GYJ) kezelésben volt a legnagyobb, továbbá a mulcshagyó és lazító kezelésekben (ML1 és ML2) a legkisebb a telítettségi víztartalom (tehát az összes pórustérfogat). Júniusra ez a kép némileg átrendeződött, ekkor a direktvetésben volt a legkisebb a makropórusok aránya. A legnagyobb mértékű visszaülepedés a szántásos kezelésben figyelhető meg, feltételezhetően a növényi maradványok hiánya miatt (*Birkás–Gyuricza, 2004*).

Megfigyelhető, hogy a víztartó-görbe jellemző értékei közti eltérések az idő és a mélység függvényében fokozatosan csökkentek. A művelés alatti rétegben (45–50 cm) a mért értékek közti különbségek a mérési hibahatáron belül voltak. Eredményeink alapján elmondható, hogy a vegetációs időszak elején és közepén a művelési mód jelentősen befolyásolta a művelt rétegben mért pF-görbék alakját a kis szívóerőtartományban (pF < 1,5), ugyanakkor nem fejtett ki hatást a mezo- és mikropórusokra. Eszerint a vizsgált művelési eljárások az adott kísérleti talajon nem befolyásolták jelentősen a talaj potenciálisan hasznosítható vízkészletét (2. ábra). Ez egyben azt is jelenti, hogy a talajnedvesség-értékekben és terméseredményekben tapasztalt különbségek elsősorban a talajművelés közvetett hatására vezethetők vissza.

A talaj vízraktározó képességének döntő jelentősége van az agroökoszisztémák zavartalan működése, megfelelő vízellátása szempontjából, hiszen a növények (pl. az őszi kultúrák) tavaszi „vízhiányát" az őszi–téli csapadékkal feltöltött és a talajban tárolt vízkészletekből lehet csak zavartalanul kielégíteni. A 2. ábrán látható, hogy a talaj felső 20 cm-es rétegében tárolt vízmennyiség gyakorlatilag a vegetációs időszak egészében kevesebb volt a potenciálisan elraktározható mennyiségnél.

A talajnedvesség-dinamika

A vegetációs időszak alatt a talajba installált kapacitív szondák által mért talajnedvesség-értékeket a 3. ábrán mutatjuk be.

Megállapítottuk, hogy a talajnedvesség-dinamika azonos képet mutatott valamennyi kezelés esetében, ugyanakkor jelentős – maximálisan 18 v%-os – különbségeket tapasztaltunk a különböző kezelésekben mért talajnedvesség-értékek között. A feltalajban a forgatásos kezelésben (F) mértük a legkisebb talajnedvesség-értékeket. Ennek oka egyrészt a talajtakaró, nedvességmegőrző növénymaradványok hiánya, másrészt a szántott feltalajra jellemző, nagy pórustérfogattal és kis térfogattömeggel rendelkező talajréteg. Ez a réteg könnyen kiszárad, és ezáltal – mivel a száraz talaj vízvezetőképessége gyakorlatilag nulla – megakadályozza a párolgást a mélyebb talajrétegekből.

A vegetációs időszak elején a kultivátoros kezelésekben (ML1 és ML2), június közepétől pedig a középmélylazításos (GYJ) kezelésben volt a legnedvesebb a feltalaj. Mindkét kultivátoros kezelésben a többi esetnél jelentősebb ingadozások figyelhetők meg a talaj nedvességtartalmában, ami arra utal, hogy ezekben a kezelésekben a feltalaj érzékenyebben reagál az időjárási viszonyok változására.

A 20–30 centiméteres rétegben a nagyjából azonos (30–33 v%) tavaszi induló talajnedvesség-állapotokhoz képest eltérő módon száradt ki a talaj a nyári időszak folyamán.

A direktvetésben mértük a legnagyobb talajnedvesség-értékeket, melyek 27 v% és 35 v% között ingadoztak. Viszonylag magas értékeket regisztráltunk a kultivátoros kezelésekben (főleg az ML1-ben) is. A középmélylazításban (GYJ), a tárcsázásban (MK) és a szántásban (F) detektáltuk a legszárazabb talajállapotot. Ebben a talajrétegben a direktvetésben és a szántásos kezelésben volt a legstabilabb a talajnedvesség-dinamika – a talajfelszínre érkező és a talajba beszivárgó csapadék hatása alig volt érzékelhető.

A művelés alatti rétegekben egyre inkább kiegyenlítődtek a kezelések közötti különbségek. Jelentős ingadozás figyelhető meg például a 30–40 cm-es rétegben a mélylazítással kombinált tárcsás kezelésben (GYJ) mért talajnedvesség-értékekben, ami a mélylazítás hatásának tudható be. A mélylazítás a talaj felső 45 cm-es rétegét érinti. Feltételezhető, hogy a makropórusok számának emelkedésével megnőttek a telítettséghez közeli vízvezető-képesség értékek. Ennek következtében jobban átjárható lett a talaj a víz számára, a felső rétegek gyorsan levezették a csapadékvizet a mélyebb rétegek felé. A többi kezelésben a 30–40 cm-es talajréteg a művelés alsó határa alá esik, ezért megfigyelhető a kezelések közötti különbségek összemosódása és a talajnedvesség-dinamika görbéjének kisimulása.

Az 50 cm-es talajréteg alatt a talaj nedvességtartalma minden kezelésben a szabadföldi vízkapacitás értéke körül ingadozott. Ez arra utal, hogy a nedvességmegőrző talajhasználat következtében az igen száraznak mondható vegetációs időszak alatt is elegendő nedvesség állt a növények rendelkezésére.

Fontos megemlíteni, hogy a mért talajnedvesség-értékeket mindig a terméseredmények és – amennyiben lehetséges – a talajvízmérleg egyéb elemeinek ismeretében szabad csak értékelni, hiszen a talajból mind párolgás, mind növényi vízfogyasztás révén történhet vízveszteség.

A talajnedvesség-profilok

A vizsgált talajművelési rendszerekre jellemző talajnedvesség-profilok (4. ábra) alapján a szelvényre jellemző száradási-nedvesedési folyamatokra következtethetünk. A talajművelés hatása a felső 40 cm-es rétegben mutatkozik meg a legerősebben. A direktvetésben (MVL) és a sekélyebb kultivátoros kezelésben (ML1) a legnagyobb talajnedvesség-tartalom értékeket jellemzően a 15–25 cm-es rétegben mértük. *Birkás – Gyuricza (2004)* arról számolnak be, hogy a direktvetésben (és emellett a sekélyművelés kezelésekben) ebben a mélységben alakul ki a legtömörebb, a legnagyobb talajellenállás-értékekkel jellemezhető talajréteg. A talajfelszín felé haladva a mért talajnedvesség-értékek jelentősen lecsökkentek. Az említett két kezelésben a nedvességprofil alakja eltért a másik két kezelésétől, ami a párolgási viszonyok megváltozására, illetve eltérő növényi vízfogyasztásra enged következtetni.

A tárcsázott (GYJ és MK), valamint a szántott (F) kezelés nedvességprofiljain érdekes megfigyelni, hogy e három kezelésben a talaj nedvességtartalma általában egyforma volt a 15 cm-es rétegben, azonban eltérő értékeket mértünk a talajfelszín közelében. A GYJ kezelésben általában ugrásszerűen megnőtt a feltalaj nedvességtartalma, amiből a felfelé irányuló vízmozgás dominanciájára következtethetünk. Feltételezhető tehát, hogy ebben a kezelésben – a többihez képest – jelentősek voltak a párolgási veszteségek. Ezzel szemben a szántásban (F) a talajfelszín felé haladva fokozatosan csökkent a talaj nedvességtartalma. Valószínűleg a kedvezően laza talajállapot következtében kialakuló vékony, szinte légszáraz talajréteg a párolgás csökkentése révén megakadályozta a mélyebb rétegeket a kiszáradástól.

Birkás – Gyuricza (2004) arról számoltak be, hogy a forgatásos, valamint a gyökérzóna-javító kezelésben alakult ki a legkedvezőbb talajállapot a gyökérzet számára. Feltételezhetően az intenzívebb növényi vízfo-

gyasztással magyarázható az, hogy az F és GYJ kezelésekben jobban kiszáradt a talaj, mint pl. a direktvetésben.

A talajnedvesség-értékek alakulása időben és térben

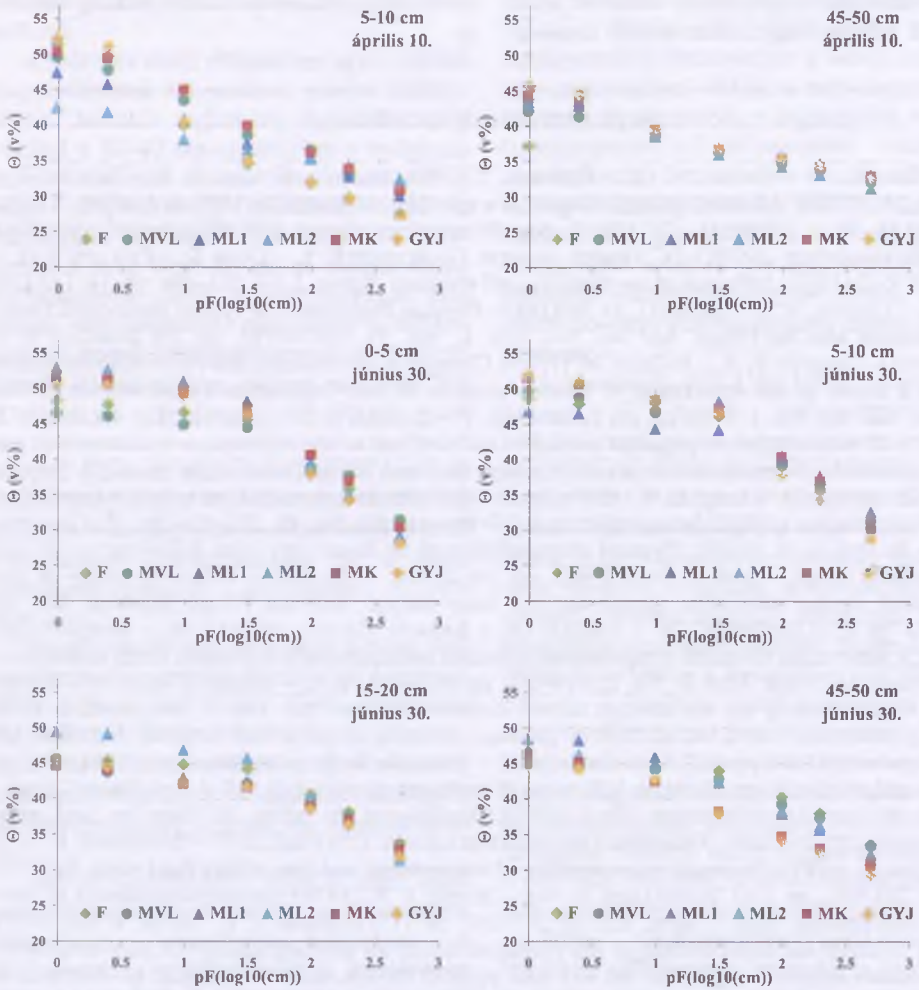
A különböző talajművelési eljárások hatását a talaj nedvességforgalmának időbeli és térbeli alakulására az 5. ábra szemlélteti. A művelés mélységét fekete vonallal jelöltük. Jól látható, hogy a közvetlenül a művelés alsó határa alatt kialakuló tömörebb talajréteg környezetében a vegetációs időszak alatt egyre jobban kiszárad a talaj. A tárcsás kezelésekben (GYJ és MK) megfigyelhető a talajban végbemenő vízáramlást jelentősen lelassító száraz rétegek kialakulása. A forgatásos kezelésre kapott kép ugyanakkor arra enged következtetni, hogy a mélyebb talajrétegekben felhalmozódott víz a vegetációs időszak alatt folyamatos utánpótlást képez a (párolgás és növényi vízfogyasztás következtében) kiszáradó feltalaj számára.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BIRKÁS, M. – GYURICZA, CS. – FENYVES, T. – PERCZE, A. – NYÁRAI, H. F. – SZALAI, T. – VINCZE, M.: (1998): A kukoricatalajok állapota és a művelési rendszerek az 1990-es években. Kézirat (2) BIRKÁS, M. – GYURICZA, Cs. (2004): Agroökoszisztéma elemek kölcsönhatásainak vizsgálata művelési kísérletben. „AGRO-21" Füzetek, in press. (3) BLEVINS R. L. – COOK D. – PHILLIPS S. H. – PHILLIPS R. E.(1971): Influence of no-tillage on soil moisture. Agron. J. 63: 593–596. pp. (4) CULLEY, J. L. B. – LARSON, W. E. – RANDALL, G. W. (1987): Physical Properties of a Typical Haplaquoll Under Conventional and No-Tillage. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 51, 1587–1592. pp. (5) DOMZAL, H. – SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A. – PALIKOT, M. (1987): Changes in the Structure and Physical Properties of Soil as a Result of the Application of Various Methods of Soil Cultivation. Polish Journal of Soil Science, Vol. XX. No. 1. 9–16. pp. (6) FABRIZZI, K. P. – GARCIA, F. O. – COSTA, J. L. – PICONE, L. I. (2004): Soil water dynamics, phyisical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. Soil and Tillage Research, in press. (7) FARKAS, Cs. – GYURICZA, Cs. – LÁSZLÓ, P. (1999): Egyes talajfizikai tulajdonságok vizsgálata talajművelési tartamkísérletekben gödöllői barna erdőtalajon. Növénytermelés, Vol. 48. 323–336. pp. (8) GANTZER, C. J. – BLAKE, G. R. (1978): Physical characteristics of Le Sueur clay loam following no-till and conventional tillage. Agron. J. 70: 853–857. pp. (9) GUZHA, A. C. (2004): Effects of tillage on soil microrelief, surface depression storage and soil water storage. Soil and Tillage Research, Vol. 76. 105–114 pp. (10) GYURICZA, Cs. – FARKAS, Cs. – BARÁTH, Cs.-NÉ – BIRKÁS, M. – MURÁNYI, A.: (1998) A penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkisérletben gödöllői barna erdőtalajon. Növénytermelés, 1988. Tom. 47. No. 2., 199–212. pp. (11) HILL, R. L. – CRUSE, R. M. (1985): Tillage effects on bulk density and soil strength on two Mollisols. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 49. 1270–1273. pp. (12) KORSUNSKAYA, L. et al. (1995): Seasonal variation of some soil structure indicator. Int. Agrophysics 9: 37–40. pp. (13) LINDSTROM, M. J. – VORHEES, W. B. – ONSTOD, C. A. (1984): Tillage system and residue cover effects on infiltration in northwestern corn belt soil. J. Soil Water Conserv. 39: 64–68. pp. (14) MWENDERA, E. J. (1992): Analysis of the effect of tillage on soil water conservation. Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit te Leuven. (15) NEGI, S. C. – RAGHAVAN, G. S. V. – TAYLOR, F. (1981): Hydraulic characteristics of conventional and zero-tillage field plots. Soil Till. Res. 2: 281–292. pp. (16) OUWERKERK, C. VAN – BOONE, F. R. (1970): Soil-physical aspects of zero-tillage experiments. Neth. J. agric. Sci. 18: 247–261. pp. (17) PIDGEON, J. D. –SOAN, B. D. (1977): Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. J. Agric. Sci. 88: 431–442. pp. (18) POTTER, K. N. – CRUSE, R. M.–HORTON, R. (1985): Tillage effects on soil thermal properties. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 49. 968–973. pp. (19) SIPOS, S. (1973): A talajművelési és talajjavítási kutatások összefoglaló ismertetése. Jubileumi Tud. Ülésszak, Karcag, 1947–1972. 27–37. pp. (20) SZŐLLŐSI, I. (2003): Relationship between the soil

penetration resistance and soil water content, measured on a loamy soil using 3T SYSTEM equipment. Agrokémia és Talajtan, Vol. 52, Nos. 3–4. 263–274. pp. (21) TOLLNER, E. W. – HARGROVE, W. L. – LANGDALE, G. W. (1984): Influence on conventional and no-tillage practices on soil physical properties in the southern Piedmont. J. Soil Water Conserv. 38: 73–76. pp. (22) VÁRALLYAY, GY. (1973): A new apparatus for the determination of soil moisture potential in the low suction range. Agrokémia és Talajtan, 22: 1–22. pp. (23) VÁRALLYAY, GY. (1997): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Tiszántúli Mezőgazdasági Napok: „A Debreceni Agrártudományi Egyetem a Tiszántúl mezőgazdaságáért", Karcag, 1997. jún. 12. (24) ZHAI, R. – KACHANOSKI, R. G. – VORONEY, R. P. (1990): Tillage effects on the Spatial and Temporal Variations of Soil Water. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 54. 186–192. pp.

1. ábra



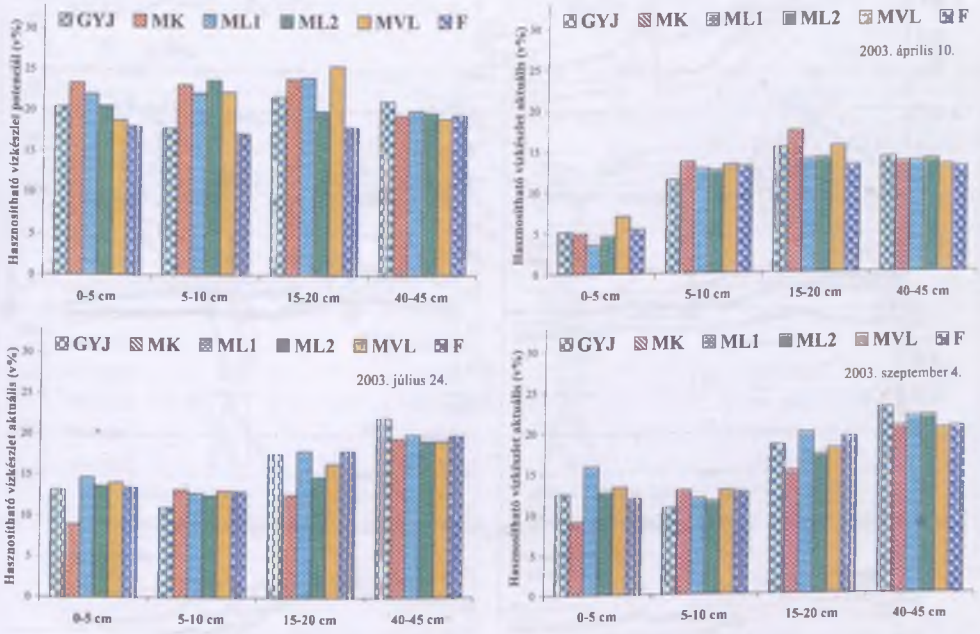
A talaj víztartó-görbéje a különböző kezelésekben (József-major, 2003)
Művelési kezelések: F: forgatásos; GYJ: gyökérzóna javító; ML1, 2: mulcshagyó-lazító; MK: mulcshagyó-keverő; MVL: mulcshagyó-vetősorban lazító

1. táblázat

A térfogattömeg-értékek alakulása különböző bolygatás esetén (József-major, 2003)

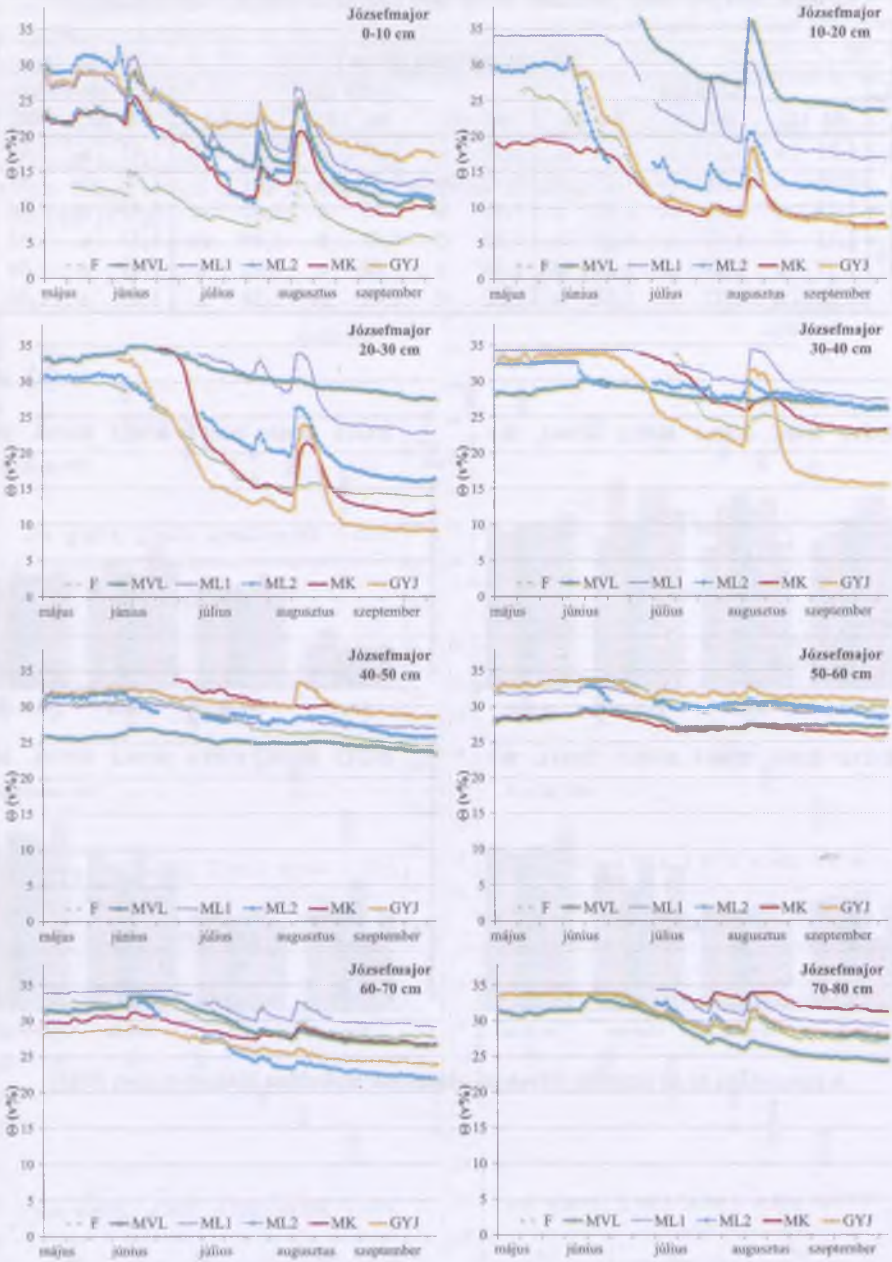
	Térfogattömeg (g/cm³)															
2003	5–10 cm						15–20 cm						45–50 cm			
	04. 10.		06. 30.		09. 04.		04. 10.		06. 30.		09. 04.		04. 10.		06. 30.	
GYJ	1,21	a	1,23	a	1,16	a	1,32	a	1,47	a	1,33	ac	1,45	a	1,41	a
MK	1,26	a	1,27	ac	1,20	ab	1,52	bc	1,49	a	1,24	b	1,44	a	1,41	a
ML1	1,33	a	1,41	bc	1,22	b	1,45	b	1,45	a	1,32	ac	1,45	a	1,36	a
ML2	1,35	a	1,19	a	1,22	b	1,23	d	1,32	b	1,30	ab	1,37	a	1,43	a
MVL	1,27	a	1,28	ac	1,21	ab	1,54	c	1,48	a	1,25	b	1,42	a	1,46	a
F	1,26	a	1,32	c	1,24	b	1,22	d	1,41	ab	1,38	c	1,45	a	1,46	a

2. ábra



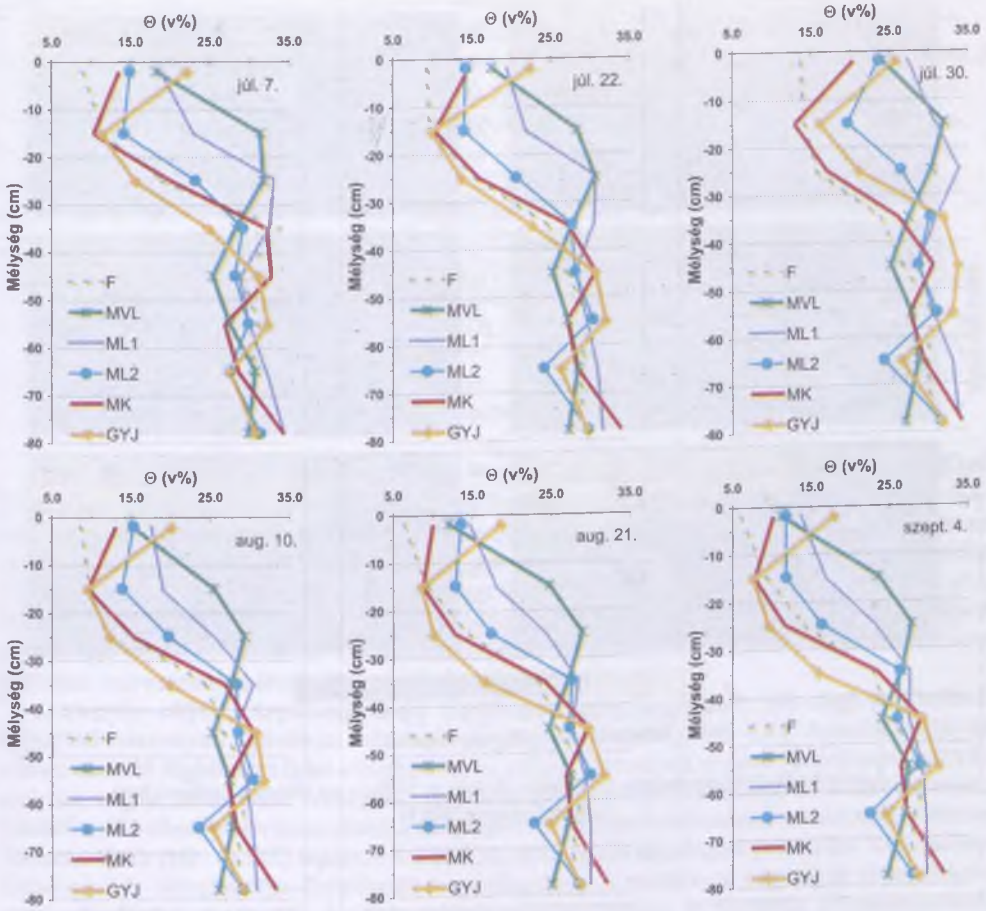
A potenciális és az aktuális felvehető vízkészlet alakulása (József-major, 2003)

3. ábra



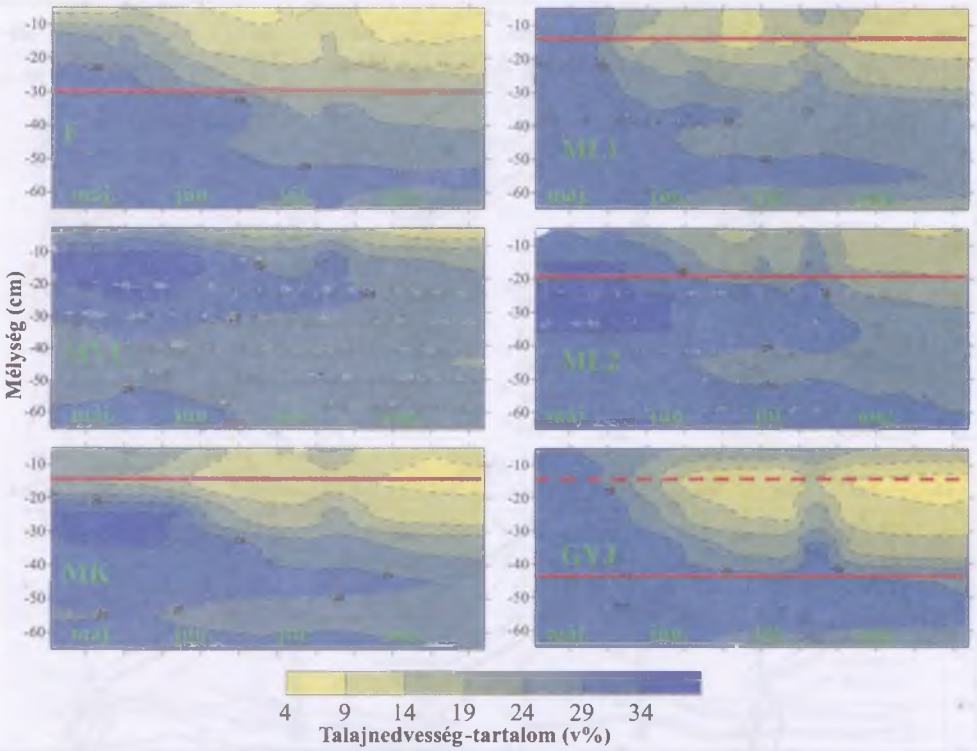
Az eltérő kezelésekben mért talajnedvesség-dinamika (József-major, 2003)

4. ábra



Talajnedvesség-profilok az eltérő bolygatású talajokban (József-major, 2003)

5. ábra



A talajnedvesség-tartalom alakulása térben és időben az eltérő kezelésekben (József-major, 2003)

HAZAI GYEPTÁRSULÁSOK FUNKCIONÁLIS ÖKOLÓGIAI VÁLASZAI, C-KÖRFORGALMA ÉS ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZAINAK MÉRLEGE JELENLEGI ÉS JÖVŐBEN VÁRHATÓ ÉGHAJLATI VISZONYOK, ILLETVE ELTÉRŐ HASZNÁLATI MÓDOK MELLETT

TUBA ZOLTÁN – NAGY ZOLTÁN – CZÓBEL SZILÁRD – BALOGH JÁNOS – CSINTALAN ZSOLT – FÓTI SZILVIA – JUHÁSZ ANITA – PÉLI EVELIN – SZENTE KÁLMÁN – PALICZ GERGELY – HORVÁTH LÁSZLÓ – WEIDINGER TAMÁS – PINTÉR KRISZTINA – VIRÁGH KLÁRA – NAGY JÁNOS – SZERDAHELYI TIBOR – ENGLONER ATTILA – SZIRMAI ORSOLYA – BARTHA SÁNDOR

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen dolgozat a gödöllői SzIE (volt GATE) MKK Növénytani és Növényélettani Tanszéke és annak MTA Növényökológiai Tanszéki Kutatócsoportja, valamint „Globális Klímaváltozás-Növényzet" Kísérletes Növényökológiai Kutatóállomása által az AGROÖKOLÓGIA NKFP kutatási program keretében és ahhoz kapcsolódóan eddig végzett gyepökológiai kutatások szemleszerű áttekintését adja. Az AGROÖKOLÓGIA NKFP projekt keretében végzett gyepökológiai munka döntően a tanszék EU kutatási projektjei (GREENGRASS, CARBOMONT és CARBOEUROPE-IP) által kialakított kutatási infrastruktúrára épül.

A kutatás célja: Kárpát-medencei természetes gyepvegetációk jelenlegi és jövőbeli éghajlati viszonyok (jövőben várható megduplázódott légköri CO_2 koncentráció és ehhez társuló léghőmérséklet-emelkedés) és eltérő használati módok (legeltetés, műtrágyázás, vágás, felülvetés, felhagyás, öntözés) melletti szerkezetének és működésének, funkcionális ökológiai válaszainak a megismerése, különös tekintettel a társulás-, illetve ökoszisztéma (tér- és idő) léptékű működési, ezen belül fiziológiai (társulás- vagy szünfiziológiai és ökoszisztém-fiziológiai) folyamatokra. A kutatás a vegetáció diverzitásának, cönológiai, texturális és fiziognómia szerkezetének, a társulás állományszintű működésének, beleértve ökofiziológiájának, produkciójának (mennyiségi, minőségi) a vizsgálatát foglalja magában. Az ökofiziológiai vizsgálatok főként az ún. „eddy-kovariancia"-ával és az ún. „kamrás" technikával mért ökoszisztéma CO_2 fluxusra és C-mérlegre terjednek ki. Fontos részét képezi a projektnek a légtér–növényzet–talaj közötti szénkörforgalom és az üvegházhatású gázok mérlegeinek vizsgálata. Az eredmények a jelenlegi és a jövőbeli légköri összetétel és klimatikus viszonyok közötti gyephasznosítási és gyepgazdálkodási, továbbá a természet- és környezetvédelmi gyakorlat számára is egyaránt nehezen nélkülözhetők.

Néhány eredmény: A Potentillo-Festucetum pseudovinae bugaci homokpusztagyep C-mérlege az eddy-kovariancia mérések alapján a nyári erősen szárazságstresszelt időszakokban negatív volt, a teljes mérési évben azonban gyenge szénelnyelőként viselkedett, az éves szénfelvétel 120 g CO_2 m^{-2} $év^{-1}$ körül volt. A mátrai hegyvidéki Festuca rupicola dominálta eredeti gyepökoszisztéma viszont az eddy-kovariancia mérések szerint gyenge CO_2-forrásnak tekinthető. A Salvio-Festucetum rupicolae löszgyep az év nagy részében pedig jelentős szénelnyelőként működött, különösen a tavasz második

felétől. A Festucetum vaginate danubiale homokpusztagyep nettó CO_2-gázcseréje igen nagy variabilitást mutatott nemcsak az évszakok között, de az egyes évszakokon belül is, összességében pedig szénelnyelőnek tekinthető. Ugyanakkor a napi szénmérlegek tanúsága szerint a hosszabb száraz periódus CO_2 elnyelőből könnyen kibocsátóvá teheti a gyepet, ez különösen fontos a klímaváltozás várható hazai hatásainak ismeretében. A bugaci homokpusztagyepben a vegetációs periódusbeli havonkénti nettó ökoszisztéma CO_2 fluxus értékeink azt mutatják, hogy egyes időszakokban a legelt részen nagyobb volt a CO_2 elnyelés, mint a nem legelten. A legeltetésnek nem volt szignifikáns hatása a talaj N_2O kibocsátására. A löszpusztagyep a műtrágyázást követő második évben már CO_2 kibocsátóból gyenge szénelnyelővé vált, az öntözés pedig a gyep szénmérlegét a vegetációs időszak végére háromszorosára növelte. A N_2O kibocsátás a műtrágyázott löszgyepben 24%-kal nőtt, míg öntözés hatására 63%-kal emelkedett. A mátrai hegyvidéki területen a nettó ökoszisztéma CO_2 fluxus értékek szerint a sötétlégzés és a CO_2 elnyelés egyaránt nagyobb volt a vetett gyepállomány esetében, mint az ún. ősgyepben. Lösz- és homokpusztagyepben már néhány év emelt CO_2 szint melletti növekedés alatt átrendeződés következik be a fajok egymáshoz viszonyított arányában. Ennek hátterében a fajok eltérő fiziológiai akklimatizációs folyamatai állnak. Mindez pedig végső soron a gyep fajszerkezetének, a faj/egyed diverzitás változásához vezet. Ezen túlmenően megváltozik az állományok architektúrája, fiziognómiai szerkezete is. A homokpusztagyepben az emelt légköri CO_2 koncentráció hatása a löszgyepekéhez hasonló jellegű volt, azonban itt a változás mértéke a löszgyepénél kisebb volt. A hosszú időtartamú szárazságstressz utáni helyreállás sokkal gyorsabb és hatékonyabb az emelt CO_2-szinten nőtt gyepek növényeiben, mint jelenlegi CO_2 koncentráció mellett. A gyep éves földfeletti produkcióhozama emelt CO_2 koncentráció mellett kisebb volt, mint jelenlegi CO_2 koncentráción. Emelt légköri CO_2 koncentráción a földfeletti produkció csak plusz nitrogén ellátottság mellett emelkedett. Az emelt légköri és jelenlegi CO_2 koncentrációjú gyepek talajainak N_2O emissziói között nincs szignifikáns különbség. Szemléletében és módszertanában is új, saját fejlesztésű logaritmikus skálát követő, 7,5 cm-től 480 cm-es átmérőjű kamrasorozattal történt térlépték-függő méréseink szerint a CO_2-gázcsere variabilitásának minimumával jellemezhető térbeli léptéktartomány valószínűleg a fátlan társulások legkisebb heterogenitású és a legerősebben lerögzített/szabályozott szünfiziológiai egysége (minimálareája), mely társulásonként, azok szervezettségétől függően változik.

BEVEZETÉS

A globális klímaváltozás fő kiváltójának, a légköri CO_2 koncentrációnak a növekedése az élet alapját képező növényi élet megváltoztatásán keresztül befolyásolja és átalakítja az egész földi életet, a hatás azonban földrajzi régiónként más és más. Ezen folyamat (növény)ökológiai hatásait ezért minden klimatikus régióban, így a Kárpát-medencében is meg kell ismerni, a várható gyakorlati hatásokra való felkészülés érdekében is. Hazánkban a légköri CO_2 koncentráció növekedésének trendje és mértéke hasonló a Föld más részein mértekkel (*Haszpra, 1995*). A légköri CO_2 koncentráció emelkedése a fotoszintézis működésének a megváltozásán keresztül befolyásolja és változtatja meg a növények életfolyamatait *(Long, 1991; Ceulemans – Mousseau, 1994; Tuba et al., 2004)*. A növények megváltozott, például duplára nőtt CO_2 koncentráció melletti viselkedése az új CO_2 koncentrációhoz való akklimatizációjuk függvénye. Az akklimatizációban kitüntetett szerepe van a fotoszintézis emelt CO_2 szinthez való akkli-

matizációjának, mely lehet stimuláló (ún. 'upward') vagy visszafogó (ún. 'downward') jellegű *(Jarvis, 1993)*.

A Föld természetes növényzetében a biomassza, a szénmennyiség és terület alapján egyaránt a gyep közvetlenül az erdőket követi (*Coupland, 1992*). Jelentőségét külön növeli, hogy mennyisége a fás vegetációval borított területek jelenleg is fokozódó zsugorodásával egyre emelkedik. Ennek ellenére, amíg az erdei ökoszisztémák C-tároló szerepéről és kapacitásáról tekintélyes mennyiségű infromáció áll rendelkezésre, a nem erdei ökoszisztémák, így a gyepek vonatkozásában ez nem mondható el. Egyáltalán nagyon kevés ismeretünk van a gyepek működéséről, globális C-körforgalomban betöltött szerepéről, azok hosszú időtartamú emelt CO_2 koncentrációra adott válaszairól és üvegházhatású gázaik egyenlegéről. Ismereteink a mérsékeltövi kontinentális természetes gyepekről különösen hiányosak, a rájuk vonatkozó néhány munka az észak-amerikai kontinensről származik (pl. *Hamm – Knapp, 1998; Frank, 2002*), Európából most látnak napvilágot az első munkák (*Szerdahelyi et al., 2004a és b; Balogh et al., 2004; Czóbel et al., 2004*). Fenti ismeretekre pedig a gyepek mezőgazdasági hasznosítása miatt gyakorlati szempontból is igen nagy szükség van.

Európa területének kb. 20%-át borítja mérsékeltövi füves vegetáció. A gyepökoszisztémákra általában jellemző, hogy a szén felhalmozódása főképp föld alatti biomassza formájában történik. A gyepek részt vesznek a bioszféra-atmoszféra között zajló, üvegházhatású nyomgázok cseréjében, melyek fluxusai szorosan összefüggnek a terület mezőgazdasági kezelési és használati gyakorlatával. A füves területek gázcseréjében szerepet játszó három üvegházhatású gáz közül, a CO_2-nál a talaj és a vegetáció szerepe döntő, a N_2O-ot a talajok, míg a CH_4-t a legelő állatok bocsátják ki és utóbbi a talajjal is cserélődhet. Ezen üvegházhatású gázok cseréje – annak mennyisége és a CO_2 esetében iránya – a légkörrel eltérő lehet, mivel számos tényező hatásától függ, pl. éghajlat, talaj, növényzet és használati mód/kezelés. Ezen felül a füves állományokról származó, illetve oda irányuló szerves szén horizontális áramlásait egyrészt a szilázsnak, vagy szénának lekaszált fű, másrészt a gazdaságok által felhasznált trágya mennyisége határozhatja meg. E témakörben megjelenés alatt áll az európai füves területek üvegházhatású gázainak nettó mérlegéről (CO_2 ekvivalens formájában) készült első szintézis (*Soussana et al., 2004*).

Azt már ismerjük, hogy a gyepek nettó ökoszisztéma kicserélődési (NEE) értékei az európai erdőterületek NEE értékeihez közeli tartományban találhatók (*Valentini et al., 2000*), sőt a legmagasabb aktivitású gyepek közel azonos értékűek az örökzöld erdőkkel. Modellezés alapján *Janssens et al. (2003)* úgy találták, hogy az európai gyepek nettó szénelnyelők (0,06 ± 0,08 kgCm^{-2}év^{-1}), bár a becslés bizonytalansága nagyobb, mint a becsült nyelő aktivitás nagysága. Mindez egyértelművé teszi az egyes gyepökoszisztéma típusok konkrét méréseinek a szükségességét.

A Kiotói Jegyzőkönyv alapdokumentuma célul tűzte ki, hogy csökkentse az üvegházhatású gázok kibocsátását és maximalizálja a szárazföldi bioszféra általi felvételüket. Az Európai Unió pedig 2008–2012 határidővel a Kiotói Jegyzőkönyvvel összhangban az üvegház-hatású gázok emisszió jának az 1990-es szinthez képest 8%-os csökkentését vállalta. A füves-gyepes élőhelyek e téren is kulcsfontosságúak, mivel mind a CO_2, N_2O és CH_4 kibocsátásuk jelentős. Olyan gyephasználati/kezelési stratégiákat szükséges kifejleszteni, amelyek minimalizálják a globális felmelegedésért felelős gázok nettó emisszióját ezen ökoszisztémákból. Ez pedig igen bonyolult tudományos kérdéskör, hiszen ami érdemben csökkenti az egyik gáz (pl. CO_2) megkötését, az lehet, hogy ellentétes hatású egy másikra (pl. növeli az N_2O kibocsátást). Ezért a kibocsátás-csökkentési stratégiák eltérőek a CO_2, N_2O és CH_4 esetében. Ráadásul kitüntetett mértékben befolyá-

solhatja fenti folyamatokat a használati mód jellege, illetve annak megváltozása.

A gyepökoszisztémák a folyamatban lévő társadalmi-gazdasági változásokkal együttjáró földhasználati változások révén különösen érintettek. A várható átalakulás lényeges változást hoz a földhasználat és ezen keresztül a táj mintázatában, így az ökoszisztémák szerkezetében és működésében is, ami a bioszféra és atmoszféra közötti C-mérlegre, így a légköri CO_2 koncentrációra is szignifikáns hatással bír majd.

Jelen dolgozat a gödöllői SzIE (volt GATE) Mezőgazdasági KK Növénytani és Növényélettani Tanszéke és annak MTA Növényökológiai Tanszéki Kutatócsoportja, valamint „Globális Klímaváltozás-Növényzet" Kisérletes Növényökológiai Kutatóállomása által az AGROÖKOLÓGIA NKFP keretében és ahhoz kapcsolódóan eddig végzett gyepökológiai kutatások szemleszerű áttekintését adja. Az AGROÖKOLÓGIA NKFP keretében végzett gyepökológiai munka döntően a tanszék EU kutatási projektjei (GREENGRASS, CARBOMONT és CARBOEUROPE-IP) által kialakított kutatási infrastruktúrára épül.

A kutatás célja: Kárpát-medencei természetes gyepvegetációk jelenlegi és jövőbeli éghajlati viszonyok (jövőben várható megduplázódott légköri CO_2 koncentráció és ehhez társuló léghőmérséklet-emelkedés) és eltérő használati módok (legeltetés, műtrágyázás, vágás, felülvetés, felhagyás, öntözés) melletti szerkezetének és működésének, funkcionális ökológiai válaszainak a megismerése, különös tekintettel a társulás-, illetve ökoszisztéma (tér- és idő) léptékű működési, ezen belül fiziológiai (társulás- vagy szünfiziológiai és ökoszisztém-fiziológiai) folyamatokra. A kutatás a vegetáció diverzitásának, cönológiai, texturális és fiziognómia szerkezetének, a társulás állományszintű működésének, beleértve ökofiziológiájának, produkciójának (mennyiségi, minőségi) a vizsgálatát foglalja magában. Az ökofiziológiai vizsgálatok főként az ún. „eddy-kovariancia"-ával és az ún. „kamrás" technikával mért ökoszisztéma CO_2 fluxusra és C-mérlegre terjednek ki. Fontos részét képezi a projektnek a légtér – növényzet – talaj közötti szénkörforgalom és az üvegházhatású gázok mérlegeinek a vizsgálata. A kutatásnak ugyancsak része az extrém száraz, illetve mérsékeltövi félsivatagi gyeptársulásainkban domináns poikilohidrikus, kiszáradástűrő komponensek (zuzmó- és mohaszőnyegek) tanulmányozása is. Az eredmények nemcsak hazánkra, hanem a környező földrajzi régió egészére nézve is extrapolálhatók. Az eredmények a jelenlegi és a jövőbeli légköri összetétel és klimatikus viszonyok közötti gyephasznosítási és gyepgazdálkodási, továbbá a természet- és környezetvédelmi gyakorlat számára is egyaránt nehezen nélkülözhetők.

GYEPTÁRSULÁSOK FUNKCIONÁLIS ÖKOLÓGIAI VÁLASZAI JELENLEGI ÉS JÖVŐBEN VÁRHATÓ LÉGKÖRI CO_2 KONCENTRÁCIÓ ÉS ELTÉRŐ HASZNÁLATI MÓDOK MELLETT

Itt bemutatandó, döntően még nem publikált eredményeink részben megerősítik a témában már korábban publikáltakat (néhány közülük: *Tuba et al., 1994; 1997; 1998a; 1998b; Nagy et al., 1997a, 1997b; Szerdahelyi et al., 2004a, 2004b*), másrészt azokhoz képest is számos új eredményt tartalmaznak.

A vizsgált gyeptársulások: 1. *Salvio Festucetum rupicolae* löszpusztagyep eredetihez közeli és degradált állománya, és fontosabb fajai: *Festuca rupicola, Dactylis glomerata, Filipendula vulgaris, Salvia nemorosa.* Fajokban gazdag, vertikálisan jól strukturált, erősen zárt, mezőgazdaságilag az egyik legértékesebb pannon gyeptársulás. 2. *Festucetum vaginatae danubiale* homokpusztagyep állomány és fontosabb fajai: *Festuca vaginata, Silene otites, Koleria glauca, Thymus marschallianus*, valamint zuzmó (*Cladonia convoluta, C. furcata*) és moha *(Tortula ruralis)* szinuziumai. Tápanyagszegény talajú, fajokban szegény, vertikálisan alig struktúrált, nyílt, gyenge produkciójú mérsékeltövi félsivatagi tulajdonságú gyeptársulás.

A CO_2 expozíciós rendszerek: Ún. felül nyitott kamra (Open Top Chamber = OTC) és ún. miniFACE (Free Air CO_2 Enrichment) rendszer. Az emelt CO_2-kezelés esetében a

CO_2-koncentrációt 700 µmol mol^{-1} értéken tartjuk, a kontroll esetében ez az érték 350 µmol mol^{-1}.

A kísérletek és vizsgálatok a kamrákba telepített intakt gyepmonolitokból kialakított állományfoltokon folynak. *Kezelések:* emelt CO_2 koncentráció kezelés 700 µmol mol^{-1}, kontroll kb. 350 µmol mol^{-1}; CO_2-szint × N-ellátottság és a CO_2 szint × vízhiány interakciója.

A botanikai összetétel változása: A löszgyep monolitokkal eredetileg betelepített valamennyi faj megtalálható volt az expozíció után is. Az eredeti löszgyep állomány összborítás értéke mintegy 30%-kal emelkedett az emelt CO_2 melletti sok éves növekedés során. A degradált löszgyep állomány összborítás értéke nem változott. Az eredeti és a degradált löszgyep állományokról egyaránt elmondható, hogy azokban az egyszikűek borítása csökkent. Ugyanakkor a degradált állományban a kétszikűek összborítás értéke tulajdonképpen változatlan. Szembetűnő a pillangós növénycsoport borítási értékének jelentős emelkedése. A degradált állománybeli foltokban a pillangósok borításértékének növekedése szintén figyelemre méltó. Fentiek azt jelzik, hogy már néhány év emelt CO_2 szint melletti növekedés alatt átrendeződés következik be a fajok egymáshoz viszonyított arányában. Az előretörés, illetve visszavonulás hátterében azok a fiziológiai akklimatizációs folyamatok állnak, amelyeket a későbbiekben mutatunk be. Az ismertetett cönológiai borításérték változások végső soron a gyep fajszerkezetének megváltozásához, a faj/egyed diverzitás változásához vezetnek. Ezen túlmenően megváltozik az állományok architektúrája, fiziognómiai szerkezete is. A homokpusztagyepben az emelt légköri CO_2 koncentráció hatása a löszgyepekéhez hasonló jellegű volt, azonban itt a változás mértéke a löszgyepénél kisebb volt. Az életformákra és stratégiai típusokra is kiterjedő részletes elemzést *Szerdahelyi et al.* (*2004a, 2004b*) dolgozatai tartalmazzák.

Földfelszín feletti szárazanyag-produkció: Hosszú időtartamú expozíció után az emelt légköri CO_2 koncentráció alatt növekedő fajgazdag, tápanyagban dús eredetihez közel álló löszpusztagyepben nagyobb produkciót mértünk, mint a kontroll kamrákban növőnél. A tápanyagban elszegényedett, degradálódott löszgyepben és az eredetileg is tápanyagszegény homokpusztagyep esetében nem volt a produkcióban statisztikailag szignifikáns különbség. Fentiek arra utalnak, hogy az emelt légköri CO_2 koncentrációnak csak a megfelelő N-ellátottsággal interakcióban lehet a hozamra kifejtett szignifikáns hatása. Ez jól támasztja alá azt a hipotézist, hogy tartósan hosszú távon emelt CO_2 szinten csak a megfelelő nitrogénellátottságon növő állományok produkciója fokozódik. Az a tény, hogy a löszgyep állományok közül csak az eredeti, bő N-ellátottságú állományokban nőtt a földfeletti szárazanyag produkció, ami fontos jel, hiszen a természetes vegetáció élőhelyei egyre jobban degradálódnak, ezáltal N-ben elszegényedhetnek vagy éppen nem kívánatos helyeken fel is dúsulhatnak. A szárazanyag-hozamban tapasztalt hatást legvalószínűbben a fotoszintetikus akklimatizáció fajspecifikussága, illetve ezen keresztül az egyes fajok borítása által létrehozott változás okozza.

Levélfelület-index (LAI): A LAI nagyobb volt az emelt légköri CO_2 koncentráció alatt növekedő löszpusztagyepben, mint a kontroll kamrában növekvő állományokban, ez a különbség azonban szintén nem szignifikáns. A homokpusztagyep esetében a különbség még kisebb. Az eredmények az emelt légköri CO_2 koncentráció hatásaként általánosan tapasztalt SLA csökkenéssel összhangban vannak, és megkérdőjelezik e tényező – monokultúrákban tapsztalt – LAI-t növelő hatását.

A fajok ökofiziológiai akklimatizációja és válaszai: A gyep vizsgált fajai eltérő fotoszintetikus akklimatizációt mutatnak: stimuláló vagy upward, és visszafogott vagy downward jellegű akklimatizáció, ill. ezek átmenetei egyaránt előfordulnak. Vagyis a gyep faj/egyed összetételbeli fenti változása

mögött az egyes fajok eltérő akklimatizációja áll. Ez az egyik legelső bizonyíték arra, hogy egyazon növénytársulásban a fajok eltérő akklimatizációval alkalmazkodnak a tartósan emelt CO_2 koncentrációhoz. Az egyes fajok fotoszintetikus akklimatizációjának kezdeti jellege később is megmaradt, viszont mértéke csökkent.

A fotoszintézis akklimatizációja a *F. rupicola*-nál részben, a *D. glomerata*-nál teljes egészében „downward", a *S. nemorosa*-nál és *F. vulgaris*-nál pedig „upward" jellegű volt. A *F. rupicola* és a *D. glomerata* nettó CO_2 asszimiláció (A) intercelluláris CO_2 koncentrációtól (C_i) függése (A/C_i görbéje) kezdeti meredekségének csökkenése a Rubisco kapacitás csökkenésére utal. Ugyanakkor az emelt CO_2 melletti *S. nemorosa* és *F. vulgaris* A/C_i görbéje kezdeti meredekségének változatlansága (*F. vulgaris*), illetve emelkedése (*S. nemorosa*) Rubisco kapacitásuk változatlanságát, illetve növekedését jelezte. Megállapítottuk továbbá, hogy növények fiziológiai akklimatizációjában kitüntetett szerepet játszó sztómaműködés akklimatizációja követi a fotoszintetikus akklimatizáció jellegét.

A homokpusztagyep esetében is a kétszikű fajok mutattak „upward", míg az egyszikűek „downward" típusú akklimatizációt. Mindez több éves expozíciós idő után is fenti trendek szerint alakult.

Az akklimatizáció jellegének következménye, hogy emelt CO_2 koncentráción az egyszikű fajok relatív növekedési rátái (RGR) a kontroll növényekéhez képest lecsökkentek, a kétszikűek átlagos RGR-értékei pedig ugyanakkor a legtöbb esetben emelkedtek.

A nettó CO_2 felvétel vízhasznosítási efficienciájának (WUE) alakulása: Mindkét gyeptípus minden vizsgált faja esetében a vízhasznosítási efficiencia jelentős (többszörös) növekedését tapasztaltuk. A vízgazdálkodásra gyakorolt hatás jelentősége túlmutat a levélszintű válaszokon, nagyobb léptékben várhatóan a vegetáció energiamérlegében fog megnyilvánulni. Az emelt légköri CO_2 koncentráció 1,5–2 °C-kal statisztikailag szignifikánsan növelte a lombfelszíni hőmérsékletet. Mindennek – a párologtatás, illetve a látens hőmennyiség csökkenése révén – messzemenő következményei lehetnek a növényállományok jövőbeli légkörösszetétel melletti energiamérleg-összetevőire, várhatóan jelentős kihatással a klímára is.

A beltartalmi értékekkel is bíró C/N arányok, a nem strukturális szénhidrát- és a fotoszintetikus pigment-, illetve a nyersrosttartalom alakulása: A C/N arány szignifikáns növekedését tapasztaltuk az „upward" választ mutató löszpusztagyep fajok emelt légköri CO_2 koncentráción nőtt leveleiben, ugyanakkor a homokpusztagyep fajok az emelt légköri CO_2 koncentrációra e tekintetben is kisebb mértékű választ adtak.

A szénhidráttartalmak összhangban voltak a fotoszintetikus akklimatizáció során leírtakkal, nevezetesen az „upward" választ mutató fajok leveleiben a hajnali szénhidráttartalom (oldható cukor és keményítő) kisebb volt, mint a kontroll levelekben, míg a „downward" típusú fajok ezzel ellentétes trendet adtak. Mindezek a szabályozás felhasználás (sink) oldaláról fellépő dominanciájára utalnak.

A klorofillok mennyisége az emelt légköri CO_2 koncentráción nőtt levelekben általában kisebb volt, ami szintén kapcsolatba hozható a fotoszintetikus akklimatizáció jellegével. Az A-vitamin prekurzor karotinoidok mennyisége többnyire csökkent, ugyanakkor a nyersrosttartalom viszont fokozódott. Mindez pedig a vegetációbeli és növényokológia folyamatokon túl közvetlenül befolyásolhatja a növény-állat interakciót, az állatok táplálkozását, anyagcseréjét, viselkedését és természetesen az emberi táplálkozást is.

Avarlebomlás és talajbei C-tárolás emelt légköri CO_2 koncentráció és eltérő N-ellátottság mellett: Az avarlebomlási ráták nem különböztek szignifikánsan az emelt és a jelenlegi légköri CO_2 koncentrációnak kitett gyepmonolitok között. Az avarlebom-

lási ráták kezelésekre adott nem szignifikáns válaszai ellenére megállapítható, hogy az átlagos lebomlási ráták hasonlóak vagy nagyobbak voltak emelt légköri CO_2 koncentráció mellett. Ezért a mérsékeltövi természetes gyepek C-raktározó kapacitásának várt növekedése is kérdéses, legalábbis a vizsgált gyepekben.

A homokpusztagyep kiszáradástűrő talajlakó zuzmó-moha szinuziumainak válaszai emelt CO_2 szintre: Cladonia convoluta és *Tortula ruralis* CO_2 asszimilációs rátája fotoszintézis szempontjából optimális szöveti víztartalom mellett emelt CO_2-on 25–35%-kal volt magasabb, mint jelenlegi CO_2 mellett. Eredményeink szerint a kiszáradástoleráns növényekben az emelt CO_2 szint C-beépí-tésre kifejtett hatása a kiszáradásintole-ránsokénál sokkal nagyobb.

Az emelt légköri CO_2 koncentráció és a vízellátottság interakciójának hatása löszpusztagyep fajainak ökofiziológiai viselkedésére hosszan tartó vízhiánystressz és annak megszűnése során: Jó vízellátottság mellett az emelt légköri CO_2 koncentrációra adott növényi vízviszony válasz általános vonása az elaszticitás csökkenése volt. Továbbá a relatív víztartalom (RWC) és a hajtásvízpotenciál (ψ_l) értékek nagyobb mértékű ozmotikum-felhalmozódásra és/vagy rigidebb szöveti struktúrára utalnak emelt CO_2 melletti növényeknél.

37 napos természetes úton bekövetkező szárazságstressz alatt a talaj és a hajtás/levél víztartalmak megasabbak voltak az emelt CO_2 koncentrációjú kamrákban és a bennük nevelt növényekben. Az emelt CO_2 szinten nevelt növényekben a relatív víztartalom magasabb maradt. A nettó fotoszintézis minden fajban erősen lecsökkent, még az emelt CO_2 szinten nevelt növényekben is. Öntözést követő helyreállás során jelentős különbségek mutatkoztak a fajok között. Így például a *F. vulgaris* és a *T. minus* leveleiben a CO_2 asszimilációjának helyreállása sikeresebb volt, mint az egyszikű *D. glomerata* leveleiben. A sztómakonduktancia és transzspiráció válaszok: a csökkenő (downward) típusú akklimatizációval rendelkező egyszikű csökkentette a sztómakonduktanciáját és transzspirációjának mértékét, míg a két fokozódó (upward) típusú akklimatizációval rendelkező kétszikű fajok változatlan vagy éppen csökkentett sztómakonduktanciával és transzspirációval válaszoltak. Az emelt CO_2 szint mellett a növények sötétlégzésének mértéke csökkent. Az emelt CO_2 szinten nevelt fajok helyreállítási folyamata (a hajtások délben bekövetkező relatív víztartalom csökkenésének és az ezekhez a specifikus víztartalmakhoz tartozó vízpotenciál értékeknek megfelelően) sokkal hatékonyabb volt („fenntartó hatás"). A hosszabb távú szárazságstressz utáni regeneráció sokkal jobb volt az emelt CO_2 szinten nevelt fajokban.

Az emelt légköri CO_2 koncentráció és N-ellátottság együttes hatása löszpusztagyepre: Tartósan emelt CO_2 hatására a löszgyep diverzitás fázisgörbéi nem mutattak térbeli léptékfüggést. A dominancia struktúrát a nagy átlagos fajszám mellett a nagy borítású fajok kis száma jellemzi. A két domináns egyszikű gyepfaj megtartotta a kezdeti állapotban jellemző dominanciáját, míg a kodomináns fajok relatív borítási rangsora nagymértékben megváltozott. A N-nel és N+CO_2-dal kezelt állományokban az egyszikűek dominanciája vált jellemzővé és a fajszám legnagyobb fluktuációja szinten az N+CO_2 kezelésben következett be. Ugyanakkor a CO_2 kezelés önmagában a kétszikűek – egyszikűek rovására bekövetkező – arány növekedését eredményezte. A gyep éves földfeletti produkcióhozama emelt CO_2 koncentráció mellett kisebb volt, mint jelenlegi CO_2 szinten. Emelt légköri CO_2 koncentráción a földfeletti produkció csak plusz nitrogén ellátottság mellett emelkedett.

Löszpusztagyep N_2O talajemissziója jelenlegi és emelt légköri CO_2 koncentráció mellett: A jelenlegi CO_2 koncentráció melletti löszgyeptalajokban 2003. év május, június, július, szeptember hónapokban mért N_2O talajemisszió (*Ambus – Christensen, 1995* szerint mérve) mértéke (lásd táblázat)

a vizsgált periódusban fokozódó emelkedést mutat, szeptemberre jelentős értéket ér el. Az emelt légköri és jelenlegi CO_2 koncentrációjú gyepek talajainak N_2O emissziói között nincs szignifikáns különbség. Az emelt szintű CO_2 kísérleti helyeknél az esetleges magasabb nitrogénfelvétel miatt bekövetkező N_2O talajemisszió csökkenés nem mutatható ki. A talajhőmérsékletnek nem volt befolyása az emisszió mértékére. A talajhőmérséklet általában a téli hónapokban válik meghatározó tényezővé, a hideg, vagy fagyott talajok N_2O kibocsátása minimális, vagy nulla. A vizsgált időszakban a talaj víztartalmának sem volt számottevő hatása az emisszióra.

Dátum 2003	talaj-hőmérséklet (5 cm) (°C)	N_2O emisszió (ng $m^{-2}s^{-1}$)
május 7.	14,4	3,5
június 11.	23,5	5,3
július 31.	21,9	11,6
szeptember 30.	15,8	26,3

Dátum 2003	talajvíz-tartalom (%)
május 7.	17,6
június 11.	10,9
július 31.	22,2
szeptember 30.	15,3

A talaj állapota is befolyással van az emisszióra. A különböző N-formák (N_2, N_2O és NO) a denitrifikációs fázisban szabadulnak fel a talajból. Ha a denitrifikáció gátolt, a talaj N-kibocsátásának mértéke is csökken. Ez is szerepet játszhatott az időszak elejénközepén észlelt alacsony N_2O emisszió kialakulásában. Összefoglalva, esetünkben a talaj N_2O emissziójára sem a talajnedvességnek, sem a talajhőmérsékletnek nincs befolyása, ezt valószínűleg más faktorok befolyásolják. Az emisszió értékeléséhez a jövőben szükség lesz az N_2 és az NO emissziójának mérésére is.

GYEPÖKOSZISZTÉMA-MŰKÖDÉS JELENLEGI ÉGHAJLATI VISZONYOK ÉS LÉGKÖRI CO_2 KONCENTRÁCIÓ MELLETT: GYEPÖKOSZISZTÉMA-FIZIOLÓGIA (ÖKOSZISZTÉMA-FOTOSZINTÉZIS, ÖKOSZISZTÉMA-LÉGZÉS, ÖKOSZISZTÉMA C-MÉRLEG)

a) A vizsgált gyepökoszisztéma fotoszintézisének, légzésének és C-mérlegének mérése 2002-ben indult „eddy-kovariancia" módszerrel: Ez a módszer (*Aubinet et al., 2000*) egy 600–1000 méter átmérőjű gyepökoszisztéma (vagy más vegetációval borított) terület egészének méri folyamatosan a CO_2 momentán fluxusát és számítható belőle az ökoszisztéma légzés, a fotoszintézis, illetve a szénmérleg az órástól az éves időléptékig. A rendszer egy a szén-dioxid direkt áramlásának mérését végző nyílt utas infravörös gázanalizátorból (LI-COR 7500) és egy háromdimenziós szonikus anemométerből (GILL-1012) áll. A 21 Hz-es mérési adatokat számítógépes adatgyűjtő rögzíti. A turbulens áramok számítása félóránként történik. A mérőrendszer a vizsgált terület közepére van telepítve, és minden irányból a természetes szerkezeti variabilitással bíró növényzet veszi körül. A rendszer a széndioxid mellett méri a vízgőz momentán fluxusait, valamint a látens és direkt (szenzibilis) hőszállítást, melyekből az ökoszisztéma energiamérlege számítható. Mindehhez automata (levegő és talaj) mikrometeorológiai állomás társul. A röviden vázolt technika részben hasonló a légkör és bioszféra közötti CO_2 koncentráció regionális léptékű cseréjének mérésére alkalmas, hazánkban *Haszpra László (OM)* által bevezetett és az európai mérőhálózat részeként általa működtetett magas tornyú (148 m) rendszerhez (*Haszpra et al., 2004*). A hiányzó félórás szén-dioxid áramok pótlását a havi átlagos napi menetek alapján, illetve a CO_2 áramlás és a környezeti változók (hőmérséklet, fotoszintetikusan aktív sugárzás) közötti regressziós kapcsolatok felhasználá-

sával végezzük. Az éjszakai szén-dioxid áramok alulbecsléséből származó hibák csökkentésére az ún. u. korrekciót alkalmazzuk (*Aubinet et al., 2000*).

A bugaci alföldi gyepökosziszténa C-mérlege: Az alföldi kutatási gyepterület Bugac-pusztán (46°41′ É, 19°36′ K), a Kiskunsági Nemzeti Parkban található. Éghajlata száraz kontinentális (az éves csapadékmennyiség kevesebb mint 500 mm, a vegetációs periódus átlaghőmérséklete pedig 17,5 °C felett van). A terület jellemző növényzete a *Cynodonti-Festucetum pseudovinae* homokpusztagyep. Az eddy-kovariancia mérések 2002 júliusában kezdődtek. Az eddig kiértékelt másfél éves adatsor alapján megállapítható, hogy a vizsgált gyepvegetáció nyári időszakainak C-mérlege – a szárazságstressz következtében – negatív volt. Az őszi időszakok közül 2002-ben jelentősebb C-megkötő aktivitást lehetett megfigyelni, mint 2003-ban, ugyanis a mindkét évet jellemző aszályos periódus miatt a gyep már nem volt képes olyan mértékben regenerálódni ebben az évben, mint 2002-ben. A téli időszakban a vegetáció aktivitása minimális, ezért a kalkulált szénmérleg az egyensúlyi (nulla) tartományhoz közeli értéket mutatott. Az első teljes mérési évben a gyep gyenge szénelnyelőként viselkedett, az éves szénfelvétel 120 $gCO_2m^{-2}év^{-1}$ körül volt. Ezt az éves egyenleget elsősorban a tavaszi periódusban megfigyelhető jelentősebb C-megkötés eredményezte.

A mátrai hegyvidéki gyepökosziszténa C-mérlege: Helyszíne a Mátra hegységben, Szurdokpüspöki közelében (47°50′ É, 19°42′ K), plakor helyzetben fekvő gyepökosziszténa, ahol a CO_2-fluxus mérések 2003 májusától folynak. Az eredeti gyepvegetáció egy cseres tölgyes erdővel körülvett *Festuca rupicola* dominálta cserjésedő (kb. 2000 m × 800 m kiterjedésű, Adamecz Péter mezőgazdasági birtokán elterülő) gyep, melynek egy részét legeltetik, más részét felhagyták, egy további részét pedig produktív füvekkel felülvetve évente kétszer kaszálják és/vagy intenzíven legeltetik. A használt technikai eszközök és számítási módszerek megegyeznek a bugaci kutatási területnél megnevezettekkel, kivéve a szonikus anemométert, mely CSAT3 típusú. A mért fluxus adatok gyeptípusonként lettek szétválasztva a félórás szélirányok alapján. A 2003. évi mérések azt mutatják, hogy a vizsgált gyeptípusok gyenge CO_2-forrásnak tekinthetők. Ennek oka, hogy a területre jellemző tavaszi és őszi csapadékos periódusok hossza – a vizsgált időszakban – az átlagosnál rövidebb volt. A teljes terület alapján kalkulált első féléves fluxus értéke 1,1 g CO_2m^{-2}. A hegyhátsáli – a nem csak gyepökosziszténát tartalmazó régió – a bioszféra és légkör közötti magas tornyú CO_2 gázcsere mérések alapján az elmúlt években gyenge szénelnyelőnek bizonyult, és igen jelentősek az évek közötti, időjárástól függő különbségek (*Haszpra et al., 2004*).

b.1. A gödöllői szünfiziológiai térléptékfüggő kamrasorozat és gyeptársulások CO_2 gázcseréjének térbeli léptékfüggése: A kamrasorozat, valamint a kamrás vegetáció és ökosziszténa CO_2-gázcsere és C-mérleg mérések technikai előkészítése és kidolgozása 1999-ben kezdődött, a rendszeres mérések pedig 2000 őszétől folynak. Az eddig ismertekhez képest (pl. *Angell – Svejcar, 1999*) szemléletében és módszertanában is új, a szünfenetikai térléptékű vizsgálatokkal párhuzamos térléptékű szünfiziológiai CO_2 gázcsere mérésére alkalmas technikájú kamrasorozatot fejlesztettünk ki (*Czóbel et al., 2004*). Az ún. zárt rendszerű IRGA technikával működő hat darab kamra alapterülete logaritmikus skálát követ, 7,5 cm-től 480 cm-es átmérőig. A kamrákkal igen rövid időtartam (pár másodperc) alatt és széles hőmérsékleti tartományban végezhetők el a mérések. Ezzel megnyílik az út a szünfenetikai térléptéktartományú (*Mucina – Bartha, 1999*) funkcionális, incl. szünfiziológiai folyamatok megismeréséhez.

A két gyepökosziszténa CO_2 gázcseréjének térbeli léptékfüggése: A mikrocönológiai, térsorozati elemzések a növényállományok szerkezetének térbeli lép-

tékfüggését bizonyítják (*Mucina és Bartha, 1999*), az ökofiziológiai folyamatok léptékfüggéséről azonban eddig nincsenek ismeretek. Vizsgálati objektumaink fiziognómiai és nem-fiziognómiai szerkezete, vertikális struktúrája nagyon különböző, ezért szünfiziológiai működésük (pl. társulás és ökoszisztéma fotoszintézis) és ezek karakterisztikus léptékei is feltehetően mások. A zárt és erős szervezettségű löszgyep három, klasszszikus cönológiailag hasonló állományfoltjában a CO_2-gázcsere variabilitása a 60 cm átmérőjű mintavételi egységnél mutatott minimumot. A nyílt és kevésbé szervezett homokpusztagyep-állomány vizsgálata során a variabilitás minimuma jóval nagyobb térléptéknél mutatkozott, s a fotoszintézis intenzitás mértéke a kamraalapterülettel nem nőtt együtt. A CO_2-gázcsere variabilitásának minimumával jellemezhető térbeli léptéktartomány valószínűleg a társulás legkisebb heterogenitású és a legerősebben lerögzített, feltehetően szabályozott szünfiziológiai egysége (minimálareája).

b.2. A gyepökoszisztéma fotoszintézisének, légzésének és C-mérlegének mérése ún. „kamrás" módszerrel: A *b.1.* alatt leírt kamrák az eddig létezőknél nagyobb, már állományléptékű méretei miatt alkalmasak a gyepökoszisztéma szénmérlegének és komponenseinek a mérésére is. Ezen célra további, ún. nyíltutas ökoszisztéma CO_2 gázcsere és talajlégzésmérő kamrákat is kifejlesztettünk (*Balogh et al., 2004; Czóbel et al., 2004 és közöletlen eredményeink*). A *Salvio-Festucetum rupicolae* löszgyepben a kora tavaszi fenofázisban (március) az őszszel felhalmozódott avar bomlása és a talajlégzés fokozódik, ami a növekvő mértékű fotoszintetikusan aktív sugárzás CO_2 aszszimilációra gyakorolt pozitív hatását csökkenti. A szénmérleg ekkor negatív (8–900 $mgCm^{-2}nap^{-1}$), ami a terület forrás (CO_2-kibocsátó) jellegét mutatja. A pozitív szénmérleg értékek (szénelnyelő jelleg) májusban a legmagasabbak (2–3000 $mgCm^{-2}nap^{-1}$). Nyáron (július–augusztus) a kevés csapadék és magas hőmérséklet okozta sztómazáródás hatására a napi szénmérleg a tavaszinál alacsonyabb értéket mutat (8–900 $mgCm^{-2}nap^{-1}$). Ősszel és a hideglimitált időszakban is a gyep még mindig képes fotoszintetikus CO_2 megkötésre, melynek maximuma 5–6 mmol $m^{-2}s^{-1}$.

A vizsgált löszgyep az év nagy részében jelentős szénelnyelőként működött, különösen a tavasz második felétől. Nyáron és ősszel a fagyok és a nagymértékű szeneszcencia kezdetéig egyre csökken a napi szénmérleg nagysága, majd a hideg periódusban – annak ellenére, hogy a talajlégzés intenzitása is egyre inkább csökken – a napi szénmérleg előjele megváltozik, és az ökoszisztéma mint szénkibocsátó lesz jelen a szénforgalomban, egészen a kora tavaszi váltásig.

Salvio-Festucetum rupicolae löszgyep saját fejlesztésű modellezéssel becsült havi szénmérleg értékei ($gCm^{-2}hó^{-1}$) 2002. májusa és 2003. májusa között (*Balogh et al. nem közölt munkája*).

Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szep.	Okt.
83,7	85,8	49,2	68,2	43,7	29,6

Nov.	Dec.	Jan.	Már.	Apr.	Máj.
–16	–1,8	–1,6	6,25	16,99	59,98

A *Festucetum vaginatae danubiale* homokpusztagyep nettó CO_2-gázcseréje nagy variabilitást mutatott az évszakok között, de az egyes évszakokon belül is. A maximum CO_2 felvétel télen – a méréseket kizárólag a fagymentes napokon végeztük – éppen csak meghaladta a 0-át a dél körüli órákban. Tavasszal ez az érték emelkedett és májusban érte el maximumát (3,24 mmol $m^{-2}s^{-1}$). A legmagasabb napi felvételt minden esetben a déli órákban mértük, nyárra ez az érték némiképpen csökken a késő tavaszhoz képest, főként a szárazodó talaj okozta sztómakonduktancia csökkenés miatt. A homokpusztagyepben a csapadék időbeli eloszlása okozta a legnagyobb változatosságot a CO_2-felvételben, így pl., az azonos vegetációs periódusban és nagyon hasonló körülmények között végzett mérések tanúsága sze-

rint a vízhiány jelentős CO_2-felvétel csökkenést okoz, a maximális felvétel akár a felére is csökken (július–augusztusban).

Összességében a vizsgált homokpusztagyep mint szén-elnyelő működött a tavasz és a nyár nagy részében, ősszel, télen és a tavasz elején pedig CO_2 kibocsátóként. A nettó ökoszisztéma gázcserét – és így a szénmérleget – leginkább meghatározó tényezők közül elsősorban a radiációt, a zöld levélfelület-indexet és a talaj nedvességtartalmát kell kiemelnünk, de fontosak lehetnek – az adott időszaktól függően más más időjárási tényezők is. A napi szénmérlegek tanúsága szerint a hosszabb száraz periódus is CO_2 elnyelőből kibocsátóvá teheti a gyepet, ez különösen fontos a klímaváltozás várható hazai hatásainak ismeretében.

Festucetum vaginatae danubiale homokpusztagyep saját fejlesztésű modellezéssel becsült havi szénmérleg értékei (gCm^{-2}hó$^{-1}$) 2002. májusa és 2003. áprilisa között (*Balogh et al. nem közölt munkája*).

Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szep.
3,75	3,35	5,35	–2,39	–4,95

Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Már.	Apr.
–11,3	–11,1	–2,9	–0,2	4,1	8,2

GYEPÖKOSZISZTÉMÁK ELTÉRŐ HASZNÁLATI MÓDOKRA (LEGELTETÉS, MŰTRÁGYÁZÁS, ÖNTÖZÉS, FELÜLVETÉS/VÁGÁS, FELHAGYÁS) ADOTT FUNKCIONÁLIS ÖKOLÓGIAI (INCL. TÁRSULÁS SZÜNFIZIOLÓGIAI ÉS ÖKOSZISZTÉM-FIZIOLÓGIAI) VÁLASZAI ÉS ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZAINAK (CO_2, N_2O ÉS CH_4) FLUXUSAI JELENLEGI ÉGHAJLATI VISZONYOK ÉS LÉGKÖRI CO_2 KONCENTRÁCIÓ MELLETT

A legeltetés hatásai: A legeltetés felhagyásával – azonos fajszám mellett – egyharmaddal csökkent a Shannon-diverzitás és kétharmaddal a pillangósok (*Fabaceae*) részaránya a *Potentillo-Festucetum pseudovinae* gyepben. A DYCAM infravörös kamerával becsült fotoszintetikusan aktív levélfelület-index értékek (zöld LAI) a 2003-as vegetációs periódusban 30–50%-kal voltak magasabbak a kontroll területen. A föld alatti biomassza tömege mintegy másfélszeresére növekedett a legeltetés hatására, ezáltal a legelt részen szignifikánsan kisebb értéket kaptunk (1/20 és 1/25) a föld feletti és föld alatti biomassza arányára. A vegetációs periódusban havonként – nyílt kamrás módszerrel – mért nettó ökoszisztéma CO_2 fluxus értékeink azt mutatják, hogy egyes időszakokban (például júniusban, szeptemberben és októberben) a legelt részen nagyobb volt a CO_2 elnyelés, mint a kontroll területen. Mindez különösen akkor figyelemreméltó, ha figyelembe vesszük a LAI értékek közti eltérést. A kezelt és a kontroll területen mért (0,25 és 3 μmolCO_2 m^{-2} s^{-1} közötti) talajlégzési értékek a két plotban közel azonosak voltak az év során, és nagyon jó korrelációt mutattak a léghőmérséklettel.

A műtrágyázás hatásai: A műtrágyázás (100 kg N [NH_4, NO_3 formában] ha^{-1}, 50 kg P [P_2O_5 formában] ha^{-1}, 50 kg K [K_2O formában] ha^{-1} műtrágya) az első évben egynegyedével csökkentette a *Salvio-Festucetum rupicolae* gyep borítását, és kisebb mértékben (hetedével) a fajszámát az első évben. A 2003-as aszályos esztendő kiegyenlítette az említett különbségeket, lecsökkentve mindkét paramétert mind a kezelt, mind a kontroll plotokban. A Shannon-diverzitás értékek közel azonosak a műtrágyázott és a kontroll plotokban, mivel előbbinél az üressé vált „gap"-ekbe egyéves gyomfajok települtek. A DYCAM infravörös kamerával becsült zöld LAI értékek – az egész vegetációs periódus során, beleértve a júniusi biomassza vágást követő periódust – közel azonos mértékben változtak a kezelt és a kezeletlen foltokban. Az évi két alkalommal gyűjtött biomassza adatok azt mutatják, hogy a kontroll plotok föld alatti biomasszája több mint kétszeresé-

re nőtt a vegetációs periódus végére, ellentétben a műtrágyázott foltokkal, ahol a föld feletti és alatti biomassza értékek közel azonosak maradtak. Az állomány CO_2 fluxusainak esetében lényeges változás figyelhető meg a műtrágyázott vegetációnál, amely a vizsgálat első évében, a műtrágyázást követő negatív hatások miatt mért CO_2 kibocsátóból – a regenerációs folyamatok hatására – 2003-ra már gyenge szénelnyelővé alakult, hasonló értékkel, mint a kontroll növényzet. Ez a pozitív trend 2003 májusától figyelhető meg a kezelt állományon. A műtrágyázott és a kontroll területen mért talajlégzési értékek (0,25 és 3 $\mu mol CO_2.m^{-2}.s^{-1}$ közötti) a kezelés ellenére közel azonosak voltak az év során és nagyon jó korrelációt mutattak a léghőmérséklettel.

Az öntözés hatása: Az öntözés (a talajnedvességet folyamatosan 0,35 m^3 m^{-3} tartalom felett tartva) hatására 2003 júniusában kissé növekvő (5%) fajszámot észleltünk, majd szeptember elején a locsoló berendezés hibája miatt néhány napos túllocsolás következett be, mely lecsökkentette a fajszámot (különösen a kétszikűek csoportjánál, eltűntetve a *Fabaceae* fajokat). Ennek ellenére a Shannon-diverzitás értéke másfélszeresére nőtt az öntözött plotokon. Ugyanakkor az öntözés pozitív hatásaként közel négyszeresére nőtt a zöld LAI a kontroll foltokhoz képest, ezért lényegesen nagyobb, másfélszeres borítási értékeket mértünk az öntözött vegetációnál. A föld feletti/föld alatti biomassza arány egy körüli az öntözött növényzetnél (0,8 tavasszal és 1,25 ősszel), míg 0,2 (mindkét vizsgált évszakban) a kontroll vegetációban, melynek oka a már említett LAI növekedés az öntözött, illetve az aszályos periódus a kontroll plotoknál. Az első évi adaptációs periódust követően – amikor közel azonos fluxusokat mértünk a kezelt és a kontroll állományban –, 2003-ban az öntözés többszörösére növelte az állományfoltok CO_2 elnyelését. Ez nemcsak a CO_2 asszimiláció, hanem a szénmérleg értékekben is megmutatkozik, mely a vegetációs periódus végére a kontroll állomány háromszorosára nőtt. A megfelelő vízellátottság következtében az egyébként forró és csapadékhiányos nyári hónapokban is jelentős CO_2 megkötést mértünk a kezelt plotokon. Az öntözött foltokon magasabb talajlégzési értékeket mértünk mindkét évben, mint a kontroll vegetációban.

Talaj N_2O és CH_4 emisszió legeltetés, műtrágyázás és öntözés mellett: A nitrogénoxidok talajból történő emissziójának meghatározását kamrás technikával történő mintavételt követően gázkromatográffal kombinált tömegspektrométerrel (*Ambus – Christensen, 1995*) végeztük. Bugaci mintaterületünkre 10 db kisméretű (400 cm^3) kamrát telepítettünk egy vonal mentén egymástól kb. 10 m távolságra, ötöt a legelt és ötöt a nem legelt területre. A mintavétel kéthetente történt, a kamrák lezárása után a t = 0, 10, 20 és 30 percben. Az eredmények azt mutatják, hogy a N_2O emisszió szempontjából a kétféle kezelés között (legelt és nem legelt) nincsen szignifikáns különbség, így ez a fajta legeltetés nincs hatással a talaj N_2O kibocsátására, a N_2O fluxus nagysága a vizsgált időszakban (2002–2003) 0–137 $\mu g N m^{-2} h^{-1}$ között variált. A vett mintákból minden esetben elvégeztük a CH_4 mennyiségi meghatározását, így fluxusának mérését is, de ennek mennyisége mindig a mérési határ alatt maradt, ezért egyik esetben sem sikerült metán emisszióra utaló értéket kapnunk. A N_2O fluxus 0 és 125 $\mu g N m^{-2} h^{-1}$ között változott a műtrágyázott területen, a kontrollhoz képest a műtrágyázott foltok emissziója átlagosan 24%-kal nőtt. Az öntözés hatására a N_2O kibocsátása 63%-kal emelkedett meg a kontrollhoz képest, a mért értékek 0–117 $\mu g N m^{-2} h^{-1}$ között voltak.

A felülvetés, kaszálás(legelés) és felhagyás hatása: 2002 őszén elvégzett cönológiai felmérés eredményeként az ősgyepben a kétszikűek borítási részaránya 50%-kal meghaladta a vetett gyepben előfordultakét, azonban itt az egyszikűek 17%-kal magasabb borítási értéket értek el, mint a felhagyott területen, míg a pillangósok borítása lényegesen nem különbözött.

2003 nyarán a nagymértékű aszály következtében a két terület növényzetének átlagos borítási százaléka csaknem 1/3 részszel csökkent. A kétszikűek és az egyszikűek részaránya megváltozott, az ősgyephez képest 4%-kal nagyobb a vetett gyepben az előbbi, míg az utóbbi 11%-os borítási részaránnyal kevesebb. A DYCAM infravörös kamerával becsült fotoszintetikusan aktív levélfelület-index értékek (zöld LAI) 2003 augusztusában és szeptemberében a két társulást összehasonlítva az ősgyep duplájának bizonyultak a vetett területen. A kora tavaszi és a késő őszi időszakban nem találtunk jelentős különbséget. A mindkét gyepen történt nyári legeltetést követő regeneráció után ősszel (2003 október vége) mért föld feletti biomassza tömege nem érte el a legelést megelőző májusi értéket, azonban a vetett gyep produktívabbnak bizonyult, mivel a zavarás előtti biomassza tömegnek 50%-át érte el, míg az ősgyep csupán 30%-os növekménnyel bírt. A vegetációs időszakban mért nettó ökoszisztéma CO_2 fluxus értékeink azt mutatják, hogy mind a sötétlégzés, mind a CO_2 elnyelés nagyobb volt a vetett állomány esetében, mint az ősgyeppel borított területen. Mindez jól párhuzamba állítható a levélfelület-index és a biomassza értékekkel. Mindkét terület talajának légzésintenzitása jól korrelál a talaj nedvességtartalmának változásával.

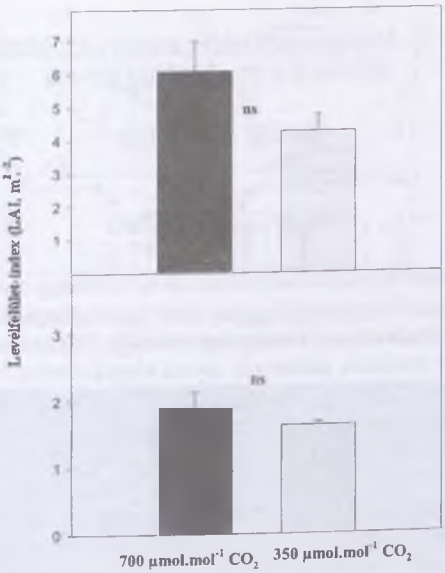
A gyepökoszisztémák üvegházhatású gázkibocsájtásainak európai léptékű szintézise: Az eddigi – hazai méréseinket is figyelembe vevő (*Horváth et al., 2003; Tuba et al., 2003 és közöletlen adatsoraink*) – vizsgálatok eredményeinek elemzése tisztán mutatja, hogy az európai füves területek – a légkörrel alkotott rendszerben – mint nyelők játszanak szerepet az üvegházhatású nyomgázok cseréjében (*Soussana et al., 2004*). Saját vizsgálataink szignifikánsan magasabb nyelő aktivitást mutatnak (0,30 $kgCm^{-2}yr^{-1}$) és a különböző helyszínek közti variációs koefficiens mértéke is kisebb (57%), mint az eddigi, csupán modellezésen alapuló becslés értékei.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) AMBUS, P. – CHRISTENSEN, S. (1995): Spatial and seasonal nitrous oxide and methane fluxes in Danish forest-, grassland-, and agroecosystems. *Journal of Environmental Quality 24*, 993–1001. pp. (2) ANGELL, R. – SVEJCAR, T. (1999): A chamber design for measuring net CO_2 exchange on rangeland. Journal of Range Management, 52 (1): 27–31. pp. (3) AUBINET, M. – GRELLE, A. – IBROM, A. – RANNIK, U. – MONCRIEFF, J. – FOKEN, T. – KOWALSKI, A. S. – MARTIN, P. H. – BERBIGIER, P. – BERNHOFER, C. – CLEMENT, R. – ELBERS, J. – GRANIER, A. – GRUNWALD, T. – MORGENSTERN, K. – PILEGAARD, K. – REBMANN, C. – SNIJDERS, W. – VALENTINI, R. – VESALA, T. (2000): Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: The EUROFLUX methodology. ADVANCES IN ECOLOGICAL RESEARCH, VOL 30: 113–175. pp. (4) BALOGH J. – FÓTI SZ. – JUHÁSZ A. – CZÓBEL SZ. – NAGY Z. – TUBA Z. (2004): Seasonal CO2-exchange variations of a temperate semi-desert grassland in Hungary Photosynthetica. (in press) (5) CEULEMANS, R. – MOUSSEAU, M. (1994): Effects of elevated atmospheric CO_2 on woody plants. *New Phytologist*, 127, 425–446. pp. (6) COUPLAND, R. T. (1992): Approach and generalizations. In: Coupland, R. T. (Ed.): Ecosystem of the world. 8A Natural Grassland, Introduction and Western Hemisphere, 1–6. pp. Elsevier, New York. (7) CZÓBEL, SZ. – FÓTI, SZ. – BALOGH, J. – NAGY, Z. – BARTHA, S. – TUBA, Z. (2004): Development of CO_2-exchange measur-ing chambers with increasing diameter, suitable for scale-dependance and their application in a non-arborescent grassland vegetation Photosynthetica. (in press) (8) FRANK, A. B. (2002): Carbon dioxide fluxes over a grazed prairie and seeded pasture in the Northern Great Plains. Environmental Pollution, 116 (3): 397–403. pp. (9) HAM, J. M. – KNAPP, A. K. (1998): Fluxes of CO_2, water vapor and energy from a prairie ecosystem during the seasonal transition from carbon sink to carbon source, Agricultu-ral and Forest Meteorology, 89, 1–14. pp. (10) HASZPRA, L. (1995): Carbon dioxide concentration measurements at a rural site in Hungary. Tellus 47B, 17–22. pp. (11) HASZPRA, L. –

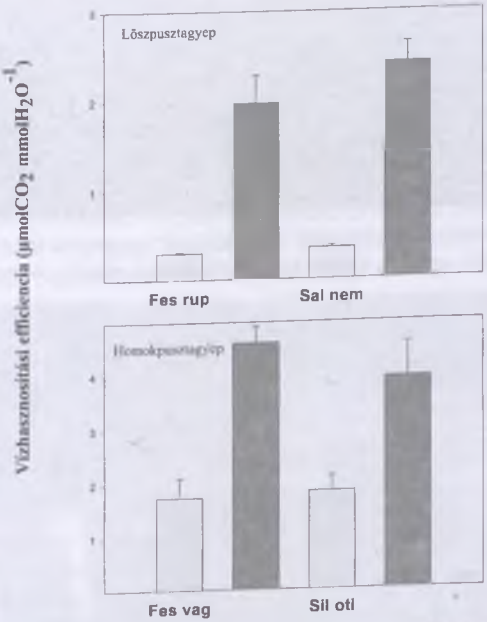
CIAIS, P. – GLOOR, E. (2004): Tall tower CO2 measurements and their application in carbon budgeting J. of Geophysical Research. (in press) (12) HORVÁTH, L. – MÉSZÁROS, R. – PINTÉR, K. – WEIDINGER, T. – CZÓBEL, SZ. – NAGY, Z. – TUBA, Z. (2003): Nitrous oxide emission from managed grasslands under special continen-tal climate in Hungary *Geophysical Research Abstracts* 5, 09746. (13) JANSSENS, I. A. – FREIBAUER, A. – CIAIS, P, et al. (2003): Europe's terrestrial biosphere absorbs 7 to 12% of European anthropogenic CO_2 emissions. *Science* 300: 1538–1542. pp. (14) JARVIS, P. G. (1993): Global change and plant water relations. In: Borghetti, M. – Grace, J. – Raschi, A. (Szerk.): *Water Transport in Plants under Climatic Stress*. Cambridge University Press. 1–13. pp. (15) LONG, S. P. (1991): Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO_2 concentrations – has its importance been underestimated. *Plant, Cell and Environment*, 14, 729–739. pp. (16) MUCINA, L. – BARTHA, S. (1999): Variance in species richness and guild proportionality in two contrasting dry grassland communities Biologia Bratislava, 54/1: 67–75. pp. (17) NAGY, Z. – RASCHI, A. – JONES, M. B. – TUBA, Z. (1997a): Elevated atmospheric CO_2 and grasslands: a brief overview. *Abstracta Bota-nica*, 21, 329–335. pp. (18) NAGY Z. – SZENTE K. – TUBA Z. (1997b): Acclimation of dicot and mono-cot temperate species to long-term elevated CO_2 concentration. *Abstracta Botanica*, 21, 329–336. pp. (19) SOUSSANA, J. F. – PILEGAARD, K. – AMBUS, P. – BERBIGIER, P. – CESCHIA, E. – CLIFTON-BROWN, J. – CZÓBEL, SZ. – DE GROOT, T. – FUHRER, J. – HORVÁTH, L. – HENSEN, A. – JONES, M. – KASPER, G. – MARTIN, C. – MILFORD, C. – NAGY, Z. – NEFTEL, A. – RASCHI, A. – SKIBA, U. – STEFANI, P. – SALE-TES, S – SUTTON, M. – TUBA, Z. – WEIDINGER, T. (2004) : Annual greenhouse gas balance of European grasslands. First results from the GreenGrass project *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (in press) (20) SZERDAHELYI, T. – FÓTI, SZ. – NAGY, J. – CZÓBEL, SZ. – BALOGH, J. – TUBA, Z. (2004a): Species composition and CO_2 exchange of a temperate loess grassland *(Salvio-Festucetum rupicolae)* at present-day and the expected future air CO_2 concentrations *Ekologia* 22: 137–146. pp. (21) SZERDA-HELYI T. – NAGY J. – FÓTI SZ. – CZÓBEL SZ. – BALOGH J. – TUBA Z. (2004b): Botanical composition and some CO_2 exchange characteristics of temperate semi-desert sand grassland in Hungary under present-day and elevated air CO_2 concentrations. *Ekologia* 22: 124–136. pp. (22) TUBA Z. (Szerk.) (2004): Production Ecological Responses and Adaptations of Crops to Rising Atmospheric Carbon Dioxide. *Journal of Crop Production*. Haworth's Food Products Press, New York, USA. (In press). (23) TUBA Z. – CSINTALAN ZS. – SZENTE K. – NAGY Z. – GRACE J. (1998a): Carbon gains by desicca-tion tolerant plants at elevated CO_2. *Functional Ecology*, 12, 39–44. pp. (24) TUBA Z. – NAGY Z. – SZENTE K. – RASCHI A. (Szerk.) (1998b): Grassland Ecology and Ecophysiology under Elevated Air CO_2 and Temperature. *Abstracta Botanica*, 21, 112. p. (25) TUBA Z. – RASCHI A. – NAGY Z. – HELYES L. – VODNIK D. – SANITA DI TOPPI L. (2003): Vegetations with various environmental constraints under elevated atmospheric CO_2 concentrations, In: Sanità di Toppi L. – Pawlik-Skowronska B. (Szerk.): *Abiotic Stresses in Plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. In press. (26) TUBA Z. – SZENTE K. – KOCH J. (1994): Response of photosynthesis, stomatal conductance, water use efficiency and production to long-term elevated CO_2 in winter wheat. *Journal of Plant Physiology*, 144, 661–668. pp. (27) TUBA Z. – SZENTE K. – NAGY Z. (1997): *European stress physiology and climate experi-ments*. ESPACE *EU Environment R&D Project, Final report*, Gödöllő, 27. p. (28) VALENTINI, R. – MATTEUCCI, G. – DOLMAN, A. J. et al. (2000): Respiration as the main determinant of carbon balance in Eorpean forests. *Nature* 404: 861–865. pp.

1. ábra



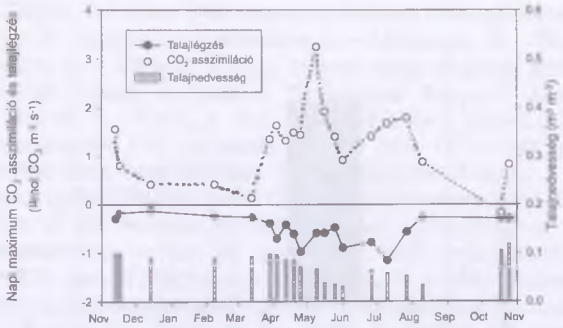
A *Salvio Festucetum rupicolae* löszpusztagyep (felső ábra) és a *Festucetum vaginatae danubiale* homokpusztagyep (alsó ábra) OTC kamrákban vizsgált állományainak levélfelület-indexe jelenlegi és emelt CO_2 koncentráció mellett 6 év expozíció után

2. ábra



A *Salvio Festucetum rupicolae* löszpusztagyep (felső ábra) és a *Festucetum vaginatae danubiale* homokpusztagyep (alsó ábra) fajainak (Festuca rupicolae, Salvia nemorosa, Festuca vaginata, Silene otites) leveleiben mért WUE jelenlegi (világos oszlopok) és emelt (fekete oszlopok) CO_2 koncentráción 6 év expozíció után

3. ábra



Festucetum vaginatae danubiale **homokpusztagyep CO_2 gázcseréjének (nettó CO_2 asszimiláció, illetve talajlégzés), továbbá talajnedvesség-tartalmának éves alakulása 2001–2002-ben**

1. fénykép

A SZIE MKK Növénytani és Növényélettani Tanszékének bugacpusztai (KNP) kutatóállomása, előtérben az eddy kovariancia CO_2 fluxus mérőtoronnyal

2. fénykép

A szünfiziológiai térlépték-függő CO_2 gázcsereméró kamrasorozat

A TERMÉSZETKÖZELI ERDEI ÖKOSZISZTÉMÁK NÉHÁNY ELVI ÉS GYAKORLATI KÉRDÉSE

SOLYMOS REZSŐ

ÖSSZEFOGLALÁS

Az agrobiocönózisok az agrobiotópok növényi és állati életközösségei. Összetételüket döntően az emberi tevékenység határozza meg. Ugyanez áll az erdei életközösségekre, amelyek jelentős része hosszabb időszak folyamán természetes úton jött létre. Napjainkra azonban az emberi beavatkozás kevés kivétellel ezekben is módosította, erősítette vagy gyengítette a „természetes utat". Számottevő az olyan erdei életközösségeknek is az aránya, amelyet az ember mesterséges úton létesített. Mindegyik közös vonása, hogy mint ökoszisztéma az abiotikus környezetével áll kölcsönhatásban. Ebből következően az élő és élettelen tényezők között folyamatos az anyag és energiaforgalom. Az erdő mibenlétének a legújabb és korszerűnek tartott megfogalmazásakor is az ökológiai szempontok figyelembevételével az ökoszisztéma szemléletet fogadtuk el, amely szerint „Az erdő egy adott területen élő növények és állatok biocönózisa, ahol a fás növények szerepe meghatározó, ahol az életközösség tagjai biocönotikus konnexusban vannak egymással és abiotikus környezetükkel szerves kapcsolatban élnek."

ERDEI BIOCÖNÓZIS, – ERDEI ÖKOSZISZTÉMA

Az agrobiocönózisok az agrobiotópok növényi és állati életközösségei. Összetételüket döntően az emberi tevékenység határozza meg. Ugyanez áll az erdei életközösségekre, amelyek jelentős része hosszabb időszak folyamán természetes úton jött létre. Napjainkra azonban az emberi beavatkozás kevés kivétellel ezekben is módosította, erősítette vagy gyengítette a „természetes utat". Számottevő az olyan erdei életközösségeknek is az aránya, amelyet az ember mesterséges úton létesített. Mindegyik közös vonása, hogy mint *ökoszisztéma* az abiotikus környezettel kölcsönhatásban van. Ebből következően az élő és élettelen tényezők között folyamatos az anyag és energiaforgalom. *Az erdő* legújabb és korszerűnek tartott megfogalmazásakor is, az ökológiai szempontokkal, az ökoszisztéma szemléletet fogadtuk el, amely szerint: *„Az erdő egy adott területen élő növények és állatok biocönózisa, ahol a fás növények szerepe meghatározó, ahol az életközösség tagjai biocönotikus konnexusban vannak egymással és abiotikus környezetükkel szerves kapcsolatban élnek."* Az erdei ökoszisztémák kutatása és értékelése során napjainkban még számottevő a fogalmak „vegyes" értelmezése, ami esetenként zavarokat okoz.

Mindezeket azért szükséges előre bocsátani, mert az erdei ökoszisztémákkal kapcsolatos „félreértések" indokolatlan megállapítások vagy szembenállások forrásává válhatnak. Szükséges ezért az elmondottakon túlmenően néhány fontosabb szakkifejezés egyértelmű meghatározása, értelmezése.

TERMÉSZETES, TERMÉSZETSZERŰ ÉS TERMÉSZETKÖZELI ERDŐ

A természetes erdő olyan életközösség, amely a természet erőinek megfelelően emberi beavatkozás nélkül hosszú fejlődés

eredményeként jött létre, amelynek az élővilága az ökológiai adottságoknak megfelel, a természet törvényei és erői zavartalanul érvényesülnek. Az életközösség tagjai közötti harmónia önszabályozás útján alakul ki és marad fenn. Magyarországon ilyen erdő ismereteink szerint aligha található. Az a néhány „Őserdő"-nek nevezett maradvány sem volt valószínűleg mentes az évszázadok folyamán valamilyen emberi beavatkozástól. A kialakított *erdőrezervátumok* magterületeiből is csak nagyon hosszú idő elmúltával válhat olyan őserdő, amely többé-kevésbé megfelel majd a természetes erdő kritériumainak. Ugyanez vonatkozik a természetvédelmi oltalom alatt álló, fokozottan védett erdei ökoszisztémákra is, amelyek valamilyen kiemelkedő természeti érték védelme miatt háborítatlanul kell, hogy fennmaradjanak. Belátható időn belül klasszikus természetes erdő még nem alakul ki . Ezért ilyen jellegű kutatás jelenleg nem folytatható. Nem lenne helyes természetes erdőgazdálkodásról sem beszélni akkor, amikor a természetes erdőnek éppen az a fő jellemvonása, hogy emberi beavatkozástól mentesen jön létre és létezik. *Ezért természetes erdőgazdálkodásról sem a jelenben, sem a jövőben nem beszélhetünk.* Ez ellentmondana a természetes erdő kritériumának, az emberi beavatkozástól való *mentességnek.*

Természetes erdőtársulás – természetes erdőtársulás csoport. A természetes erdőtársulások olyan erdei biocönózisok, növény és állatközösségekből felépülő környezeti rendszerek, amelyekben a fás növények a meghatározók. Ez a botanikai vonatkozású megállapítás szintén ellentmondásos, ha a „természetes" szót az előzőkben kifejtettek szerint értelmezzük. Az erdészeti kutatásban és a gyakorlatban általában az *erdőtársulás csoportokat (faállomány vagy célállománytípusok)* alkalmazzák. Ezek a következők: *Fenyvesek – Bükkösök – Gyertyános-tölgyesek – Tölgyesek – (Cseres kocsányos és kocsánytalan tölgyesek) – Erdőssztyepp-erdő – Liget – Láperdők. (Ezek elegyes és elegyetlen faállományai.).*

A természetszerű erdő olyan életközösség, amely becslésünk szerint minimális emberi beavatkozás mellett alakult ki, és ennek a beavatkozásnak alig volt hatása az ökológiai adottságok és az erdei biocönózis közötti, továbbá az életközösségen belül létrejött harmonikus kapcsolatokra. Ezek a Magyarországon napjainkban elvétve előforduló, kis területen fellelhető úgynevezett „őserdők". Erdőstratégiai jelentőségük nem kiemelkedő. Természetvédelmi szempontból viszont figyelemre méltó a szerepük és fenntartásuk. *A természetszerű erdőgazdálkodás* a természetszerű erdő meghatározását alapul véve legtöbbször egy kisebb területre terjed ki, és alig érzékelhető emberi beavatkozást jelent a természeti erők lehetőség szerinti teljes érvényesülése, főleg különleges természetvédelmi célok megvalósítása érdekében. A természetszerű erdők területe és vele együtt a természetszerű erdőgazdálkodás mértéke az idők folyamán lassú növekedést mutat.

A természetszerűség fogalmát az előbbiekben leírtak szerint megközelítően azonosnak lehetne tekinteni azzal az állapottal, amikor az őshonos fafajokból álló természetesnek tartott erdei ökoszisztémákat magukra hagyják és csak a fenntartásuk érdekében végeznek bennük minimális munkát. Ilyen munka lehet az erdő egészségét veszélyeztető károsítások megelőzése, vagy a károsítók leküzdése, esetleg a károk helyreállítása. A természetszerű erdőnek nincsen vágáskora, a természetszerű erdőgazdálkodás a vágásfordulóval hagyományos értelemben nem foglalkozik. Kétségtelen, hogy az így értelmezett természetszerű erdőgazdálkodás jövőbeni jelentősége a korábbiaknál nagyobb lehet.

A természetközeliség az adott ökológiai tényezők és az erdei ökoszisztéma közötti harmónia megtartását és fenntartását jelenti a természeti törvényeknek megfelelő céltudatos emberi beavatkozással. Elsőrendű kritériuma a termőhely és az erdő élővilága közötti összhang fenntartása a faállomány egész élete (vágásforduló, vágáskor) folya-

mán. A 21. században a természetközeliség megteremtése az erdőállományokban és az erdőgazdálkodásban elsőrendű követelmény kell, hogy legyen! A természetközeliség kiemelt jellemzői: – A termőhelynek megfelelő fafajmegválasztás, az őshonos fafajok felkarolása, – a magról való természetes erdőfelújítás, – fafajgazdag elegyes, többszintű, vegyeskorú faállományok létesítése, – az ökológiai stabilitás, – a biológiai, faji és genetikai sokféleség. Ezek a természetközeli erdei ökoszisztémák főbb ismérvei, amelyek az ökoszisztéma kutatás során mint témakörök prioritást kell, hogy élvezzenek.

A természetközeli erdő olyan biocönózis, amelynek a faállományát az ökológiai adottságoknak megfelelő, elsősorban őshonos, termőhelyálló fafajok alkotják, amelynek a szerkezete az erdő többcélú tartamos (fenntartható) hasznosítását jól szolgálja és a károsítókkal szembeni ellenállóságát növeli. (stabil elegyes erdei ökoszisztéma). A természetközeliség, és ennek megfelelően a stabilitás mértéke különböző lehet. Más a termőhelynek megfelelő őshonos elegyes és más a termőhelynek ugyan még megfelelő, de nem őshonos és elegyetlen egykorú faállományoké. Ezen megfogalmazás szerint *erdeink jelentősebb része ebbe a kategóriába (természetközeli) tartozik.* A termőhelynek megfelelő fafaj megválasztás, majd az őshonos fafajok felkarolása a 20. század második felében fokozott mértékben érvényesült. Csak az ilyen erdők létesítése számíthat a jövőben külön támogatásra. Állományalkotó fafajaink termőhely-igényét az erdészeti kutatás meghatározta és az erdészeti termőhelyfeltárásnak a gyakorlatban ajánlott módszereit kidolgozta. Mintegy négy évtizede kötelező előírásként szerepel a magyar erdőgazdálkodásban a termőhelynek megfelelő fafaj megválasztás. „Elvileg" tehát nem termőhelyálló erdők ebben az időszakban már nem létesülhettek volna. Ilyenek finanszírozását az ide vonatkozó szabályozás nem tette lehetővé. Többlet pénzügyi elismerést kaptak az őshonos fafajokkal végzett természetes erdőfelújítások. A termőhelynek meg nem felelő faállományok a hivatalos, hatósági előírásokkal ellentétesen az ún. „rontott erdők" állományát gyarapították, és gyarapíthatják. A természetközeli erdőt többek között azért is helyes a fafajok őshonossága és termőhelyállósága, valamint a faállomány szerkezete szerint értelmezni, mert így nem csak az erdőfelújításokat, hanem az új erdőtelepítéseket is ide sorolhatjuk. Ezáltal lehetőséget teremtünk az erdőtelepítések természetközeliségének a meghatározására, kimutatására is és adott esetben a természetközeliség mértékétől függő pénzügyi támogatására. Jelentős azoknak a száma, akik a mesterségesen létrehozott erdőtelepítéseket elsősorban faültetvényeknek fogadják el és nem sorolják az erdei ökoszisztémák közé. Ez az álláspont véleményünk szerint elfogadhatatlan. A megoldást az jelenti, hogy az előzőkben kifejtettek alapul vételével a természetközeliség mértékét is meghatározzuk, hogy az erdei ökoszisztémákat eszerint is osztályozhassuk, értékelhessük.

Az erdei ökoszisztémák természetközeliségének mértéke

A természetközeliség megitélésekor (osztályozásakor) több tényező lehet döntő szempont. Fontos szerepet kaphat ebből a szempontból „a természetes erdőtársulás". Alkalmazása esetén azonban az új erdőtelepítések besorolása gondot jelenthet. Az erdészeti gyakorlatban nem lehet feltétlenül cél a „természetes növénytársulás" megnevezése valamelyik cönológiai rendszer szerint. Legtöbb esetben ennek a meghatározása nem is várható el gyakorlati szakembereinktől. A „természetes", az adott területre jellemző klimax erdőtársuláshoz, mint viszonyítási alaphoz kapcsolt természetközeliségi mutató alkalmazása helyett, a faállomány alkotó fafajok őshonosságát, termőhelyállóságát, valamint a faállomány szerkezetét (elegyesség, szintezettség, kor stb.), az erdő várható jövőképét célszerű az egyes erdőrészletek ilyen irányú értékelésekor figye-

lembe venni. Így lehetővé válik nem csak a meglevő erdők, hanem az új erdőtelepítések természetközeliségi mértékének (fokának) a meghatározása is. Az erdei ökoszisztémák természetközeliség szerinti értékelésének (osztályozásának) ajánlott alapja ennek megfelelően a faállománynak az adott termőhelynek megfelelő fafajösszetétele (termőhelyállóság) és szerkezete (elegyes, elegyetlen stb). Mindezek szerint készítettük el azt az osztályozási rendszert, amelynek alapján az erdei ökoszisztémák természetközeliségének mértéke meghatározható. A 10 kialakított osztályba valamennyi hazai erdő besorolható. *A „természetközeli" megnevezés* azért illeti meg az egyes osztályokba besorolt erdei ökoszisztémákat, mert ezzel fejezzük ki többek között azt, hogy a faállomány alkotó fafajok termőhelyi igénye és a termőhelyi adottságok között mértékadó eltérés nincsen. Az illető erdei ökoszisztéma faállománya ezek szerint termőhelyálló, megfelelő fafajösszetételű és szerkezetű, nem rontott erdő.

A biodiverzitást gén, faj és ökoszisztéma szinten egyaránt kiemelt súllyal kell az osztályozás során értékelni. Ennek *számszerűsítésére* nincsen általánosan elfogadott paraméter. A fajgazdagságot használják e célra legtöbbször. Három hierarchikus szintet célszerű megkülönböztetni: gén, faj, ökoszisztéma.

A bioszférát alkotó ökoszisztémák közül az erdei ökoszisztémák a legbonyolultabbak közé tartoznak. Felismerhető bennük az élőhelyek rendszere, a táplálkozási lánc, amelyben az élőlények energia és anyagminőségi szempontból input és output viszonyban vannak.

A fafajok őshonosságának elbírálása az osztályozásban kiemelt feladat. Számos hosszú távú döntés meghatározója. A jövő erdőkép szempontjából törekedni kell arra, hogy ezt a sokat és sokszor vitatott kérdést lehetőség szerint minden esetben ésszerűen, a merev felfogások mellőzésével oldjuk meg. Az őshonosságot illetően egyszerű válaszként elfogadható lenne: *őshonosak a „természetes erdőtársulásokat" alkotó fafajok.* Klasszikus természetes erdő – amint kifejtettük – már hazánkban sem létezik. A jövő nem a magára hagyott, emberi beavatkozás nélkül fejlődő, hanem a természeti törvények és az ökológiai adottságok szerint művelt (nem pedig kezelt!) faállományú erdőké. A természetes erdőtársulások botanikai értelmezésének sem mond ellent, ha Magyarországon azokat a fafajokat tekintjük *őshonosnak*, amelyek az utolsó eljegesedést követően terjedtek el, vagy a jégkorszak előtti, esetleg az interglaciális időszakból maradtak fenn (reliktum fafajok).

A külföldről behozott, nem őshonos, más néven idegen földi, vagy egzóta fafajok szerepét nem lenne helyes az erdei ökoszisztémák értékelése, osztályozása szempontjából lebecsülni, amikor az őshonosság elsőrendű szerepét kiemeljük. Külön figyelembe kell venni közülük azokat, amelyek természetes úton magról vagy sarjról képesek felújulni és akár emberi beavatkozás nélkül is fennmaradni. *Meghonosodott fafajoknak helyes őket elfogadni.* A „honosodás" – bár nem azonos értékű a „honosság"-gal – egy fontos kategóriája a természetközeliségnek. Számos esetben várható, hogy a jövőben ezeknek a fafajoknak is jelentős marad, vagy lesz a szerepe akkor, ha termőhelyi igényüknek megfelelően telepítjük őket (akác, fenyők, fenyő egzóták stb.). Ebben az esetben stabil, természetközeli kultúrerdőket alkotnak, csupán a természetközeliség mértéke (osztálya) lesz alacsonyabb.

A természetközeli erdőgazdálkodás

Az erdei ökoszisztémáknak a természetközeliségre vonatkozó ismérveit a *természetközeli erdőgazdálkodás alakítja, amelynek alapvető jellemzője, hogy valamennyi emberi beavatkozás a természeti törvényekhez igazodik* úgy, hogy egyszersmind megvalósítja az erdő rendeltetésének megfelelő gazdasági vagy más elsődleges célokat. Itt is követelmény, hogy a gazdálkodás során csak

annyi és olyan mértékű emberi beavatkozás történjen az erdei ökoszisztémákba, amennyi a cél(ok) érdekében feltétlenül szükséges. Sem a jelenben, sem a jövőben nem lehet cél az őserdei állapot általános létrehozása, az erdő „magára hagyása". Az erdőrezervátumok magterülete és egyes fokozottan védett területek jelenthetik a nem számottevő kivételt.

A természetközeli erdők létesítése és fenntartása, a 21. századi erdőgazdálkodás feladata és az erdei ökoszisztémák néhány környezeti összefüggése

A természetközeli erdőtársulások, természetközeli faállományok létesítését az úgynevezett „nem erdő termőhelyeken" a szakemberek közül egyesek nem tartják megvalósíthatónak. Ezzel szemben álláspontunk szerint már „a nem erdő termőhelyek" (erdővel hasznosítható mezőgazdasági területek) fogalmának a bevezetése sem indokolt. Magyarország földterületének a becslések szerint mintegy 80%-a alkalmas a termőhelynek megfelelő fafajú erdőállomány létesítésére. Az lenne a logikus, ha nem erdő termőhelynek azokat neveznénk, amelyek adottságai nem felelnek meg honos vagy nem őshonos fafajokkal való erdők létrehozásának. Abban az esetben, ha a mezőgazdasági földeken végzett, vagy tervezett új erdőtelepítések fafajainak termőhely igénye a termőhelyi adottságoknak megfelel és az erdőtelepítés szerkezete kielégíti a természet-közeli erdő követelményeit, ezeket az erdőtelepítéseket joggal nevezhetjük természetközelinek, mégpedig különböző osztályokba sorolva, amint ezt az előbbiekben javasolt osztályozás ismertetésekor kifejtettük.

Az erdei ökoszisztémák kialakításakor többek között kiemelten kell figyelni arra, hogy Magyarországon *a változatos talajviszonyokat változatos klíma kíséri.* A klíma jellemzésére az erdészetben a júliusi 14 órakor mért relatív páratartalmat alkalmazzák. Azok a területek, ahol a júliusi 14 órakor mért rel. páratartalom átlaga eléri vagy meghaladja az 58(60)%-ot, a bükkös klímába tartoznak. Itt a bükkös erdei ökoszisztémák alkotják a természetes növénytársulást. 53–58% között gyertyános tölgyes, 48–53% között kocsánytalan tölgyes és cseres, ha 48%-nál kisebb, akkor erdőssztyepp klímáról beszélünk A termőhellyel szoros összefüggésben levő klímatípusok területét elfoglaló hazai faállománytípusok vizsgálatakor kitűnt, hogy a bükkös klímatípus területének a 91%-át őshonos fafajok borítják, ebből 75% a bükkös. A gyertyános–tölgyes klímában 70%, a kocsánytalan-tölgyes–cseres klímában 48%, míg az erdős sztyepp klímában már csak 30% az őshonos fafajokkal való borítottság aránya. Az erdőgazdálkodásra legalkalmasabb bükkös–gyertyános–tölgyes klímatípusok területe Magyarország erdőterületének közel az 50%-a (48%). 75%-ra emelkedik ez az arány, ha ehhez hozzászámítjuk a tölgyes csereseket. Megközelítően ennyi lehetne a természetközeliség mértékének első kategóriájába tartozó erdők aránya. Számszerűen nézve az erdős sztyepp klímában a legkisebb az őshonos faállománytípusok (fafajok) aránya (30%).

Abban az esetben, ha erdőtalajainkat maradéktalanul őshonos fafajok (természetközeli ökoszisztémák) foglalnák el, mintegy 76% lehetne a legmagasabb fokú természetközeli erdők aránya. Az erdészeti kutatás feladata is annak az eldöntését elősegíteni, hogy a természetközelibb erdőknek ezt az arányát és mértékét vajon célszerű-e elérni, és ha igen mennyi idő alatt? Ebben az esetben az ország erdőterületének mintegy 20%-án (340 ezer ha) kellene szerkezetátalakítást (fafaj cserét) végezni. Az átalakítás költségei, a sok ezer erdőtulajdonos érdekei és egyéb más tényezők miatt sem tűnik indokoltnak, hogy a gyors átalakítás Magyarország erdőstratégiai céljai között szerepeljen. Évi 10 ezer ha átalakítása esetén is az idő igény 34 esztendő lenne. Ez pedig közel egybeesik a hosszú távú

erdőtelepítési programmal (2035). Érdemes figyelmet szentelni annak, hogy az erdőtelepítésekben a nem erdőtalajon álló fenyők aránya 19%, ami azt jelenti, hogy fenyveseink 57%-a erdőtalajon áll, míg az akácosoknak a 48%-a, a nemes-nyárak 11%-a.

A erdei ökoszisztémák létesítése a kitermelt erdők helyének felújításával és az új erdők telepítésével valósul meg. Jelenleg a korábbi erdőtelepítések és felújítások következtében a faállományok nagyobb része a viszonylag fiatalabb (1–40 éves) korosztályokba tartozik. Ez az időszak a fanövedék kulminációjával is egybeesik a legtöbb fafaj esetében, ami egyet jelent a levegőből való szénelnyelés maximumával is. Az erdők jelentős mennyiségű CO_2-t nyelnek el, de CO_2-t is kibocsátanak. A mérleg mindaddig pozitív, ameddig a fanövedék a túlkorosság miatt annyira vissza nem esik, hogy a növedékképzés kevesebb szénelnyeléssel jár, mint amennyi CO_2-vel az erdő a levegőt dúsítja.

Az ERTI-ben végzett (*Führer E.*) vizsgálatok szerint a magyarországi erdőkben mintegy 377 millió tonna szén halmozódott fel, amely megfelel 1,2 milliárd tonna széndioxidnak. Hektáronként átlagosan 211 tonna szenet tárolnak erdeink, amelyből 75 tonna a faállományban, 135 t a talajban van.

Az erdei ökoszisztémáknak az üvegházhatást kifejtő gázok elnyelése, csökkentése révén számottevő a klímára gyakorolt hatása. Ez a hatás az ún. „túltartott korban", amikor a fanövedék visszaesik és az éves növedéknél nagyobb az elpusztult fák mennyisége és ezek lebomlása, már kedvezőtlenné és a szénelnyelés szempontjából negatívvá válhat. Környezetvédelmi szempontból sem indokolt tehát az erdők „összeomlását" kivárni.

A természetközeli erdőgazdálkodás és az erdei ökoszisztémák környezeti összefüggéseinek szabályozása

A hazai erdészeti kutatás közel két évszázados története folyamán vizsgálta azt, hogy miként lehet és kell az erdők faállományát szabályozni, mikor és milyen mértékben kell a faállományba beavatkozni annak érdekében, hogy az erdőgazdálkodás céljai megvalósuljanak. Országosan átfogó kutatás azonban csak az 1950-es években kezdődött és valójában az 1960-as években idult el a hosszúlejáratú kísérleti hálózat létesítése, amely az 1980-as években már közel 3000, minimálisan 1000 m^2-es parcellát foglalt magában az ország legjellemzőbb faállományaiban. A rendkívűl sokrétű kutatás bőséges felvételi adatra támaszkodott. Ennek köszönhetően korszerű erdőművelési irányelvek, fatermesztési, fatermési és erdőnevelési modellek készültek a hazai fő állományalkotó fafajokra.

Az erdei ökoszisztémák nemzetközi és hazai vizsgálatát a FAO is támogatta. A magyarországi erdőleltározás az elért kutatási eredményeket hasznosítva a korábbi faállomány adatokkal szemben lényegesen szélesebb körű adatsorokat szolgáltatott az erdei ökoszisztémák termőhelyi adottságaira, fafaj és korosztály szerinti összetételére, szerkezetére, valamint a bioprodukcióra és az egészségi állapotra vonatkozóan. Ezek ismertetése a terjedelmi okok miatt egy külön tanulmányban lehetséges, amely várhatóan az agroökoszisztémák NKFP zárójelentésében is szerepel.

A jövőbeni erdei ökoszisztéma kutatás kiemelt feladatai

Az erdő korszerű értelmezését figyelembe véve a jövőben az erdészeti kutatások fejlesztésének már az egész erdei ökoszisztéma alapulvételével kell a céljait, tematikáját és metodikáját kialakítani.

Az erdőgazdálkodás keretében az ember a létesítéstől a véghasználatig (vágáskorig) különböző időben, módon és mértékben avatkozik be az erdő életébe, amelynek a következményei nem csak a faállományra, hanem az *erdei ökoszisztéma egészére hatással vannak,* vagy lehetnek. Ezeket a komplex hatásokat ma még csak részben és nem kellő mértékben ismerjük.

Az ökológiai adottságok az erdőterületek jelentős részén változtak. Ennek függvényében kell módosítani a különböző erdei ökoszisztémák faállományának fafaj összetételét, felújításának és létesítésének módját és erdőnevelési irányelveit, eljárásait.

Vizsgálni kell a sokhasznú erdő és a multifunkcionális erdőgazdálkodás tartamosságát, amelyet a fenntarthatóság elnevezéssel illetve a korábbi ökonómiai célok mellet hangsúlyozottabban kell az ökológiaiakkal kiegészíteni.

Az erdők rendeltetésében jelentős hangsúlyváltozás ment végbe, a természet és környezetvédelmi funkció került az első helyre, amelyet a szociális-üdülési és a fatermelési követ. Vizsgálni kell, miként hat ez az erdei ökoszisztémákra.

További kísérleteket kell beállítani arra nézve, hogy miként oldható meg a különböző fafajú és adottságú erdei ökoszisztémák folyamatossága a véghasználati kor elérését követően, hol, milyen módon és mértékben terjeszthető ki a természetes felújítási eljárások alkalmazása.

A vadállományt az erdei ökoszisztéma szerves részének tekintve az eddigieknél szélesebb körben kell a vad és az erdő harmóniáját szolgáló kutatásokat végezni.

Az erdőgazdálkodás jövedelmezőségi igényeinek fennmaradása esetén (ami várható), meg kell oldani az erdők közcélú szolgáltatásainak anyagi (társadalmi, költségvetési) elismerését, mert csak ebben az esetben várható, hogy a jövőben az ökológia és az ökonómia kívánt összhangja megvalósul.

ÖKOTOXIKOLÓGIAI ÉS ROVARMONITOROZÁSI VIZSGÁLATOK AZ AGROÖKOLÓGIA SZOLGÁLATÁBAN

SZÉKÁCS ANDRÁS – FÓNAGY ADRIEN – FEKETE GÁBOR – SZENTKIRÁLYI FERENC – BERNÁTH BALÁZS

ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági területek és csatlakozó ökoszisztémák környezetanalitikai, ökotoxikológiai és populációdinamikai vizsgálata elengedhetetlen feltétele annak, hogy átfogó képet nyerhessünk az emberi tevékenység (ez esetben növénytermesztés) által érintett élőhelyek állapotáról, változásairól és egymással fenntartott – vagy fenn nem tartható – egyensúlyáról. Ilyen értelemben az ezirányú vizsgálatok az agroökoszisztémák állapotfelmérésének nélkülözhetetlen eszközei.

Az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetében folyó környezeti és ökotoxikológiai, valamint a mezőgazdasági rovarkártevőkkel kapcsolatos ökológiai monitorozási kutatások az agroökológia számos aspektusában adnak információt ezen értékeléshez. A vonatkozó ökotoxikológiai/környezetanalitikai vizsgálatok keretében idegen és szennyező anyagok műszeres analitikai (GC-MS) és immunanalitikai (ELISA) vizsgálatát végeztük az agroökológiai vizsgálatba bevont területekről vett felszínivíz-, talajvíz- és nyersivóvízmintákban. A vizsgálat célvegyületei potenciális vízszennyező tulajdonságú növényvédő szerek és ezek maradékai voltak, s a hároméves felmérés szerint a begyűjtött 348 vízminta 53%-a egy vagy több növényvédőszer-hatóanyag kimutatható mennyiségét tartalmazta. Ökotoxikológiai súlyukat is figyelembe véve a legjelentősebb vízszennyezők az *atrazine* és *acetochlor* gyomirtószer-hatóanyagok voltak, s vizsgálatok rámutattak egyes vízbázisok és földrajzi régiók fokozott pontszerű és diffúz szennyezéseire. Környezeti monitorozásra bioteszt/*bioassay* rendszereket dolgoztunk ki ismert vagy ismertelen eredetű idegen és szennyező anyagok detektálására, élő szervezetek vagy preparált szervek segítségével.

Az intakt tesztállatra gyakorolt élettani hatáson alapuló *in vivo* vizsgálatokra (biotesztekben) *Dysdercus cingulatus* (gyapotpoloska; Hemiptera) és *Mamestra brassicae* (káposzta-bagolylepke; Lepidoptera), a preparált szerveken (bélszakasz), illetve biokémiai komponenseken (szénhidrát- és lipidanyagcsere) alapuló *in vitro* vizsgálatokra *Blaberus craniifer* (chilei csótány; Dictyoptera) tesztállatot alkalmaztunk. A közösségszintű vizsgálatokban a rovarpopulációk földrajzi és időbeli eloszlását fény- és feromoncsapdákkal monitoroztuk, a rovarok faj- és életközösség-szintű, terület és időszak szerinti változásainak követésére. A vizsgálatok (a) az éves/szezonális változásokat, (b) betelepüléseket, valamint (c) hosszú távú populációdinamikai és biodiverzitási változásokat mérik fel.

Agrárterületeken az országos szintű felmérésben fénycsapdás monitorozási programban a dél-európai területekről észak felé migráló, invazív *Helicoverpa armigera* Hübner (gyapottok-bagolylepke; Lepidoptera) rovarfaj terjedését vizsgáltuk. A mezőgazdasági kártevőnek minősülő rovarfajt modellállatként tekintve megállapítottuk, hogy a faj egyedszáma az 1993-as megtelepedést követően 1995-ig folyamtosan emelkedett, ezután 1998-ig visszaesett, majd 2003-ig folyamatosan tovább emelkedett. A népességváltozások – klimatikus adatokkal egybevetve – igazolták, hogy a nagyobb, geográfiai léptékű kli-

matikus ingadozásoknak fontos szerepük lehet egyes rovarfajok területi fluktuációjában, valamint kiválthatják e rovarfajok korábban ezen népesség által nem érintett területeken történő megtelepedését is, jelentős új közösségszintű tényezőt képviselve a vonatkozó agroökoszisztémák ökológiai állapotában.

BEVEZETÉS

Az agroökológia a mezőgazdasági folyamatokat különböző életközösségek egymásra hatásának aspektusában vizsgálja, s a mezőgazdasági rendszer egészének stabilitását és optimalizálását elemzi az ökológia szemszögéből. Mindez nem csupán a mezőgazdasági rendszer gazdaságosságának és fenntarthatóságának gyakorlati összevetésében (*Altieri, 1987*) jelentős, hanem egyben a tájökológia részeképpen is, hiszen a mezőgazdasági környezetet nem csupán amiatt vizsgáljuk, vajon a mezőgazdasági tevékenység okoz-e benne tartós elváltozásokat/károkat, akár kémiai/biokémiai mutatók, akár egyes élő szervezetek, s akár különböző élő szervezetek együttese tekintetében, hanem azért is, mert a mezőgazdasági területek jelen vannak abban a makrokörnyezetben, amelyben élünk.

Adott biológiai rendszerről mint élőlények és élőhelyeik együtteséről az annak állapotában bekövetkező változások pontos követésével (*monitoring*) szerezhetünk információkat. A makrokörnyezet állapotfelmérése és nyomon követése részint környezetanalitikai, részint ökológiai/ökotoxikológiai vizsgálatokat foglal magába. Annak érdekében, hogy e monitorozási feladatnak eleget tehessünk, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetében korszerű környezetanalitikai és ökotoxikológiai laboratórium kiépítését kezdtük meg, s állítottuk konkrét környezetanalitikai vizsgálatok szolgálatába. A vizsgálatokat a kémiai/biokémiai környezet – egyes jelző (indikátor) szervezetek biokémiai/élettani mutatói – különböző fajok népessége (populációdinamika) aspektusból közelítettük meg, a vizsgálatokat is ilyen tematika szerinti csoportosításban ismertetjük.

KÖRNYEZETANALITIKAI VIZSGÁLATOK

A modern kémiai növényvédelem mintegy hetvenéves múltja és agrotechnikai sikerei mellett olyan riasztó tüneteket is szolgáltatott, melyek azt jelzik, hogy e vegyi anyagok használata jelentős, nem ritkán súlyos mértékben zavarja a környezeti egyensúlyt (*Székács, 1999*). A tény, hogy a kémiai növényvédelem nyomán ökológiai-ökotoxikológiai visszahatások fellépnek, korántsem meglepő. A növényvédő szerek többsége biocid, élő szervezeteket ölő (irtó) hatású vegyület, s mint ilyen, számos nem célzott fajban is kifejthetik hatásukat, amennyiben a vegyület biokémiai hatáshelye az illető fajban is megtalálható, a hatóanyag oda eljut, s a hatás nem hiúsul meg egyéb biokémiai folyamatok (pl. lebontás) révén. Napjainknak a növényvédő szerekkel kapcsolatos legsúlyosabb aggályait ezen vegyületek mutagén/karcinogén, immunmoduláns és endokrin zavaró hatásai jelentik. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a különböző ágensek akár kis dózisainak való többszörös és folyamatos kitettség gyakorlatilag átláthatatlanná teszi a következmények pontos feltárását, s így rendkívül megnehezíti a reális kockázatelemzést.

A fenti, humán- és ökotoxikológiai aggályokat színezik különféle környezetkémiai és -biokémiai vonatkozások. A termesztett növényeinkre kijuttatott növényvédő szerek jelentős hányada tudottan nem jut el a célzott hatáshelyére, hanem – elsodródás, kimosódás vagy más célt tévesztő effektus nyomán – növeli a környeztre gyakorolt kémiai terhelést, szennyezi a talajt és felszíni vizeinket, biológiai hatást fejt ki egyes, nem célzott szervezetekre, valamint folyamatos veszélyt gyakorol természetes vízbázisaink-

ra. E tényezők nyomán elengedhetetlenül szükségessé válik, hogy (a) újraértékeljük a jelenleg engedélyezett és alkalmazott növényvédő szereinket környezeti perzisztenciájuk és kockázataik szempontjából, valamint (b) pontos monitorozási vizsgálatokat végezzünk a potenciálisan vízszennyező tulajdonságú szereinkről felszíni vizeinkben. E sürgető igényt felismerve országos méretű, többéves felmérést készítettünk annak felderítésére, milyen helyi és nem pontszerű szennyezések tapasztalhatók felszíni vizeinkben és nyersivóvíz-készleteinkben. A felmérésben – korábbi környezeti állapotfelmérési adatokra támaszkodva (*Kárpáti et al., 1998*) – növényvédőszer-hatóanyagok analitikai, toxikológiai és felhasználási megfontolások alapján megválasztott körét vizsgáltuk.

Potenciálisan vízszennyező növényvédőszer-hatóanyagok vizsgálata

Az országos méretű vizsgálatsorozathoz a mintavételezést évente – a Növény- és Talajvédelmi Szolgálat munkatársaival együttműködve – végeztük el, és a gyűjtött vízmintákban kiválasztott, vízszennyező tulajdonságú növényvédőszer-hatóanyagok szintjeit műszeres (gázkromatográfiás–tömegspektrometriás, GC-MS) és immunanalitikai (enzimjelzéses *immunoassay*, ELISA) módszerekkel határoztuk meg. Az analitikai vizsgálatok célvegyületeiként szereplő növényvédőszer-hatóanyagokat (*acetochlor*, *atrazine*, *carbofuran*, *fenoxycarb*, *diazinon*, *metribuzin*, *phorate*, *prometryn*, *terbutryn* és *trifluralin*) fizikokémiai tulajdonságaik, analitikai kimutathatóságuk és korábbi környezeti felmérések tapasztalatai alapján választottuk meg. A műszeres analitikai vizsgálatokat megelőzően a mintákat szilárd fázisú extrakciós (SPE) eljárással készítettük elő (*Majzik-Solymos et al., 2001*), és a hatóanyagokat ioncsapdás GC-MS készülékben detektáltuk. Annak érdekében, hogy a műszeres analitikai módszer során elérhető elméleti visszanyerésekre nézve tovább jellemezzük, az egyes mintákhoz a mérés előtt hozzáadott standard vegyületen alapuló, az ún. belső standard módszert is alkalmaztuk, hiszen a mintaelőkészítési és analitikai mérési módszerben elérhető visszanyerés nem csupán a konkrét célvegyületek kimutathatóságának jellemzésével, de belső standard alkalmazásával is kalibrálható. E módszer előnye, hogy a belső standard akár valamennyi mintához hozzáadható, vagyis mintánként lehetővé teszi, hogy visszanyerési adatokat kapjunk, azonban a konkrét hatóanyagokkal mért visszanyeréseknél pontatlanabb értéket eredményez. Vizsgálatainkban – egy olasz kutatócsoporttal, a milánói Mario Negri Gyógyszerészeti Kutatóintézet (*Istituto di Richerche Farmacologiche Mario Negri*) Környezetegészségügyi Osztályának Környezeti Kémiai és Toxikológiai laboratóriumával közös, párhuzamos munkánk tapasztalataira támaszkodva – belső standardként a 2-klór-benzotiazol (CA RN 16,757-6) vegyületet választottuk (*Benfenati et al., 2002; Benfenati et al., 2003*).

A GC-MS vizsgálathoz valamennyi vizsgált hatóanyagra egységes protokollt optimalizáltunk. Kromatográfiás oszlopként a szerves vegyületek széles körének (alkoholok, aminok, aromás és alifás szénhidrogének, észterek, halogéntartalmú vegyületek stb.) elválasztására alkalmas, enyhén poláros tulajdonságú, 5% difenil-polisziloxánt és 95% dimetil-polisziloxán töltetet tartalmazó kapilláris oszlopot alkalmaztunk. Az alkalmazott gázkromatográfiás körülmények a következők voltak: injektor: 230 °C (izooktános oldat injektálva); oszlop: CP Sil8CB/MS 30 m × 0,25 mm × 0,25 μm, hőmérsékletprogram 120 °C (1 min) → 10 °C/min → 270 °C (14 min); detektor (ioncsapda): 270 °C. Ezen GC paraméterek mellett valamennyi vizsgált növényvédő szer hatóanyag egyetlen oszlopon és hőmérsékletprogram mellett elválaszthatónak bizonyult. Az optimalizált GC-MS vizsgálati körülmények között a vizsgált hatóanyagok

analitikai mintáival standard kromatogramokat vettünk fel, illetve koncentrációkalibrációt végeztünk.

Ezzel párhuzamosan egyes hatóanyagok immunanalitikai eljárását is kidolgoztuk, egyebek között a így az *acetochlor* (*Hegedűs et al., 2002*), a *fenoxycarb* (*Szurdoki et al., 2002; Dedos et al., 2002a, 2002b; Le et al., 2003; Székács et al., 2004*) és a *trifluralin* (*Hegedűs et al., 2000; Székács et al., 2004; Keresztes et al., 2004; Levkovets et al., 2004*) meghatározására. A felmérés során országszerte 90 mintavételi helyről háromféves futamidő alatt éves rendszerességgel, a mezőgazdasági növényvédő szeres kezeléseket megelőzően és azokat követően vettünk mintákat. A mintavétel során felszínivíz-, valamint nyers és tisztított (vezetéki) ivóvízmintákat vettünk. A mintavételi helyek megoszlását az 1. táblázat tartalmazza.

A vizsgálat során összesen 346 vízmintát gyűjtöttünk be a projekt 3 éve alatt (ebből 304 felszínivíz- és 44 ivóvízmintát – utóbbiak zöme tisztítás előtti nyers ivóvíz volt), ezen felül a vizsgálatokhoz analitikai tisztaságú (membránszűrt és ioncserélt ultratisztaságú) vízmintákat (2 db) alkalmaztunk negatív kontrollként.

A felmérés eredménye azt mutatta, hogy a projekt teljes ideje alatt a begyűjtött vízminták több mint fele (53%) egy vagy több növényvédőszer-hatóanyag kimutatható mennyiségét tartalmazta, de volt olyan év is, amikor a vízminták túlnyomó részében (108 mintából 98 esetben, 90,7%) találtunk szermaradékot. Utóbbin belül az egyes hatóanyagok a következő megoszlást mutatták: *atrazine* 44%, *diazinon* 65%, *acetochlor* 31%, *prometryn* 18% és *terbutryn* 3%. *Trifluralin*, *carbofuran*, *metribuzin*, *phorate* és *fenoxycarb* hatóanyagokat ezzel szemben nem találtunk a vízmintákban.

A szermaradék(ok) szintjeinek figyelembevételével elmondható, hogy mintavételi helyek 35,2%-ában volt a maradék hatóanyag szintje 0,1 ng/ml fölött, 15,6%-ában 1 ng/ml fölött, és 2,2%-ában 10 ng/ml fölött. A szennyezési helyek földrajzi eloszlásáról elmondható, hogy a legsúlyosabb – riasztóan magas – (>10 000 ng/l) szennyezések egyértelműen pontszerűek, és vélhetőleg nem mezőgazdasági, hanem ipari eredetűek, míg az enyhe szennyezések egyenletesebb eloszlást mutatnak, vélhetően nem pontszerűek, és folyamatos környezeti terhelést jelentenek. A helyzetet súlyosbítja, hogy egyes mintákat gyakorta több hatóanyaggal szennyezettnek is találtunk. A fenti, többségükben 0,1–1 ng/ml szennyezési szintek ökotoxikológiai értelemben riasztóak, hiszen – a vizsgálatok tanúsága szerint – permanens környezeti terhelést jelentenek, az aggály mértékét csökkenti azonban az a tény, hogy szintjük szerencsére alig magasabb az EU ivóvízszabványban meghatározott 0,1 ng/ml értéknél, s a felszíni vizekre megszabott határértékek alatt maradnak. Az *acetochlor* és *atrazine* hatóanyagok okozta szennyezések ugyanakkor esetenként a riasztó 2–3 ng/ml koncentrációszintet is elérték, s két pontszerű szennyezőforrás körzetében mindkét hatóanyag messze fölötte volt a lehetséges mezőgazdasági eredetű szennyezési szinteknek: az e helyeken a felszíni vizekben tapasztalt 16–47 ng/ml szennyezési szint komoly környezeti és humántoxikológiai aggályokat is felvet. Szintén releváns információ, hogy a Dunában és az abból származó nyers ivóvízben – EU határérték alatti – *acetochlor* szennyezést is kimutattunk (*Darvas – Székács, 2002*), melynek eredetével kapcsolatban nehéz konkrét okot találni: a környéken jelentős *acetochlor* felhasználással járó mezőgazdasági technológiát nem végeznek.

BIOTESZT/BIOASSAY MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA KÖRNYEZET MONITOROZÁSÁRA

Elméleti háttér, módszerek, lehetséges alkalmazásuk kidolgozása

Az élő szervezetek egységes belső egyensúly megteremtésére és annak folyamatos megőrzésére törekszenek. Ez az állandósult

állapot – vagy ún. homeosztázis – az idegés endokrin rendszer kölcsönhatásának következménye, fiziológiai és biokémiai folyamatok komplex koordinációjának eredménye. A rovarok homeosztázisának, fejlődésének és valamennyi életfunkciójának hátterében ténylegesen a neurohormonok állnak, melyeket az idegi eredetű neuroszekréciós sejtek termelnek. A rovarok, más élő szervezetekhez hasonlóan sokféle élettani és viselkedési mechanizmust fejlesztettek ki, hogy megfeleljenek a biotikus és abiotikus környezeti kihívásoknak és azokra megfelelően reagáljanak. Az élet egyik sajátossága, hogy a szervezetek – igaz, különböző mértékben (szinten) – képesek „előrejelzéseket" készíteni a várható körülményekről és úgymond felkészülni azokra mind élettanilag, mind viselkedésileg. Az egyik „előrejelző" mechanizmus lehet az ún. „tanulás", ami egyfajta ok-okozati összefüggések alapján alakul ki és bizonyos tapasztaláson nyugszik. Az abiotikus világról szóló előrejelzések olyan tényeken alapulnak melyek mindig adottak és ismétlődnek (a Föld geofizikai ritmusa, a Hold Föld körüli mozgása, a Föld évenkénti útja a Nap körül). A megfelelő táplálék mennyisége, a predátorok vagy parazitoidok jelenléte vagy a fajon belüli egyedsűrűség pedig a biotikus környezet sajátja, amit szintén igen precízen érzékelnek az állatok és természetesen a rovarok is. Természetes környezetben szükség van az „előrejelzésekre", hogy az élő szervezetek felkészülhessenek és finom ráhangolódással a megfelelő időben a legoptimálisabb élettani, viselkedési választ adhassák. A fokozatosság biológiai értelemben mindenképpen célszerűbb – és természetesen ez az elterjedt –, de nagyon sok azonnali vagy viszonylag gyors (egy-két óra) válaszadási képességgel is rendelkeznek a rovarok. A természetben előforduló ingerekre történő válaszadási képességét – azaz a homeosztázisra való törekvését – használják ki a laboratóriumi rovar*bioassay* módszerek (biotesztek), melyek sztandardizálhatók, sta-tisztikailag értékelhetők (*Miller, 1980*). Az alábbiakban röviden összefoglaljuk ezeket, kiemelve az általunk leggyakrabban használtakat.

In vivo bioassay módszerek:

Az *in vivo bioassay* eljárások röviden az alábbi „kezeléseket" foglalhatják magukba:

- abiotikus tényezők megváltoztatása (hőmérséklet, fényviszonyok, páratartalom stb.);
- biotikus tényezők megváltoztatása (táplálék, fajtársak jelenléte, parazitoidok stb.);
- különféle kezelések (topikális, kontakt, etetés/itatás, injektálás stb.) alkalmazása, akár különböző fejlődési stádiumokban.

In vitro bioassay módszerek:

Az *in vitro* bioassay eljárások igen sokfélék lehetnek. Leggyakoribbak az izolált szervek, szervrendszerek, ahol optimális rovarringereket használva szerv/szövetfürdőket készítünk, ismert vagy ismeretlen anyagot adagolunk a fürdőbe és nyomon követjük a biokémiai vagy egyéb élettani változásokat. Jórészt az *in vitro bioassay* módszerek tökéletesedésnek eredményeképpen ma már több száz, a rovarok életfunkciójának regulátorát – neuropeptidet – izoláltak. Ezen vizsgálatok eredményei még további célokat is szolgálnak:

- segítenek a rovarok alapvető életfunkcióinak, élettanának tisztázásában, az alacsonyabb és magasabb rendű szervezetek közötti hasonlóságok és különbségek feltárásában, valamint evolúciós trendek felállításában;
- útmutatást nyújtanak pl. a rovarok elleni specifikus védekezés kidolgozásához (stabil, nem peptidtermészetű mimetikumok tervezéséhez, szintetizálásához, megfelelő időben történő alkalmazásához, vagy olyan ágensek kifejlesztéséhez, melyek rovar/csoportspecifikus folyamatokba avatkoznak).

Ezek a módszerek a gerinces farmakológiában mindennaposak, és a gyógyszer tervezés–kutatás alapját képezik. A rovarélet-

tanban, illetve a környezetkímélő, növényvédelmi indíttatású kémiai és/vagy biotechnológiai úton történő beavatkozások területén egyre inkább elterjednek és egyre többféleket dolgoznak ki és alkalmaznak. A *rovarbioassay* módszerek a fent leírt sokfélesége és érzékenysége alapján nagyon jól használhatók ismert vagy ismeretlen eredetű idegen és vagy szennyező anyagok hatásainak kimutatására és ökotoxikológiai vizsgálatára környezeti mintákból, így az agroökológia és -ökotoxikológia metodikájában is alkalmazhatók. A projektben három különböző rovar*bioassay* módszert választottunk kidolgozásra és alkalmazásra.

Módszerek kiválasztása és kidolgozása

In vivo bioassay módszerek:

Az egyik *in vivo bioassay* eljáráshoz a *Dysdercus cingulatus* (gyapotpoloska; Hemiptera) elterjedten használt laboratóriumi kísérleti poloskafajt választottuk (*Bélai – Fekete, 2003*). Ez a faj fejlődése során öt lárvastádiumon keresztül éri el az imágóállapotot (kifejlés). Az egymást követő vedlések szigorú endokrin szabályozás alatt állnak, mely folyamat sokféleképpen megzavarható (pl. hormonanalógokkal/mimetikumokkal, különféle hatásmechanizmusú és támadáspontú növényvédőszerekkel stb.). A kontroll és „kezelt" állatok fejlődése, illetve megfigyelt fejlődési rendellenességei vagy mortalitása sokszínű tájékoztatást ad, így felléphet lassúbb fejlődés, számfeletti lárvastádium, vedlés közbeni pusztulás (1. ábra), csökkent fekunditás az imágóknál, torz imágók (2. ábra) stb. A környezeti vízminták káros környezeti hatásának vizsgálatára jelen esetben az itatóvízbe történő keverést (vagy közvetlen alkalmazást) választjuk a kelést követően.

A másik *in vivo* bioassay célállata a *Mamestra brassicae* (Lepidoptera), a káposzta-bagolylepke – egyébként jelentős hazai kártevő – kifejlett nőstényei vagy hímjei (*Fónagy et al., 2002*). Ebben az esetben ún. injektálásos vizsgálatokat végzünk, és megvizsgáljuk, hogy a testfolyadék (hemolimfa) két legfontosabb „jellemzője" a trehalóz- (hemolimfában keringő mobilizált cukorfajta rovarok esetében) és lipidtartalma megváltozik-e a bejuttatott vízminták hatására. Ismert tény ugyanis az, hogy ezen jellemzők koncentrációja kontroll körülmények között egy jól definiálható alapértéket mutat (méréseink alapján a normál trehalózszint 40 ± 10 μg/μl, míg a trigliceridszint 55 ± 10 μg/μl körül mozog). A lipidháztartásra, valamint glikogén-/trehalózháztartásra ható neuropeptidek (vagy analógok) jelentős csökkenést/növekedést okoznak a kezeléseket követő 60–90 percben. A kontroll víz, valamint ismeretlen szennyeződést tartalmazó víz hatásait is hasonlóképpen vizsgáljuk. Az injektálást (10 μl vizsgálandó minta) követően 90 perc elteltével mikrokapillárissal mintát vettünk a hemolimfából és az alábbi méréseket végeztük el.

- Trehalóztartalom-meghatározás: A hemolimfamintát tömény kénsavval készítjük elő és anthronreagens módszerrel (*Holwerda et al., 1977*) határozzuk meg spektrofotométerrel, 585 nm hullámhosszon. (A kalibrációs görbe D(+) trehalózból készíthető).
- Lipidtartalom-meghatározás: A hemolimfából tömény kénsavval előállított mintákat foszfovanillin módszerrel (*Holwerda et al., 1977*) spektrofotometriásan mérjük, 536 nm hullámhosszon. (A kalibrációs görbét trioleinnel készítjük.)

Pozitív kontrollként mindkét teszt esetében ismert szerkezetű és hatású rovarneuropeptidet használunk. Vizsgálatunk célja, hogy az ismeretlen eredetű vízminta rendelkezik-e valami olyan élettani hatással, ami ily módon „srtesszhelyzetet" vagy annál még súlyosabb hatást eredményez a rovarban. A fenti bioassay (*M. brassicae*) esetében hangsúlyozni szükséges, hogy a módszer lényege az, hogy egyetlen állatból tudunk többféle – a homeosztázis állapotot jellemző – adatot nyerni.

In vitro bioassay módszerek:

Az egyik leggyakrabban használt *in vitro assay* a „mioaktivitás *bioassay*", amit izolált csótányutóbélen szokás végezni. Általában neuropeptidek (vagy mimetikumok) farmakológiai jellegű tesztjénél szokás alkalmazni. A fiziológiás ringerben rögzített, spontán kiegyensúlyozott összehúzódással/elernyedéssel mozgó bélszakasz több órán keresztül megbízhatóan alkalmas bármilyen vízben oldódó anyag hatásának vizsgálatára. Erre a biotesztre *Blaberus craniifer* (chilei óriáscsótány) tesztállatból utóbélizom-preparátumot készítünk (*Cook – Holman, 1978*), és rögzítjük a mikromozgást érzékelő transzducerhez, mely jelet felerősítünk és rögzítjük (3. és 4. ábrák). A kiértékelés alapjául a mozgás frekvenciájának, amplitúdójának, valamint az alapvonal tónusának változása szolgál. A bioassay során az utóbélre gyakorolt serkentő (mioaktivációs, miotropikus) és gátló (mioinhibitor) hatás egyaránt felléphet. A rendszerben hígítási sorban hatékony koncentrációküszöb is megadható.

Alkalmazások előkészítése, kitekintés

A környezeti vízmintákat a megfelelő előkészítéseket követően (minták koncentrálásával) egyszerre több *bioassay* módszerben tudjuk megvizsgálni, melynek eredményeképpen képet nyerhetünk arról, hogy azok milyen élettani biokémiai hatást/változást képesek kiváltani a tesztszervezetekben. A kapott eredményeket minden esetben összevetjük az adott vízanalitikai eredményekkel.

KÖRNYEZETI HATÁSOK ÉS A ROVAROK POPULÁCIÓDINAMIKÁJA

Az ökológiai monitorozások közül különösen fontosak azok, amelyek egy-egy élőlénynek, vagy élőlénycsoportnak a populáció- vagy közösségszintű mennyiségi jellemzőit mintavételezik, követik nyomon folyamatosan a környezeti változások függvényében. Ezen fajok népességdinamikájának a monitorozására rendszerint azért van szükség, mert vagy természetvédelmi értékkel (pl. ritkák) bírnak, vagy valamilyen környezeti változás (pl. vízminőség, szennyezések) kellően érzékeny indikátorai, esetleg gazdasági szempontból szükséges a megfigyelésük (hasznos vagy károsító szervezetek). Az ilyen monitorozandó szervezetek közé tartoznak a rovarok is. A gyors szaporodásuk és rövid életciklusuk, a gyakran nagy populációméreteik, a sokféle élőhelyen történő előfordulásuk, változatos életmódjuk és eltérő érzékenységi és toleranciahatáraik miatt jól mérhetően, és viszonylag rövid időn belül reagálnak a számukra kedvező, illetve kedvezőtlen környezeti változásokra. A gyakorlat szempontjából fontos kártevő rovaroknak és ezek természetes ellenségeinek a monitorozása emellett elengedhetetlen a rövid és hosszú távú növényvédelmi előrejelzések készítéséhez is. Ugyanakkor az agroökoszisztémákban számos környezeti faktor hat a rovarok populációdinamikájára, a kultúrnövények állományaiban szerveződő táplálkozási hálózatok szerkezetére. Ilyen környezeti változók lehetnek például a szezon folyamán az agrotechnikai beavatkozások, növényvédelmi kezelések, a termesztett növény – mint táplálékforrás – tulajdonságai, a talaj jellemzői, vagy az időjárási–klimatológia elemek ingadozásai. Ezek külön-külön, de együttesen is befolyásolhatják a rovarok időbeli és térbeli populációdinamikai folyamatait, amelynek következtében a kártevők tömegszaporodásai (gradációk) léphetnek fel, vagy megváltozik a kártevő státusza (másodlagosból fő kártevővé lép elő).

A klíma és a rovarpopulációk időbeli–térbeli változásai

Napjainkban a globális változások közül a klímaváltozás esetleges agrárökológiai hatásainak monitorozása kiemelkedő jelen-

tőségű, különös tekintettel a kártevő rovarokra. A klímaváltozással kapcsolatos jövőbeli forgatókönyvek kidolgozásával, a lehetséges trendekkel hazánkban is számos cikk foglalkozott (*Mika, 1988, 2002; Pálfai et al., 1999*). A vizsgálatok eredményei növekvő átlagos hőmérsékletet (főleg nyáron), a csapadékhozamok csökkenését (aszályos évek) és évi eloszlásának változását, valamint a szélsőséges időjárási események gyakrabbá válását valószínűsítik a jövőbeli klímaváltozással kapcsolatban. A klímaváltozás forgatókönyveinek várható regionális hatásai nyomán eltűnhetnek/megváltozhatnak a rovarok élőhelyei, tápnövényei, természetes ellenségei, ugyanakkor újabb, kedvezőbb élőhelyek is megjelenhetnek. Mindez egyes fajok számára visszaszorulást, másoknak a kedvezőbb életfeltételek mellett térbeli terjeszkedési lehetőséget, jelentős populációnövekedést nyújthat. Az elmúlt húsz év során egyre több tudományos közlemény foglalkozik a globális felmelegedés hosszú távú hatásaival a mezőgazdasági kártevő rovarokkal kapcsolatosan úgy külföldön (pl. *Porter et al., 1991; Harrington – Woiwod, 1995*), mint hazánkban (*Kozár et al., 2004; Vörös, 2002*). A rovaroknak a Kárpát-medencében tapasztalható klimatikus gradációjára többen felhívták a figyelmet (*Čamprag, 2002; Szeőke – Vörös, 2001; Szentkirályi et al., 1995, 1998*). Ugyanakkor a felmelegedéssel összefüggésben egyes rovarkártevők bevándorlásaival, területhatárainak északabbra terjedésével is számolni kell (*Kozár – Nagy Dávid, 1986; Kozár et al., 2004; Camprag et al., 2004; Stollár et al., 1993*). E vizsgálatok dokumentálták, hogy az elmúlt húszéves periódusban számos melegkedvelő ízeltlábú állatfaj jelent meg hazánkban főként Dél-Európa felől, közöttük nem egy kártevő rovarfaj megtelepedett, elterjedt és felszaporodott az országban (*Kozár et al., 2004*). A mezőgazdasági és erdészeti ökológiának kiemelt feladata a kártevő rovarok populációdinamikáját módosító nagy térléptékű és hosszú időtávú folyamatoknak a jövőbeli vizsgálata, az eredmények előrejelzésben való hasznosítása.

Kártevő rovarok fénycsapdás monitorozása agrárterületeken

Számos mintavételi módszer létezik a rovarpopulációk időbeli és térbeli változásainak nyomon követésére, azaz monitorozására. Egy használható monitorozáshoz térben számos ponton, időben pedig kellő sűrűségben kell ugyanazon módszerrel mintákat venni, azokat egységes metodika szerint feldolgozni és szinoptikusan értékelni. Magyarországon az 1950-es évek végén egy rovargyűjtő fénycsapdahálózatot építettek ki, amely a mai napig szolgáltat adatokat számos fontos kártevő rovarfajról (*Szentkirályi, 2002*). A fénycsapdahálózatunk teljesen megfelel a monitorozás kritériumainak (pl. kellően nagyszámú mintavételi pont: mintegy 60 állomás; kellően sűrű, napi mintavétel a szezon folyamán; sokéves adatsorok ugyanazon fajokról; központilag előírt, egységes mintafeldolgozás). Ennek nyomán számos mezőgazdasági és erdőgazdasági szempontból fontos rovarfajról vannak több mint négy évtizedes, az ország egész területére vonatkoztatható populációdinamikát jellemző fogási idősorok (*Szentkirályi et al., 1995, 1998*). Mindez jó lehetőséget nyújtott arra, hogy az NKFP projekt keretében elemezzük e hosszú távú adatsorokat, különös tekintettel a klimatikus és egyéb környezeti változások szerepére néhány fontos invazív rovarfaj hazai elterjedésében. Ehhez 53 fénycsapdaállomás többéves napi adatsoraiból képzett abundanciaértékeket, valamint az átlagos hőmérsékleti és csapadékviszonyokat jól jellemző Pálfai-féle aszályindexet (*Pálfai et al., 1999*) idősoranalitikai eljárások keretében alkalmaztuk.

A gyapottok-bagolylepke országos léptékű monitorozása, mint esettanulmány

A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner) melegkedvelő rovar, amely az európai mediterrán területekről (főként a balkáni térségből) rendszertelen

időközökben, északra migrál és így a Kárpát-medencében is megjelenik. A faj elterjedési területe igen nagy: Eurázsia, Afrika, Ausztrália tropikus-szubtropikus klímájú térségein található meg, valószínű több alfajból áll. Erősen polifág lepkefaj, több mint 120 tápnövénye ismert. Kártétele azért jelentős, mert a lárvák rendszerint a növények generatív szerveit (virágbimbókat, virágokat, fiatal zöld terméseket), hajtásvégeit, fiatal leveleit fogyasztják. Hernyói rendkívül súlyos károkat okoznak számos kultúrnövény állományaiban. Olyan fontos tápnövényei vannak, mint a szántóföldi növények (kukorica, napraforgó, dohány, lucerna, cukorrépa), zöldségfélék (paprika, paradicsom, zeller, brokkoli stb.), pillangósok, dísznövények (gerbera, gladiólusz, szegfű stb.), gyümölcsfélék. De ezenkívül számos gyomon (pl. *Amaranthus* fajok), vagy vadonélő növényeken is rendszeresen megtalálhatók lárvái. Monitorozása ezért különösen indokolt, hiszen az EPPO előírás szerint hazánkban is zárlati kártevőnek számított. A populációit világszerte feromon- és fénycsapdák használatával monitorozzák.

Hazánkban ennek az alkalomszerűen bevándorló lepkének tömeges előfordulására és ennek nyomán kártételére az 1990-es évekig csak igen ritkán került sor, inkább csak kevés bevándorló példányát lehetett észlelni (*Kozár et al., 2004*). 1951-ben gyapoton, 1986-ban a Duna–Tisza-közén csemegekukoricán és dohányon észlelték (*Szeőke – Dulinafka, 1987*). Utoljára nagyobb példányszámmal 1993-ban jelent meg, de az azóta eltelt tíz év alatt folyamatosan jelen van hazánkban (1. ábra). E meleg és száraz klímát kedvelő lepkefaj a tapasztalat szerint a hazai hidegebb teleket korábban nem volt képes átvészelni, azonban a kilencvenes évek során úgy tűnik, hogy képes áttelelni és megtelepedni (*Hoffmann et al., 2004*). Ezt elősegíthette az, hogy az 1993-tól megerősödött bevándorlással olyan nagyobb populációi érkeztek hazánkba, amely lehetővé tette hidegtűrő populációk szelektálódását, másrészt a fólia alatti, üvegházi növénytermesztés szintén hozzájárult az átteleléshez. A nyári felszaporodásához pedig az utóbbi 5–6 év forró, száraz tenyészidőszaka volt igencsak kedvező. A kilencvenes évek közepére – különösen az alföldi térségben – évi legalább 3 generációt produkálva jelentősen felszaporodott és számos növénykultúrában komoly károkat okozott a gyapottok-bagolylepke, különösen a 2003-as év volt igen kritikus ebből a szempontból (*Hoffmann et al., 2004*).

A *Helicoverpa armigera* imágói a fényre jól repülnek, így fénycsapdázással a populációváltozásai jól nyomon követhetők. Az agrárterületi csapdák közül legalább 30, az erdészeti csapdák közül pedig mintegy 20 olyan mintavételi hellyel számolhatunk, ahol a *H. armigera* populációi kimutathatók voltak az elmúlt évek során. A fénycsapdák a gyűjtött egyedek számáról napi alapadatokat szolgáltattak az évek folyamán április elejétől október végéig, amely időszak lefedi a gyapottok-bagolylepke rajzásait.

A fénycsapdák gyűjtései jól tükrözik országos szinten a *H armigera* populációinak a növekedését 1995-ig és csökkenését 1998-ig, majd ezt követően ismét a populációk növekedését 2003-ig (5. ábra). Az ábra szerint az 1993. év még a megtelepedés éve volt, csupán az ország déli részében lévő csapdákban volt magasabb a fogás szintje. Egy év elteltével már a Nagyalföld túlnyomó részén, valamint Baranya, Tolna és Fejér megyékben is megemelkedett a populációk létszáma a fénycsapdás mintavételek szerint. A legjelentősebb kártételek és ennek megfelelően a legnagyobb fénycsapdás fogások 1995–96 években léptek fel. Ezekben az években a Nyírség, az Északi-középhegység, az Alpokalja, valamint Zala megye kivételével mindenfelé károsított ez a faj. 1997–98 években, bár az országos térbeli elterjedése nem változott, de a fogási szintek csökkenése azt jelezte, hogy a *H. armigera* populációi visszaszorulóban voltak. Azonban 1999-től a gyapottok-bagolylepke népessége a legtöbb helyen ismételt növekedésnek indult, amely jelezte, hogy továbbra is számolhatunk kár-

tételeivel. Ezt – különösen az alföldi térségben – az utóbbi két évben az újabb jelentős kártételek igazolták (*Szeőke, 2003; Szeőke – Vörös, 2001; Vörös et al., 1997*). A fénycsapdahálózat fogásai bebizonyították, hogy a viszonylag nagyszámú mintavételi állomás révén ezen invazív fajnak nemcsak időbeli, hanem térbeli (regionális vagy országos léptékben) változásait is jól nyomon követhetjük, ezzel az előrejelzést segíthetjük. A lepke térbeli elterjedését és abundanciájának relatív nagyságát jól mutatja a 6. ábra, amelyen az elmúlt 11 év átlagos fénycsapdás fogásainak nagyságát tüntettük fel minden egyes állomásra vonatkozóan. Látható, hogy a faj elsősorban a melegebb klímájú Alföldön, különösen annak déli régiójában, valamint a Mezőföldön szaporodott fel leginkább, a mintavételek szerint. Ezzel a képpel teljesen összhangban voltak az országos szintű kártételek is.

A korábbi Kárpát-medencei előfordulásai egybeestek a meleg nyarú, száraz, aszályos évekkel, továbbá egyedszámai határozottan emelkedő trendet mutatnak (*Kozár et al., 2004; Szabóky – Szentkirályi, 1995*). Az is kimutatható volt, hogy a gyapottok-bagolylepke hazai bevándorlásainak éveiben a természetes elterjedési területein számos mediterrán klímájú dél-európai országban tömegesen elszaporodott, gradációk léptek fel, és ezekből nagyobb populációrészek vándoroltak északi irányba (*Szabóky – Szentkirályi, 1995*). Mindez arra utal, hogy a nagyobb, geográfiai léptékű klimatikus ingadozásoknak fontos szerepük lehet egyes rovarfajok területi fluktuációjában. A faj tíz évi folyamatos jelenléte – amely nemcsak hazánkban, de számos a térségünkben lévő országban volt tapasztalható – arra utal, hogy e kártevő lepkefaj nagy valószínűséggel megtelepedett Közép-Európában, így populációdinamikájának további nagy térléptékű monitorozása erősen indokolt. A gyapottok-bagolylepke migrációi és kártételei jelzik, hogy az enyhe telek által kiváltott, déli fajokra jellemző északra terjedés mellett, az egymást követő forró nyarak mediterrán, migráló fajok felbukkanását és esetenként megtelepedésüket is kiválthatják.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) ALTIERI, M. A. (1987): Agroecology: The scientific basic of alternative agriculture. Westview Press; London. (2) BENFENATI, E. – PORAZZI, E. – BAGNATI, R. – FORNER, F. – PARDO MARTINEZ, M. – FANELLI, R. (2003): Organic tracers identification as a convenient strategy in industrial landfills monitoring. *Chemosphere*, 51: 677–683. pp. (3) BENFENATI, E. – PORAZZI, E. – PARDO MARTÍNEZ, M. – SZÉKÁCS A. (2002): Analisi chimica di inquinanti in discariche e siti contaminati, per la valutazione del rischio e la regolamentazione dei materiali conferiti. *Convegno: Le tre giornate del controllo ambientale* (Milano, Italy, Oct 2002). (4) BÉLAI I. – FEKETE G. (2003): Effects of anti-ecdysteroid quaternary derivatives of azole analogues of metyrapone on the post-embryonic development of the red cotton bug (*Dysdercus cingulatus* F). *Pest. Manag. Sci.*, 59: 401–409. pp. (5) CAMPRAG, D. (2002): Krajem XX veka – skakavci se ponovo masovno javljaju u Evropi i Aziji. *Biljni lekar*, 30: 114–122. pp. (6) CAMPRAG, D. – SEKULIC, R. – KERESI T. – BACA, F. (2004): Corn Earworm (*Helicoverpa armigera* Hübner) and Measures of Integrated Pest Management. Novi Sad, Feljton. 183. p. (7) COOK, B. J. – HOLMAN, G. M. (1978): Comparative pharmacological properties of muscle functions in the forgut and hindgut of the cockroach, *Leucophaea maderae*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 61C: 291–295. pp. (8) DARVAS B. – SZÉKÁCS A. (2002): A növényvédőszer-maradékok előfordulása felszíni, talaj- és nyers ivóvizekben. *A Rák Ellen, az Emberért, a Holnapért Alapítvány Szimpóziuma*, Vác–Salgótarján–Budapest. (9) DEDOS, S. G. – SZURDOKI F. – SZÉKÁCS A. – SHIOTSUKI, T. – HAMMOCK, B. D. – SHIMADA, J. – FUGO, H. (2002a): Fenoxycarb levels and their effects on general and juvenile hormone esterase activity in the haemolymph of the silkworm, *Bombyx mori*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 73: 174–187. pp. (10) DEDOS, S. G. – SZURDOKI F. – SZÉKÁCS A. – MIZOGUCHI, A. – FUGO, H. (2002b) Induction of dauer pupae by fenoxycarb in the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect*

Physiol., 48,: 857–865. pp. (11) FÓNAGY A. – MARCO, A. H. – GÄDE, G. (2002) Myotropic and metabolic neuropeptides from the pest species, *Mamestra brassciae* (Noctuidae, Lepidoptera). *21st Conf. of Eur. Comp. Endocrinologists*, Bonn, 26–31 Aug. Abs. Vol. 101. p. (12) HARRINGTON, R. H. – WOIWOD, I. P. (1995): Insect crop pests and the changing climate. *Weather*, 50: 200–208. pp. (13) HEGEDŰS GY. – BÉLAI I. – SZÉKÁCS A. (2000): Development of an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the herbicide trifluralin. *Anal. Chim. Acta*, 421: 121–133. pp. (14) HEGEDŰS GY. – KRIKUNOVA, V. – BÉLAI I. – EREMIN, S. – SZÉKÁCS A. (2002): An enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of acetochlor. *Int. J. Envir. Anal. Chem.*, 82: 879–891. pp. (15) HOFFMANN É. – GÁSPÁR I. – GARAI A. – GABI G. – TATÁR ZS. – TÓTH M. – KOBZA S. – SZALKAI, G. (2004): A gyapottok-bagolylepke elterjedése és kártétele hazánkban. *Agrofórum*, 15: 85–88. pp. (16) HOLWERDA, D. A. – VAN DORN, J. – BEENAKKERS, A. M. T. (1977): Characterization of the adipokinetic and hyperglycemic substances from the Locust Corpus Cardiacum. *Insect Biochem.*, 7: 151–157. pp. (17) KÁRPÁTI Z. – GYŐRFI L. – CSANÁDY M. – KÁROLY G. – KRÓMER I. (1998): Ivóvizek növényvédő szer szennyezettsége. *Egészségtudomány*, 42(2): 143–152. pp. (18) KERESZTES ZS. – KÁLMÁN E. – ERNST A. – SZÉKÁCS A. (2004): Atomierő mikroszkóp alkalmazása OWLS alapú immunszenzor felületének vizsgálatára. *Biokémia*, XXVIII: 2–4. pp. (19) KOZÁR F. – NAGY DÁVID A. (1986): The unexpected northward migration of some species of insects in Central Europe and the climatic changes. *Anz. Schädlingskde. Pflanzenschutz Umweltschutz*, 59: 90–94. pp. (20) KOZÁR F. – SZENTKIRÁLYI F. – KÁDÁR F. – BERNÁTH B. (2004): Éghajlatváltozás és a rovarok. *„AGRO-21" Füzetek*, 33: 49–64. pp. (21) LE, H. T. M. – SZURDOKI, F. – SZÉKÁCS, A. (2003): Evaluation of an enzyme immunoassay for the detection of the insect growth regulator fenoxycarb in environmental and biological samples. *Pest Manag. Sci.*, 59: 410–416. pp. (22) LEVKOVETS, I. – ADÁNYI N. – TRUMMER, N. – VÁRADI M. – SZENDRŐ I. – STARODUB, N. F. – SZÉKÁCS A. (2004): Development of optical (OWLS) immunosensors for macromolecules. *Biokémia*, XXVIII: 7–15. pp. (23) MAJZIK-SOLYMOS E. – VISI É. – KÁROLY G. – BEKE-BÉRCZI B. – GYŐRFI L. (2001): Comparison of extraction methods to monitor pesticide residues in surface water. *J. Chromatogr. Sci.*, 39(8): 325–331. pp. (24) MILLER, T. A. (Ed.) (1980): Neurohormonal Techniques in Insects. Springer-Verlag, New York–Heidelberg–Berlin. (25) MIKA J. (1988) A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás*, 92: 178–189. pp. (26) MIKA J. (2002): A globális klímaváltozásról: Egy meteorológus kutató szemszögéből. *Fizikai Szemle*, 52: 258–268. pp. (27) PÁLFAI I. – BOGA T. L. – SEBESVÁRI J. (1999): Adatok a magyarországi aszályokról 1931–1998. In: Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok, Szalai, S. – Dunay, S. (Szerk.), OMSZ, Budapest, 67–91. pp. (28) PORTER, J. H. – PARRY, M. L. – CARTER, T. R. (1991): The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agric. Forest. Meteorol.*, 57: 221–240. pp. (29) STOLLÁR A. – DUNKEL Z. – KOZÁR F. – SHEBLE, D. A. F. (1993): The effects of winter temperature on the migration of insects. *Időjárás*, 97: 113–120. pp. (30) SZABÓKY CS. – SZENTKIRÁLYI F. (1995): A gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner 1808) szezonalitása az erdészeti fénycsapdák gyűjtése alapján. *Növényvédelem*, 31: 267–274. pp. (31) SZÉKÁCS A. (1999): A növényvédőszerek kockázatai. *Magyar Tudomány*, 1999, 38–49. pp. (32) SZÉKÁCS A. – LE, H. T. M. – SZURDOKI F. – HAMMOCK, B. D. (2003): Optimization and validation of an enzyme immunoassay for the insect growth regulator fenoxycarb. *Anal. Chim. Acta*, 487: 15–29. pp. (33) SZÉKÁCS A. – TRUMMER N. – ADÁNYI N. – VÁRADI M. – SZENDRŐ I. (2003): Development of a non-labeled immunosensor for the herbicide trifluralin *via* OWLS detection. *Anal. Chim. Acta*, 487: 31–42. pp. (34) SZENTKIRÁLYI F. (2002): Fifty-year-long insect survey in Hungary: T. Jermy's contributions to light-trapping. *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.*, 48 (Suppl. 1): 85–105. pp. (35) SZENTKIRÁLYI F. – LESKÓ K. – KÁDÁR F. (1995): Jeleznek-e klímaváltozást a fénycsapdás rovargyűjtések? In: I. Erdő és Klíma. Konf. kötet, Tar, K. – Berki, I. – Kiss, Gy. (Szerk.), Debrecen, 171–177. pp. (36) SZENTKIRÁLYI F. – LESKÓ K. – KÁDÁR F. (1998): Aszályos évek hatása a rovarpopulációk hosszú távú fluktuációs mintázatára. In: II. Erdő és Klíma Konf. Kötet, Tar K. – Berki, I. – Kiss, Gy. (Szerk.), Debrecen, 94–98. pp. (37) SZEŐKE K. (2003): A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hbn.). *Növényvédelmi Tanácsok*, 12: 14–17. pp. (38) SZEŐKE K. – DULINAFKA GY. (1987): A gyapotbagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1808) hazai előfordulása és kártétele csemegekukoricában. *Növényvédelem*, 23: 433–438. pp. (39) SZEŐKE K. – VÖRÖS G. (2001): Az utóbbi évek időjárásának hatása a kártevő rovarok terjedésére. *Növényvédelem*, 37: 22–26. pp. (40) SZURDOKI F. – SZÉKÁCS A. –

LE, H. M. – HAMMOCK, B. D. (2002): Synthesis of haptens and protein conjugates for development of immunoassays for the insect growth regulator fenoxycarb. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 29–40. pp. (41) VÖRÖS G. (2002): A globális felmelegedés és klímaingadozás hatása néhány rovarkártevőre, valamint leküzdésük lehetősége. PhD disszertáció, Keszthely, 187. p. (42) VÖRÖS G. – SZEŐKE K. – DULINAFKA GY. (1997): A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hbn.) 1996. évi előfordulása, kártétele és a védekezések tapasztalatai szántóföldön. *Növényvédelem*, 33: 329–338. pp.

1. táblázat

A monitorálási vizsgálat mintavételi helyei megyénként

Megye	Mintavételi helyek száma	Mintaszám	
		Felszíni víz	Ivóvíz (nyers vagy vezetékes)
Bács–Kiskun	5	10	4
Békés	9	–	8
Borsod-Abaúj-Zemplén	7	26	–
Budapest (külső)	4	22	1
Csongrád	3	17	–
Fejér	3	–	3
Győr-Sopron-Moson	2	–	2
Hajdú-Bihar	5	30	–
Heves	3	17	–
Jász-Nagykun-Szolnok	4	23	–
Komárom-Esztergom	3	17	–
Nógrád	3	–	5
Pest	13	25	15
Somogy	9	54	–
Tolna	5	16	3
Vas	5	29	–
Veszprém	5	18	1
tisztított víz (analitikai)	2	–	2

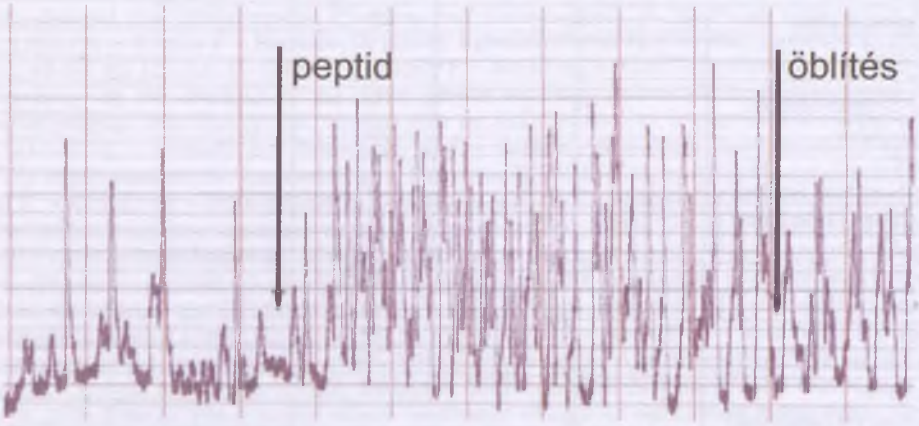
1. ábra

Vedlés közbeni pusztulás a *D. cingulatus* tesztállaton végzett in vivo bioassay során

2. ábra

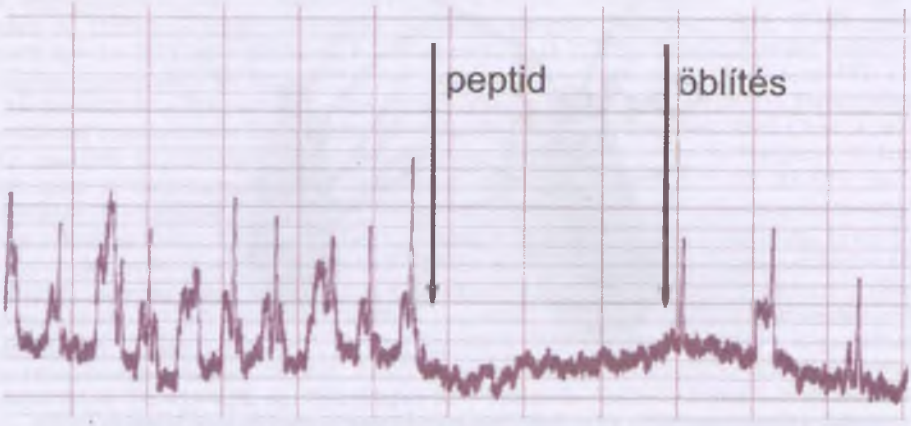
Torz imágók a *D. cingulatus* tesztállaton végzett in vivo bioassay során

3. ábra



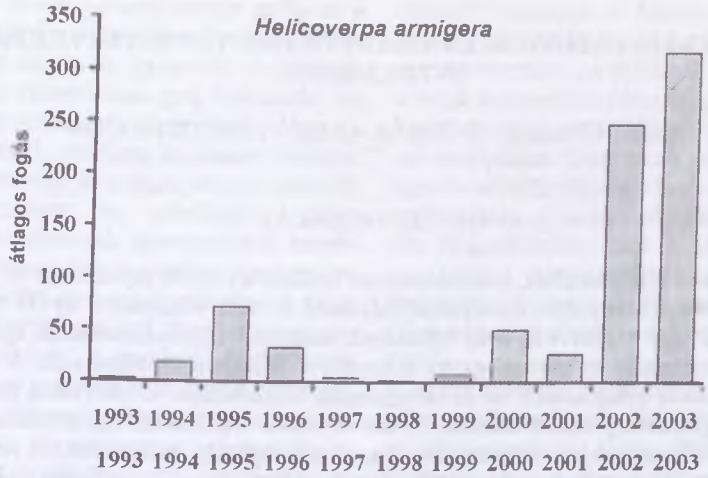
Mioaktivációs hatás a *B. craniifer* tesztállaton végzett in vitro bioassay során

4. ábra



Mioinhibitor hatás a *B. craniifer* tesztállaton végzett in vitro bioassay során

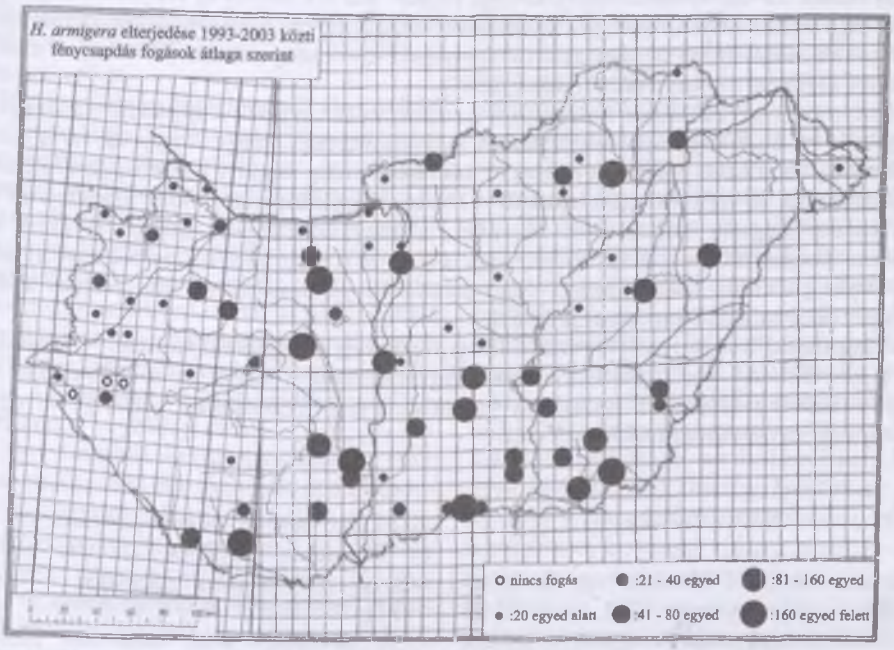
5. ábra



1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003

A gyapottok-bagolylepke (*H. armigera* Hübner) populációdinamikai ingadozásai az 1993–2003 közötti időszakban Magyarországon
(Az oszlopok az országos fénycsapdahálózat 53 állomásáról származó, évenkénti fogások egyedszámátlagát mutatják.)

6. ábra



Az invazív gyapottok-bagolylepke átlagos abundanciaszintjének térbeli alakulása az országos fénycsapdahálózat gyűjtései alapján az 1993–2003 időszakban
(A fekete pontok az egyes fénycsapdaállomások helyét jelölik, méretük az éves lokális fogások átlagának nagyságára utal.)

A BURGONYAÁLLOMÁNYOK ÉS A KÁRT OKOZÓ LEVÉLTETVEK KÖZÖTTI INTERAKCIÓ

KUROLI GÉZA – POLGÁR ÁKOS – NÉMETH LAJOS

ÖSSZEFOGLALÁS

A heteröcikus táplálkozású, holociklikusan fejlődő levéltetű fajok migráció útján keresnek újabb tápnövényeket, amelyeket rajzással tovább váltanak a nyári időszakban. A migráció és/vagy rajzás – 20 éves adatsorok alapján – a tenyészidőszak egészét átfogja, aminek intenzitása és csúcsa május második és június első felére esik. A termesztett növényekre ekkor telepszenek be és létrehozzák kolóniáikat. A közvetlen (táplálkozás) és közvetett (vírusterjesztés) kártétel a növényeken táplálkozó egyedszámtól függ. A növények az intenzív rajzás időpontjában kedvező táplálék összetevőkkel rendelkeznek és a környezeti feltételek is optimálisak. Ebből adódik, hogy a növényeken élő egyedek száma meghaladja a rajzásban résztvevőkét (az L_1 lárva a 7–9. napon kifejlett szűznemző, amely átlagosan 60 utódot szaporít).

A záródott növényállományokban (burgonya) akkor is folytatódik a szaporodás, amikor a magas léghőmérséklet (30–35 °C) és az alacsony levegő relatív páratartalom miatt (35–45%) elpusztulnának a levéltetvek. A kedvező feltételeket biztosító növényállományokban 22–25 °C és 65–75% levegő relatív páratartalom érvényesül, ami optimális, vagy ahhoz közeli ökológiai feltételeket eredményez. A növényállományok záródottságának megszűnése a populáció összeomlását eredményezi, ami jellemzően alakult az utóbbi aszályos években (2001, 2002, 2003).

A levéltetvek egyedszámát befolyásoló hatások közé tartozik a táplálék minősége is. Vizsgáltuk 74 burgonyafajta levélzetét és megállapítottuk, hogy a nyersfehérje tartalom P = 5%-os szinten pozitív, a nyerszsír tartalom pedig negatív összefüggést igazol az egyedszámmal. A szénhidráttartalom P = 1%-os szignifikancia szintet igazol, ami nagyon szoros negatív kapcsolatot bizonyít. A tenyészidőszakot átfogó levélzet beltartalom vizsgálattal megállapítottuk, hogy a primer anyagcsere termékek mennyiségét és arányát juvenilis szakaszban a több nyersfehérje, szenescens szakaszban a több nyerszsír és szénhidrát tartalom jellemzi.

A 11 holland burgonyafajtával beállított tápanyag ellátottsági kísérlet – fajtánként eltérő mértékben – de egyértelmű összefüggést igazolt a nagyobb zöldtömeggel és a megnövekedett levélfelületi indexszel, valamint a növényállomány zártságával együtt bekövetkezett egyedszám növekedéssel.

BEVEZETÉS

A mesterségesen létesített agroökoszisztémákban a növény és az állat, a növényállományok és a populációk egymásra hatását vizsgáljuk. Az élőlények a számukra optimális vagy ahhoz közeli feltételeket (hőmérséklet, levegő relatív páratartalma stb.) és forrásokat (táplálék alkotók kedvező aránya stb.) keresik (*Szentesi – Török, 1997*).

A növények által előállított biológiai energia az élelmi láncok kiinduló energiaforrása és ennek hasznosítása végett létesítenek

velük kapcsolatot, többek között a kárt okozó állatok. A növényvédelemnek pedig az a feladata, hogy a károsító szervezetek ellen (kórokozók, kártevők, gyomok) olyan hatékonysággal védekezzen, ami hozzájárul az eredményes termesztés megvalósulásához.

A növények védelme mindazon hatások megelőzését vagy kivédését jelenti, amelyek termésveszteséget és minőségi romlást okoznak. A növények termesztése a természetes ökológiai folyamatokhoz viszonyítva eltérések között érvényesül, amelyek a tudatos emberi tevékenységtől függően meghatározott mértékűek. A termelői tevékenység során hatással vagyunk a talajra, a vetőmagra, a növényállományokra és ezek a hatások egyedileg is, de együttesen mindenképpen változásokat eredményeznek, amelyeket az egyes növények és a növényállományok válaszreakciójaként értelmezünk, továbbá hatást gyakorolunk az ott kialakult biocönózis egészére.

A növényvédelemnek számtalan eleme ismert, amelyek közül mindig a célravezetőt kell alkalmazni, amelyiktől az adott lokális területen leginkább várható a kitűzött cél megvalósulása.

Mindezekre is figyelemmel alapvetőnek tekintjük, hogy az ökológia több tudomány rész-ismereteit felhasználó, az összefüggéseket feltáró tudomány. Lényegét tekintve az adott élőlény és a környezet (biotikus, abiotikus) közötti kölcsönhatást vizsgálja. A vizsgálatok az egyed feletti, azaz szupraindividuális szintekre, tehát a populációkra és a populáció együttesekre, valamint a rájuk hatást gyakorló ökológiai-környezetre, továbbá a hatást fogadó szervezetek reakciójára terjednek ki. (*Széky, 1983*).

Ezzel szemben az agroökológiát az ökológia alkalmazott, de sajátosan önálló tudományterületének tekintjük, mert az ökológiai-környezet törvényszerűségeit az általunk tudatosan létrehozott élőhelyen (művelt talaj, tervezett biológiai energiaforrás) felépülő biocönózisokban vizsgáljuk.

Az ökológiai rendszerek tanulmányozását lehetővé tevő ökoszisztéma az a rendszermodell, amely absztrakcióra épül. Alkalmazásával vizsgáljuk a valóságot alakító bonyolult jelenségek közül az általunk fontosnak tekintetteket, a mérhető jelenségeket és a velük kapcsolatos összefüggéseket. Erre ad lehetőséget az irányításunkkal pl. egy tenyészidőszakra létrehozott növényállomány agroökoszisztémája. Ebben a rendszerben valósul meg a szupraindividuális szerveződés (organizáció), amit a tápnövényekhez közvetlenül kapcsolódó populációk által kialakított felépülés jellemez, biocönózist (életközösség) alkotva (*Juhász Nagy – Vida, 1971*).

A célszerűség megkívánja, hogy az eltérések miatt önálló fogalomként kezeljük az agroökoszisztémát, hiszen évenként változó területen valósul meg a különböző energiaforrást jelentő növényállományok létrehozása. Az eltérő ökológiai hatások különbséget eredményeznek az állományok szerkezetében, minőségében, ami az ott élő rovarfajok védettségét, egyáltalán az életfeltételeit másmás módon szavatolja. A befolyás lehet kedvező és kedvezőtlen. A rovarok élőhelyének a komfortossága minősíti a lakóhelyet, ahol az ökológiai helyzet szinte naponta változik a növények fenológiai állapotától függően és ebből adódik az ökostátus környezeti tényezőktől függő változékonysága (*Juhász Nagy, 1986; Szentesi – Török, 1997*). A faj-populációk a változást tükröző értékektől függően léteznek, szaporodnak vagy elnéptelenednek. Az egyes rovarfajok fejlődése és szaporodása eltérő ökológiai feltételek között érvényesül. Azok fajonkénti ismerete lehetőséget ad az optimális feltételektől való eltérés (pejus, pesszimum tartomány) kialakítására, ami az egyedszám ökológiai szabályozását eredményezheti. Ezért tehát az élőhelynek (biotóp, habitat) az adott rovarfaj szempontjából az optimális feltételeket jelentő legkisebb része a lakóhely vagy *niche*. A lakóhelyi feltételek szélső pontjai (értékei) az adott faj tolerancia határainak (pesszimum = tolerancia) egyezőségét, vagy a különbözőségét jelölik, ami az abiotikus és biotikus tényezők kombinációjából áll.

Az ökológiai niche elvont fogalom, amely a populációk együttélésének (koegzisztencia) értelmezését szolgálja. Egy adott populációra vonatkoztatva a tolerancia sajátosságoktól függő egy ökostátus (ökológiai helyzet) adható meg. Ez nem más, mint a ténylegesen ható környezeti tényezőkből (koordináták) képzett absztrakt lakóhely (tér) valamely része, amelynek értékei valósínűsítik a populáció egyedeinek a túlélést és a szaporodóképességet. A populáció vagy populáció kollektívum potenciális helyzetének leírását a miliő-térben fundamentális niche-nek, akkor, amikor a miliő-teret a benne valóban érvényesülő adatokkal jellemezzük, realizált niche-nek nevezzük (*Szentesi – Török, 1997*).

A növényállományok egymást követő fenológiai fázisai a tenyészidőszakban folyamatosan változnak. A változások nagysága a ható tényezők (víz, hőmérséklet, levegő páratartalom, tápanyag stb.) olyan egy időben érvényesülő skáláját és azok tágasságát jelenti, amelyek határain belül az élőlény toleranciára képes.

Kísérletekkel igazoltuk, hogy a holociklikusan fejlődő levéltetű fajok szaporodási optimuma kisebb eltérésekkel 18–24, a pejus 8–18 és 24–28, a pesszimum tartomány pedig 2–8 és 28–32 °C között van (*Kuroli, 1993*).

A migráló és/vagy rajzó, valamint a növényeken táplálkozó levéltetű fajokkal kapcsolatosan gazdag hazai és nemzetközi irodalmi forrásanyag áll a téma művelőinek rendelkezésére (*Moericke, 1950; Szalay-Marzsó, 1958; Kozma, 1979; Hand – Carillo, 1982; Neitzel – Raeuber, 1983; Nasser – Basky, 1987; Stier et al., 1988; Basky – Raccah, 1990; Ovilo – Dueñas, 1990; Karl, 1992; Kuroli, 1993; 1999; 2000; 2002; Basky – Gáborjányi, 1994; Kozma et al., 1995; Seyedoleslaami et al., 1995; Das et al., 1996; Boiteau, 1997; Parker, 1997; 1998; Rongai – Cerato, 1997; Tahtacioglu – Özbek, 1997; Basky, 1998; Rieckmann – Zahn, 1998; Kuroli et al., 1999a; 1999b; Lukašova et al., 1999; Ro TaeHo – Long, 1999; Basky – Harrington, 2000*). Mindez bizonyíték arra, hogy a levéltetvek által okozott közvetlen és közvetett károk jelentősége napjainkig nem csökkent.

A sárga tálcsapdákkal (*Moericke, 1950; Szalay-Marzsó, 1958; Neitzel – Raeuber, 1983; Nasser – Basky, 1987; Stier et al., 1988; Kuroli, 1993; 1999; 2000*) és szívótornyokkal (*Karl, 1992; Basky, 1998; Basky – Harrington, 2000*) nyomon követhetők. A növényeken élő fajok egyedszám változása, a fajok dominanciája, a növény és levéltetű kapcsolat időtartama hetenkénti rendszeres felméréssel ellenőrizhető (*Kozma, 1979; Kozma et al., 1995; Kuroli, 1993; 1999; 2000; Kuroli et al., 1999a; 1999b*).

A levéltetvek egyedszám alakulását befolyásoló ökológiai hatások értékelhetők az éghajlat változékonyságát igazoló adatok és a mikroklíma okozta szabályozó szerep figyelembe vételével (*Kuroli, 1993; 1999; 2001; Varga-Haszonits, 1992; Varga Haszonits – Mikéné, 1993; Parker, 1997; Rongai – Cerato, 1997; Jarosik et al., 1996; Kumar et al., 1997; Kuroli et al., 1998; Ro TaeHo – Long, 1999*).

Fontos a növényállomány szerkezete, aminek függőségében fenológiai állapotonként változik a növényállomány klíma (*Jansson – Smilovitz, 1985; Honěk, 1987; Rossi et al., 1990; Rajensran, 1991; Kuroli, 1993; 1999; De-Carvalho et al., 1996; Wang et al., 1997*) és ezzel együtt az élőhelyi feltételek állandó módosulásával is számolni kell. A zárt növényállomány hőmérséklete, relatív páratartalma kedvezően hat a levéltetvek fejlődésére és szaporodására, ellentétben a növényzet feletti értékekkel (*Varga-Haszonits, 1992; Kuroli, 1993*).

A burgonya levélzeten élő levéltetvek egyedszáma több tényező együttes hatásától függően változik. Közöttük jelentősége van a levelekben lévő fehérje-, aminosav-garnitúra, szénhidrát-, zsír- és alkaloida tartalomnak (*Auclair, 1963; Akey – Beck, 1971; McDonald, 1977; Kuroli et al., 1998*). Nitrogén műtrágyázás következtében növekedett a burgonyalevelek táplálóértéke, ami a *M.*

persicae egyedszám változására pozitív hatással volt (*Ferguson – Chapman, 1993*).

A levéltetvek közvetlen kártétele a táplálékelvonáson keresztül érvényesül, ami kiegészül a betegséget okozó vírusok terjesztésével. Terjesztői lehetnek a burgonya levélsodródás (*Potato leafroll virus*), és az Y (*Potato Y virus*) vírusoknak (*Van Harten, 1983; Beczner et al., 1984; Siegvald, 1984*).

A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

A rajzó levéltetvek fajszámát, azok dominanciáját, a repülés aktivitását és időtartamát az 1982 óta folyamatosan alkalmazott sárga tálcsapdákkal gyűjtött példányok meghatározásával állapítottuk meg. A csapdázás az általunk továbbfejlesztett módon (*Kuroli, 1993; 1999*) a *Moericke (1950)* által kidolgozott alapelvre építve valósult meg a burgonya tenyészidejében.

A burgonyát tápnövényként elfogadó fajok felvételezésekor a *Szalay-Marzsó (1961)* által kidolgozott és az általunk módosított (*Kuroli, 1993; 1999*) „100 növény" módszert alkalmaztuk. A parazitált példányokat begyűjtöttük, kineveltük és fajra meghatároztuk.

A csapdázásból és a növényállomány felvételezésből származó levéltetveket 75%-os alkoholban tartósítottuk. A fajmeghatározások és a felvételezési jegyzőkönyv adatait táblázatba foglaltuk és grafikonon dolgoztuk fel.

Az egyedszámváltozások ok-okozati összefüggésének megvilágításához és az indokok felsorolásához igénybe vettük a klimatikus tényezők értékingadozását bizonyító meteorológiai adatokat. Köztük szerepeltetjük a közép-hőmérsékletet, a hőmérsékleti maximumot, a levegő relatív páratartalmának középértékét és a csapadék mennyiséget. Először táblázatba foglaltuk az 50 éves adatokat, amelyeket összevetetettük az utóbbi években (2001, 2002, 2003) mért értékekkel. Az ábrákon 2003 évben ezek hetenkénti átlagértékei, ill. a csapadék hetenkénti összege szerepel.

Táblázatba foglaltuk a hőmérséklet napi értékek alapján kategorizált adatait, amelyek a meleg-, a hőség- és a forró napok szerint kerültek csoportosításra.

A felvételezések során tapasztalhattuk, hogy az egyes burgonyafajtákon eltérő számban élnek a levéltetvek. Kerestük ennek okát, ezért levélmintákat gyűjtöttünk az analitikai vizsgálatokhoz hetenként egy alkalommal. A leveleket 45 °C-on szárítottuk, majd porrá őröltük. A vizsgálatok során megállapítottuk az abszolút szárazanyag-, nyers zsír-, a könnyen oldható szénhidrát- és a nyersfehérje tartalmat. Az abszolút szárazanyag és nyers zsír meghatározásakor a magyar szabvány (MSz) 6826-66 ide vonatkozó pontjai (5.) 122., 5.5. szerint jártunk el. A nyersfehérje tartalmat Kjel-Foss Nitrogén meghatározó automatával mutattuk ki. A minták szénhidrát tartalmát KNAUER HPLC-Pump-KNAUER Differential Refractometer-rel kromatografáltuk.

Az analitikai vizsgálatok során kapott adattömeg lehetőséget adott a statisztikai-matematikai értékelésre és arra, hogy összefüggéseket állapítsunk meg a levéltetű egyedszám és a burgonyafajták leveleinek primer anyagcseretermékei között. Az összefüggés vizsgálatokat lineáris regresszió analízissel végeztük, aminek eredményeit grafikonon mutatjuk be.

A tápanyag ellátottság és a levéltetű egyedszám közötti kapcsolat vizsgálatára kísérleteket állítottunk be Kónyban. A parcellák mérete 28 m^2 volt. A vizsgálatot 11 burgonyafajtára (Agota, Agria, Amorosa, Arnova, Aladin, Fontane, Impala, Kondor, Kuroda, Raja, Sinora) terjesztettük ki, 4 kezelésben és 4 ismétlésben. A kezelésekben alkalmazott tápanyagokat és azok mennyiségét táblázatokban mutatjuk be.

Megmértük a kísérletben szereplő burgonyafajták zöldtömegét és azok levélfelületét. A levélfelületi index kiszámításához a növény (bokor) összes levelének felületét (cm^2) osztottuk a tenyészterülettel (3 × 75 = 2250

cm^2). A kapott adatok és a levéltetű egyedszám között összefüggést állapítottunk meg, amit matematikai-statisztikai módszerrel értékeltünk. A kísérleti területekről származó gumókból ELISA módszerrel kimutattuk a levélsodródás (PLRV) és a burgonya Y vírus (PVY) fertőzést.

A KÍSÉRLETEK EREDMÉNYE ÉS DISZKUSSZIÓJA

A témában eddig végzett munkánk meghatározott célja volt, hogy az agroökológiai szisztémákban (termesztett növények állománya) érvényesülő összefüggéseket a tudományos részismeretek felhasználásával az egyes levéltetűfajok életfeltételeit meghatározó optimális és attól eltérő értékekkel jellemezzük. A fajok optimális életfeltételeinek ismerete adja az ökostátus stabilitását, míg a környezeti feltételek változékonysága az ökológiai helyzet adott időpontban érvényesülő állapotát tükrözi. Az állatoknak a változó ökológiai helyzetben kell fennmaradni és szaporodni, ami az optimálistól való eltérés mértékétől függő egyedszám változásban jut kifejeződésre. Az ökológiai helyzet tehát egy populációra vonatkoztatva annak jellemző tolerancia sajátosságaival értelmezhető. Az élőhely, vagy annak valamely része, ami a populáció egyedeinek túlélését és szaporodóképességét valószínűsíti, levéltetűfajokra vonatkozó adatokkal (koordináták) behatárolható lakóhelyet jelent. Ehhez a potenciális helyzethez viszonyítva a valóságos helyzet eltérésekkel érvényesül, tehát, tekintettel a fundamentális niche-re, a mindenkor érvényesülő helyzetre figyelemmel, a realizált niche-sel számolunk. A mérés időpontjában érvényes adatokkal összevetjük a vizsgált populáció egyedszámát és vizsgáljuk az összefüggéseket, a kapcsolatok erősségét. A munka során egyrészt magyarázatot tudunk adni az egyedszám változások okaira, másrészt pedig kezünkben vannak azok a lehetőségek, amelyek alkalmazásával befolyásolhatjuk a realizált niche-t és rajta keresztül az adott levéltetű populációt.

A hőmérsékleti adatok éves alakulására figyelemmel pl. a burgonya-állományban májusban egyedszámcsúcs jön létre, ami tovább növekszik június-júliusban annak ellenére, hogy a levegő hőmérsékletét hőség (30–35 °C) és forró napok (> 35 °C) jellemzik. Zárt növényállományban, ahol a levélindex 3–4 között változik, a hőmérséklet 20–24 °C akkor is, amikor a levegő hőmérséklete 30 °C körüli. Ez teszi lehetővé – egyéb feltételekkel együtt – a szaporodást. Abban a növényállományban, amelyik vízhiányban szenved és emiatt nem tud egységesen záródó zöld felület kialakulni, az érvényesülő magas hőmérséklet (30–35 °C) miatt elpusztulnak a levéltetvek. A pusztulás akkor is bekövetkezik, amikor a záródott burgonya állomány lombozata szétterül és ekkor közvetlenül érvényesül a nap sugárzó energiája. Ennek a természetes jelenségnek az ismerete és adott évben való detektálása az előrejelzés egyik eleme lehet, aminek alapján meghatározható a védekezések időpontjának tenyészidőhöz kapcsolása és gyakorisága, valamint lehetővé teszi azok mérséklését. Továbbá jelenthet olyan nemesítői feladatot is, ami a merev szárral ellentétben megrogyásra hajlamos fajtát alakít ki anélkül, hogy a levélfunkció károsodna. Az ismeretnek gyakorlati jelentősége van a tőszám beállításakor, vagy más esetben, pl. a takarmánynak termesztett lucerna időben előrehozott korai kaszálásának, mert a növényállomány védelmétől megfosztott levéltetvek kivétel nélkül elpusztulnak a napsugarak közvetlen hatásától.

Munkánk során értékeltük a klimatikus tényezők közül a hőmérséklet, a levegő relatív páratartalma és a csapadék egyedszámra gyakorolt hatását. Az 50 éves átlagokhoz viszonyítottuk az aszályos évek (2001, 2002, 2003) adatait. Az 1. táblázattal bizonyítjuk, hogy a burgonya vegetációja szempontjából meghatározó hónapokban (május–augusztus) a középhőmérséklet 1,1; 2,3; 3,2, a maximum hőmérséklet 1,7; 2,5; 3,6 °C-kal magasabb, a levegő relatív pára-

tartalma 6,5; 9,3; 9,9%-kal alacsonyabb, a csapadék pedig 103,0; 56,3; 32,2 mm-rel kevesebb volt. Ebből adódik, hogy a levéltetvek migrációját és/vagy rajzását, valamint a tenyészidőszakot átfogó, növényeken élők egyedszámát bemutató 20 év adatait magába foglaló 1. ábrához viszonyítva eltérést mutatnak a 2. ábra adatai. A 2003-ban érvényesült aszályos időjárás következménye többirányú változást eredményezett.

A 2002/2003-as hideg tél nem tette lehetővé a levéltetvek anholociklikus áttelelését és emiatt a különböző fejlettségi fokot elért egyedek elpusztultak.

A holociklikusan fejlődő egyedek migrációja 2003-ban késett az anholociklikusan fejlődöttekhez viszonyítva. A szárnyas egyedek száma kevesebb volt a szokásosnál, mert az áttelelés csak tojás állapotban valósulhatott meg.

A rajzásban résztvevő egyedek száma az 1982 óta végzett csapdázásokhoz viszonyítva 2003-ban volt a legkevesebb (2. ábra). Ez egyben felveti annak kritikáját, amiért a rajzásban résztvevő fajok vírusterjesztő hatékonyságával számolják egyes kutatók a vírusnyomást, mert egyedszámtól függően félrevezető következtetéseket alapoz meg. Ebben a szerepben meghatározó a növényeken élő fajok egyedszáma. A csapdázott levéltetű fajok közül kísérleti úton többről bebizonyították, hogy vektora a burgonyapatogén vírusoknak. Ezek a fajok viszont nem élnek a burgonyán. Ezért tehát csak azoknak a fajoknak a vírusterjesztő szerepével szabad számolni, amelyeknek tápnövénye a burgonya.

A migrációban és/vagy rajzásban résztvevő kevés számú egyed ellenére a növényeken táplálkozók száma viszont messze meghaladta a csapdázás alapján prognosztizálható egyedszámot. Ebben az esetben azok a korábbi vizsgálati eredményeink érvényesültek, amelyek értelmében egyetlen egyed utódnépessége is kialakíthat gradációt (*Kuroli, 1993*).

A vizsgált évben a növényeken nagy számban szaporodtak el a levéltetvek májusban és június első felében. Az ezt követő kedvezőtlen időjárás következtében a levéltetvek egyedszáma és parazitáltsága is mérséklődött. A paraziták előfordulását június 1 és július 6 között tapasztaltuk, ami a levéltetvek egyedszám növekedését követte (2. ábra). A feltételek ekkor optimális tartományban és az ahhoz közeli pejusban érvényesültek, a zárt növényállományban (3. ábra, 2. táblázat). A naponta, óránként elvégzett mérések adatai bizonyítják a zárt növényállomány környezeti feltételeket befolyásoló, azt kedvezően alakító hatását. A 2. táblázat egy napra vonatkozó adataiból megállapítható, hogy az állomány hőmérséklete nem haladta meg a kritikus szintet annak ellenére sem, hogy a szabadlevegő hőmérséklete – 11 és 18 óra között – 28,1–30,9 °C volt. A kedvező feltételek hatására a generációk 7–9 naponként követték egymást. Az egyedenkénti utódszám átlagosan elérte a 60-at. A 3. táblázatban mutatjuk be a levéltetvek fejlődését befolyásoló és meghatározó csoportosításban a hőmérsékleti értékeket. Az adatok választ adnak a májusi és június elején bekövetkezett túlszaporodásra, a júniusi egyedszám csökkenésre, majd a populáció összeomlására.

A zárt növényállomány a csapadékhiány és a hőség miatt szerkezetében megváltozott. A növények szára veszített merevségéből (június 15.), megtört, ami a zárt állomány szétesését eredményezte. Attól számítva érvényesült a nap közvetlen sugárzó hatása, ami kialakította a hőmérsékleti pesszimum tartományt, sőt meghaladta annak értékeit. A levéltetvek pusztulása elnéptelenedést eredményezett (2. ábra).

A fajtakísérletekben elvégzett felvételezések során feltűnő különbségeket állapítottunk meg az egyes burgonyafajtákon táplálkozó levéltetvek számában. Keresve ennek okát, 74 burgonyafajta levelének nyersfehérje-, nyers zsír- és szénhidrát tartalmát vizsgáltuk meg. A levéltetű egyedszámot befolyásoló hatást regressziós egyenlettel fejeztük ki. A szénhidráttartalom levéltetű összefüggésre utaló korrekciós koefficiens P =

= 0,1%-os szignifikancia szintet igazol, ami egyértelműen nagyon szoros negatív kapcsolatot bizonyít. A nyerszsír tartalom és a levéltetű egyedszám között P = 5%-os szinten van az igazolt negatív kapcsolat. A nyersfehérje tartalom és a levéltetű egyedszám között P = 5% szinten pozitív kapcsolatot bizonyítottunk (*Kuroli et. al., 1998*).

A táplálék összetevők mennyiségének változását a hetenként gyűjtött levélmintákból határoztuk meg. A 4. táblázat 5 év vizsgálati eredményeinek átlag értékeit mutatja be, amelyek tartalmazzák az abszolút szárazanyagot, az abszolút szárazanyag %-ában a szénhidrát, a nyers zsír és a nyersfehérje tartalmat, valamint a levéltetű egyedszámot. Az adatok alapján megállapítható, hogy a primer anyagcseretermékek mennyisége juvenilis szakaszban többnyire kiegyenlített, összességében több a nyersfehérje és kevesebb a szénhidrát, valamint a nyerszsír mennyisége. A szenescens szakaszban megnő a nyerszsír és a szénhidrát mennyisége, a nyersfehérje viszont csökken. A levéltetű egyedszám növekedését elősegíti a juvenilis szakaszban mért nagyobb nyersfehérje és kevesebb szénhidrát, valamint nyerszsír tartalom. A szenescens szakaszban a változó arányok hozzájárulnak a levéltetvek egyedszám csökkenéséhez. Az öt év átlag-adatai az évenkénti eltérések ellenére is jól szimbolizálják azt, hogy a levéltetvek életfeltételeire kedvezően hat a tápnövény, ebben az esetben a levelek, mint a táplálék forrása. Ezzel egyidőben az is megállapítható, hogy a lombzáródással együtt közel optimális élőhelyi körülményeket biztosít a teljes virágzást követő szenescens állapot kezdetéig.

Konyban 11 holland fajtával beállított kísérletben a tápanyag ellátottság és az öntözővíz mennyisége (420 mm), azonos szintű volt a 214,4 mm természetes csapadék mellett, aminek következménye a levéltetvek egész tenyészidőszakot (Agria), vagy annak nagyobb hányadát (Arnova) átfogó jelenléte. A levéltetvek egyedszámát befolyásoló hatások között bizonyítható szerepe van a növények tápanyag- és víz-ellátottságának (4., 5. ábrák). A fajták közül két eltérő eredményekkel jellemezhetőt (Agria és Arnova) emeltünk ki (5., 6. táblázatok), amelyeknél jól értékelhető volt a kezelésenként különböző tápanyag mennyiség és az öntözővíz együttes hatása. A zöldtömeg, a levélfelület index, a nyersfehérje és a nyerszsír alakulását, valamint azok együttesen közvetett hatását a levéltetvek egyedszámának változásával értékeltük. A levéltetvek egyedszáma és a növények vírusfertőzöttsége (PLRV és PVY) közötti kapcsolatot is kimutattuk. Az öntözővízzel biztosítottuk a növények fejlődésének zavarmentességét, ami kifejeződött a zöldtömeg tartós fennmaradásában, a levélindex alakulásában, a növényállomány zártságában és az ezeken keresztül érvényesülő levéltetvek egyedszámában (4. ábra). Az egyedszám június 16-án tetőzött. A levéltetvek száma folyamatos, de lassú csökkenéssel a tenyészidőszak végéig a kártételi szintet meghaladó volt az Agria fajtán. Az Arnova fajtán július 14-től kezdődően gyors egyedszám csökkenést tapasztaltunk, ami a levélindex-szel és a növényállomány szerkezeti állapotával volt öszefüggésben.

A levéltetű egyedszámot befolyásoló tényezők variációjából készült 3 dimenziós ábra (5. ábra) jól szemlélteti az ökológiai helyzet szabályozó szerepét. A négy tényező levéltetű egyedszámra gyakorolt hatását külön-külön is értékeltük, amit a 6. és 7. ábrákon mutatunk be. A 6. ábrán feltüntettük a levéltetvek és a vírusok közötti pozitív kapcsolatot. A zöldtömegnek 77,8, a levélindexnek 80,2, a nyersfehérjének 84,5 (Agria) és 85,8%-os (Arnova) pozitív, a nyerszsírnak pedig 77,7 (Agria) és 67,1%-os (Arnova) negatív kapcsolatát igazoltuk a levéltetű egyedszámmal, ami szoros korrelációt bizonyít. A levéltetű egyedszám és a vírusok között 82,9 (PLRV), ill. 79,9 (PVY) %-os pozitív kapcsolat volt, ami szintén szoros korrelációt bizonyít (6. ábra). A levéltünetek alapján felmért vírusfertőzést utoljára (2003. június 29.) 13,75 és 8,75 (PLRV) %-ra, ill. 12,50 és 6,00 (PVY) %-ra értékel-

tük az Agora, ill. az Arnova fajtákon. Ezeket az értékeket a gumófertőzöttség meghaladja (5. és 6. táblázatok), ami azt igazolja, hogy a vírus multiplikációt követő transzlokáció a zöld szárakban folytatódik.

A vizsgálatok eredményei olyan kapcsolatok feltárásához járulnak hozzá, amelyek megfontolásra késztetik a nemesítéssel, a gazdálkodással és a kutatással foglalkozó szakembereket. Az új burgonyafajták nemesítésekor – a termés mennyiségi és minőségi romlása nélkül – meghatározott cél lehet a zöldtömeg, a levélfelület index, a levélzet nyersfehérje tartalmának csökkentése és vele szemben a nyerszsír tartalom növelése. A gazdálkodás eredményességéhez több információ kell a tápanyag utánpótlás és az öntözés vonatkozásában. A kutatásban fontos a további összefüggések (kapcsolatok) feltárása.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) AKEY, D. H. – BECK, S. D. (1971): Continuous rearing of the pea aphid, Acyrtosiphon pisum, on a holidic diet. Ann. Ent. Soc., 64: 363–356. pp. (2) AUCLAIR, J. L. (1963): Aphid feeding and nutrition Ann. Rev. Ent., 8: 439–490. pp. (3) BASKY, ZS. (1998): Fluctuation of cereal aphid abundance in a suction trap in Hungary. In: Nieto Nafria, J. M. – Dixon, A. F. G. (eds): Aphids in natural and managed ecosystems. Universidade de León, 519–523. pp. (4) BASKY ZS. – GÁBORJÁNYI R. (1994): A szilvahimlő vírust terjesztő levéltetvek rajzása és a természetes fertőzés összefüggései. Növényvéd., 30: 201–206. pp. (5) BASKY, ZS. –HARRINGTON, R. (2000): Cereal aphid flight activity in Hungary and England compared by suction traps. Anz. Schändlingskunde, 73: 70–74. pp. (6) BASKY, ZS. – RACCAH, B. (1990): Aphids colonizing peppers in Hungary and their importance as virus vectors. Acta Phytopath. et Ent. Hung., 25: 383–391. pp. (7) BECZNER, L. – HORVÁTH, J. – ROMHÁNYI, I.–FÖRSTER, H. (1984): Studies of the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. Potato Research, 27: 339–353. pp. (8) BOITEAU, G. (1997): Comparative propensity for dispersal of apterous and alate morphs of three potato-colonizing aphid species. Canadian Journal of Zoology, 75: 1396–1403. pp. (9) DAS, G. P. – BOUDHIR, H. – BOUKHRIS, S. – LAGNAOUI, A. (1996): Monitoring of winged aphids from potato fields in Bangladesh. Philippine Entomologist, 10: 29–33. pp. (10) DE-CARVALHO, A. R. – BUENO, V. H. P. – MENDES, S. (1996): Influence of climatic factors and cutting plants on aphid populations (*Homoptera: Aphididae*) on lucerne (*Medicago sativa* L.) in Lavras. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 31 (5): 317–324. pp. (11) FERGUSON, J. S. – CHAPMAN, R. K. (1993): Factors involved in carbaryl-induced population buildups of *Myzus persicae* (Sulzer) (*Homoptera: Aphididae*) on potato. J. Agric.Ent., 10: 51–64. pp. (12) HAND, S. C. – CARILLO, J. R. (1982): Cereal aphids on maize in southern England. Ann. Appl. Biol., 100: 9–47. pp. (13) HOŇEK, A. (1987): Effect of plant quality, and microclimate on population growth and maximum abundance of cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Walker) and *Sitobion avenae* F. (*Hom, Aphididae*). J. Appl. Ent., 104: 304–313. pp. (14) JANSSON, R. K. – SMILOVITZ, Z. (1985): Development and reproduction of the green peach aphid, *Myzus persicae* (*Homoptera: Aphididae*) on uper and lower leaves of the three potato cultivars. Can. Ent. Ottawa, 117: 247–252. pp. (15) JAROSIK, V. – HOŇEK, A. – LAPCHIN, L. – RABASSE, J. M. (1996): An assessment of time varying rate of increase of the green peach aphid, *Myzus persicae*: its importance in IPM of commercial greenhouse peppers. Ochrana Roslin, 32 (4): 269–276. pp. (16) JUHÁSZ NAGY P. (1986): Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémiai Kiadó, Budapest. (17) JUHÁSZ NAGY P. – VIDA G. (1971): Szupraindividuális organizáció. In: Csaba Gy. (szerk.) A biológiai szabályozás. Medicina Kiadó. Budapest, 337–406. pp. (18) KARL, E. (1992): Artenspektrum der Blattläuse (*Homoptera, Aphidina*), die mit einer saugfalle in Aschersleben (Land Sachsen-Anhalt) in den Jahren 1985 bis 1990 gefangen wurden. Arch. Phytopath. Pflanz., 28: 69–74. pp. (19) KOZMA E. (1979): Kukoricán károsító levéltetvek gradobiológiai vizsgálata a Mezőföldön. Növényvéd., 15: 496–504. pp. (20) KOZMA E. – KISS J. – TÓTH F. (1995): A kukoricán károsító levéltetvek denzitásának és faji összetételének változása az ökológiai viszonyok tükrében. Növényvéd., 31: 485–493. pp. (21) KUMAR, A. – TRIPATPHY, M. K. – SRIVASTOVA, K. M. (1997): Population dynamics of black aphid (*Aphis craccivora* Koch) in different genotypes of Indian bean

(*Dolichus lablab*) in relation to weather paramenters at Kanpur. Environment and Ecology, 15 (2): 318–321. pp. (22) KUROLI G. (1993): Levéltetvek szerepe néhány szántóföldi agrobiocönózisban. MTA Doktori értekezés, Mosonmagyaróvár. (23) KUROLI G. (1999): A levéltetvek rajzása és egyedszámváltozása burgonyán. Növényterm., 48: 153–166. pp. (24) KUROLI, G. (2000): Aphid flight and change in abundance of winter wheat pests. Arch. Phytopath. Pflanz., 33: 361–373. pp. (25) KUROLI G. (2001): A változó klimatikus tényezők hatása a levéltetvek rajzására és a burgonyán táplálkozók egyedszámváltozására. Növényvéd., 37: 105–113. pp. (26) KUROLI, G. (2002): Aphid flight and change in abundance of maize pests. Acta Agronomica Óváriensis, 44 (1): 57–68. (27) KUROLI, G. – NÉMETH, I. – NÉMETH, L. (1988): Blattlauschäden auf Ackerbohnen im Zusammenhang mit Populationsdynamik und ökologischen Bedingungen. XXXX. Internationales Symposium über Planzenschutz. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 53/a: 1195–1201. pp. (28) KUROLI G. – NÉMETH L. – POCSAI K. (1998): A primer anyagcsere termékek hatása a levéltetvek egyedszámára. Növényvédelem, 34: 539–544. pp. (29) KUROLI, G. – POCSAI, K. – NÉMETH, L. (1999a): Flying of the aphid pests of sugar beet and changes in their individual numbers. Acta Agronomica Óváriensis, 41: 15–26. pp. (30) KUROLI G. – POCSAI K. – NÉMETH L. (1999b): A lóbabot károsító levéltetvek rajzása és egyedszámváltozása. Növényvéd., 35: 545–554. pp. (31) LUKÁŠOVÁ, H. – BASKY, ZS. – STARÝ, P. (1999): Flight patterns of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdj.) during its expansion to Central Europe (*Hom., Aphididae*). J. Pest Science, 72: 41–44. pp. (32) MCDONALD, M. S. (1977): Effect of leafroll virus infection on the amide amino nitrogen status of bulking tubers of the potato plant. Sci. Proc. Prot. Ser. A., 6 (2): 9–15. pp. (33) MOERICKE, V. (1950): Über das Farbensehen der Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* Sulz.). Z. Tierpsyc., 7: 265–274. pp. (34) NASSER M. A. K. – BASKY ZS. (1987): Különböző csapdázási módszerek az uborkavetőmag-termő táblán rajzó vírusvektor levéltetvek vizsgálatára. Zöldségterm. Kut. Int. Bull., 20: 105–112. pp. (35) NEITZEL, K. – RAEUBER, A. (1983): Vergleich mehrjähriger Gelbschalenfänge von Apiden der Befallsflugintensität im Freiland und ihre Bedeutung für die Epidemiologie pflanzlicher Viren. Nachrbl. Pflschutz. (DDR), 37: 213–216. pp. (36) OVILO, J. – DUEÑAS, E. (1990): Study of the aerial population of aphids caught by a suction tower in Salamanca. Bol. San. Veg. Plag., 16: 55–70. pp. (37) PARKER, W. E. (1997): Forecasting the timing and size of field populations of aphids on potato in England and Wales. In International conference on pests in agriculture. Montpellier. France, 3: 1087–1094. pp. (38) PARKER, W. E. (1998): Forecasting the timing and size of aphid populations (*Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae*) on potato. Asp. Appl. Biology, 52: 31–38. pp. (39) RAJENSRAN, T. P. (1991): Relationship with weather factors and infestation of apterous and alate morphs of aphids in potato crop. Journal of Aphidology, 4 (1–2): 67–70. pp. (40) RIECKMANN, W. – ZAHN, V. (1998): Aphid flight behaviour and planting potato recognition. Analysis in the region of LKW Hannover during 1980–1996. Kartoffelbau, 49: 176–178, 180. pp. (41) RONGAI, D. – CERATO, C. (1997): Forecasting the best time for the desiccation of seed potato. Informatore Agrario, 53: 51–56. pp. (42) RO TAEHO – LONG, G. E. (1999): GPA-Phenodynamics, a simulation model for the population dynamics and phenology of green peach aphid in potato: formulation, validation, and analysis. Ecological Modelling, 119: 197–209. pp. (43) ROSSI, M. M. – MATIOLI, J. C. – CARVALHO, C. F. (1990): Efeitos de factores climátios sobre algumas aspécies de puloes (Homoptera: Aphididae) na cultura da batata, em Lavras-MG. Ann. Soc. Ent. Brasil, 19: (1) 75–86. pp. (44) SEYEDOLESLAAMI, H. – DANESH, D. – NADERI, A. – ESLAMI, A. (1995): Alate aphid monitoring for selecting of potential seed potato production districts in Isfahan and Chahr Mahal Bakhtiari provinces of Iran. Iranian J. Agric. Sciences, 26: 19–25. pp. (45) SIEGVALD, R. (1984): The relative efficiency of some aphid species as vectors of potato virus Y^0 (PVY^0). Potato Research, 27: 285–290. pp. (46) STIER, F. R. – BACHMANN, F. – MATTHES, O. (1988): Ergebnisse von Untersuchungen zum Auftreten von Kartoffelblattläusen im Zeitraum von 1981 bis 1987 im Bezirk Karl-Marx-Stadt. Nachrbl. Pflschutz. (DDR), 42: 38–40. pp. (47) SZALAY-MARZSÓ, L. (1958): Populationsdynamische Untersuchungen und Bestanden der Rübenblattlaus (*Aphis*) „*Doralis fabae* (Scop.) in Ungarn, in den Jahren 1955 und 1956. Acta Agric. Hung., 8: 187–211. pp. (48) SZENTESI, Á. – TÖRÖK, J. (1997): Állatökológia. Kovásznai Kiadó. Budapest, 1–364. pp. (49) SZÉKY P. (1983): Ökológia. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat. Budapest, 1–180. pp. (50) TAHTACIOGLU, L. – ÖZBEK, H. (1997): Monitoring aphid (*Homoptera:Aphidoidea*) species and their population changes on potato crop in Erzurum (Turkey) province throughout the growing season. Türkiye Entomoloji

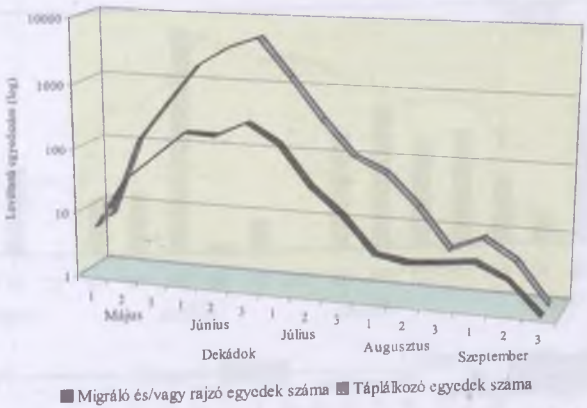
Dergisi, 21: 9–25. pp. (51) VAN HARTEN, A. (1983): The relation between aphid flights and the spead of potatovirus YN (PVYN) in the Netherland. Potato Research, 26: 1–15. pp. (52) VARGA-HASZONITS Z. (1992): A növényvédelem meteorológiai alapjai. Mosonmagyaróvár, 55. p. (53) VARGA-HASZONITS Z. – MIKÉNÉ H. F. (1993): Az éghajlati változékonyság és a növénytermesztés. Növényterm., 42: 361–373. pp. (54) WANG, K. H. – TSAI, J. H. – HARRISON, N. A. (1997): Influence of temperature on development, survivorship, and reproduction of buckthorn aphid (*Homoptera: Aphididae*). Annals of the Entomological Society of America, 90 (1): 62–68. pp.

1. táblázat

A meteorológiai tényezők értékváltozása az utolsó 50 év átlagához viszonyítva

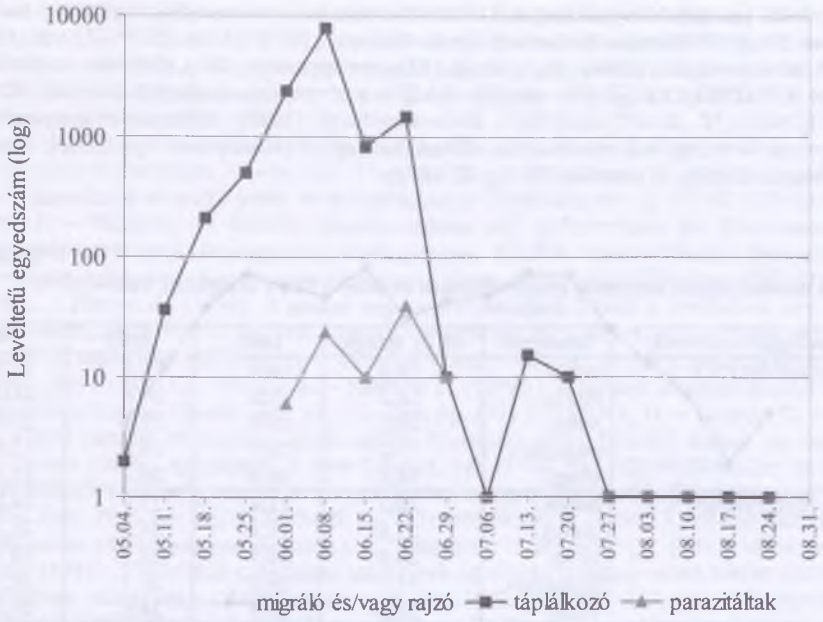
Meteorológiai tényezők	Hónapok	50 év átlaga	2001	2002	2003
Középhőmérséklet (°C)	május	14,8	16,8	18,3	17,6
	június	18,2	18,0	20,6	22,2
	július	20,1	20,6	22,1	21,6
	augusztus	19,2	21,3	20,6	23,6
	átlag	**18,1**	**19,2**	**20,4**	**21,3**
Maximum hőmérséklet (°C)	május	20,3	23,4	23,9	24,0
	június	23,6	23,7	26,3	28,2
	július	26,0	26,7	28,9	28,1
	augusztus	25,4	28,0	26,1	30,3
	átlag	**23,8**	**25,5**	**26,3**	**27,7**
Csapadék (mm)	május	48,6	16,7	25,9	38,1
	június	76,2	30,9	40,2	78,6
	július	62,9	61,0	42,5	53,5
	augusztus	63,9	40,0	86,7	49,2
	átlag	**251,6**	**148,6**	**195,3**	**219,4**
Levegő relatív páratartalma (%)	május	70,9	62,4	60,8	63,3
	június	71,9	63,7	59,0	65,4
	július	70,9	69,0	57,3	61,2
	augusztus	73,3	66,2	72,9	57,7
	átlag	**71,8**	**65,3**	**62,5**	**61,9**

1. ábra



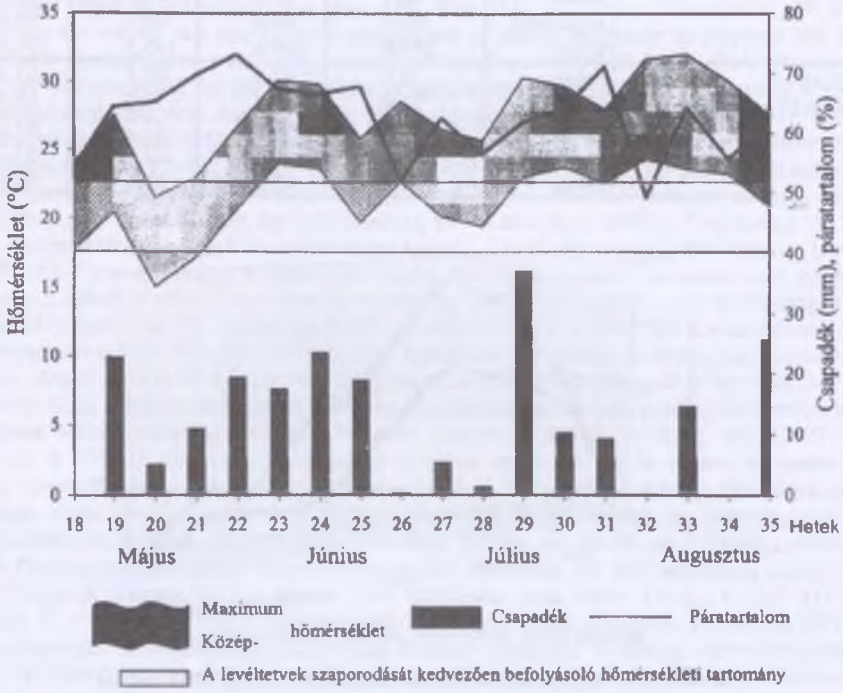
A levéltetvek egyedszámváltozása burgonyán 1982–2001 között

2. ábra



A levéltetvek migráló és/vagy rajzó, valamint táplálkozó egyedszáma burgonyán 2003-ban

3. ábra



A klimatikus tényezők alakulása 2003-ban

2. táblázat

Óránként mért meteorológiai tényezők változó értékei, szabadlevegőn és növényállományban (Mosonmagyaróvár, 2003. június 9.)

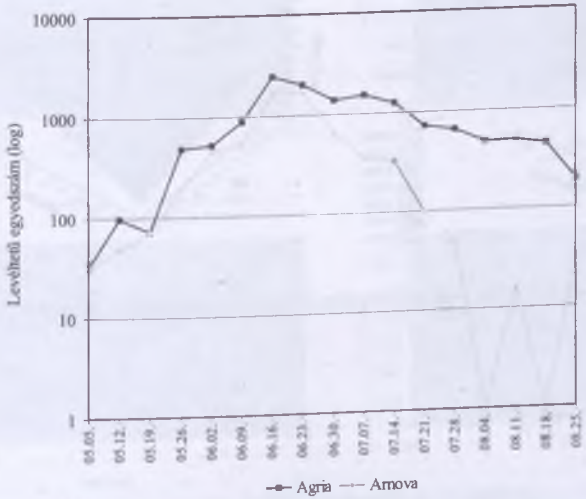
A mérések (óra)	Hőmérséklet °C		Levegő relatív páratartalom (%)	
	Szabadlevegő	Növényállomány	Szabadlevegő	Növényállomány
8	24,3	23,2	50,2	67,0
9	24,5	22,6	50,4	73,3
10	27,4	24,2	44,2	76,4
11	29,2	25,2	39,4	77,2
12	28,1	24,9	47,3	81,3
13	29,5	26,5	34,2	67,1
14	30,9	28,2	34,0	69,8
15	29,7	27,6	38,9	65,8
16	29,3	27,4	37,9	59,2
17	28,4	27,0	41,2	69,2
18	25,1	24,1	54,4	71,2
Átlag	**27,9**	**25,5**	**42,9**	**70,9**

3. táblázat

Kategóriába sorolt maximum hőmérsékleti adatok (Mosonmagyaróvár, 2003)

Hónapok	Melegnapok		Hőségnapok	Forrónapok
	Kedvező napok 15–27 °C	Kritikus napok 28–30 °C	30–35°	35 °C fölött
Május	24	4	3	0
Június	11	8	10	1
Július	19	3	9	0
Augusztus	4	8	18	1
Összesen	**58**	**23**	**40**	**2**

4. ábra



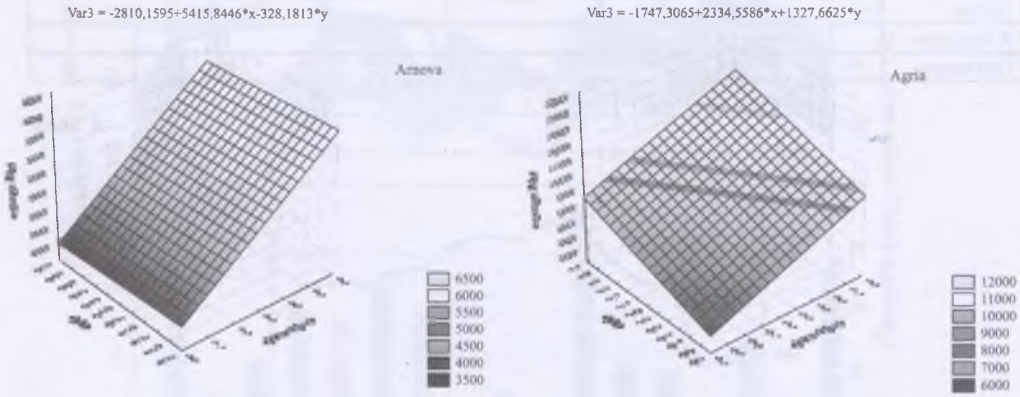
Az Agria és Arnova burgonyafajtákon táplálkozó levéltetvek egyedszámának változása öntözött körülmények között

4. táblázat

Primer anyagcsere termékek a Desirée burgonyafajta leveleiben és a levéltetvek egyedszámváltozása öt év átlagában (1998–2002)

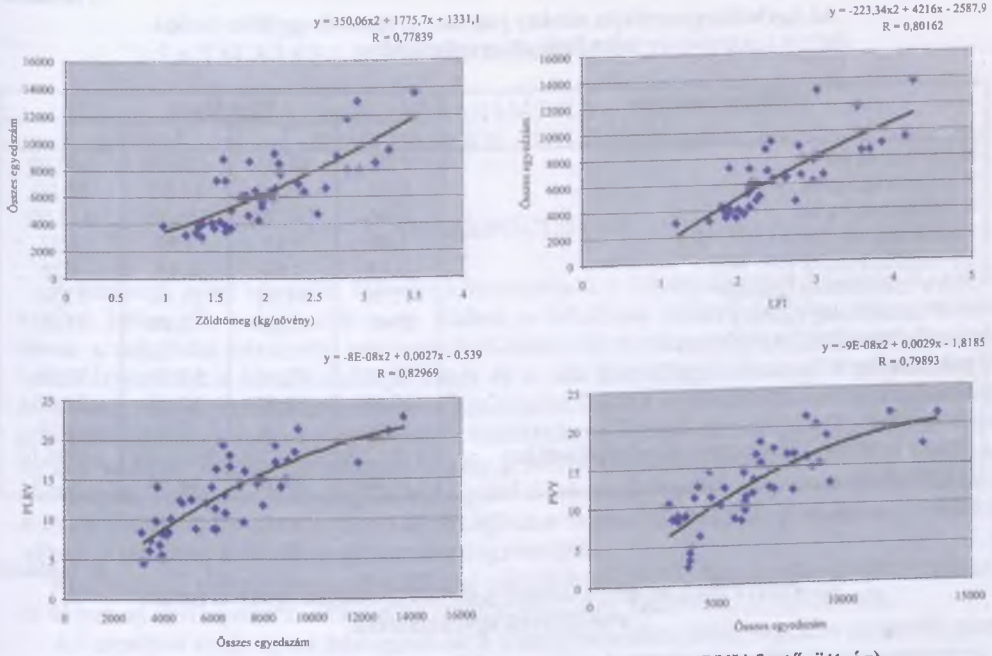
Tenyész-időszak/hét	Abszolút szárazanyag %	Az abszolút szárazanyag %-ában			Levéltetű egyedszám/ 100 növény
		Nyerszsír	Könnyen oldódó szénhidrát	Nyersfehérje	
3	90,67	2,64	4,92	**33,46**	1010,4
4	91,01	2,85	5,41	**31,29**	1064,2
5	90,42	3,32	5,53	**32,91**	1391,0
6	90,71	3,12	3,32	**31,73**	1057,8
7	91,11	3,41	3,08	**27,92**	881,2
8	90,94	4,29	6,05	**27,49**	769,0
9	90,39	4,74	5,67	**28,83**	281,8
10	90,92	**5,64**	**6,47**	22,68	112,0
11	90,65	**6,04**	**7,38**	24,98	39,2
12	90,75	**5,86**	**5,94**	23,16	36,2
13	90,64	**5,46**	**5,59**	28,09	20,6
14	90,44	**5,61**	**5,54**	27,58	27,6
15	90,87	**6,15**	**3,96**	25,49	9,6
16	91,30	**5,79**	**2,26**	24,97	1,6
17	89,83	**7,84**	**4,98**	20,97	0,0

5. ábra



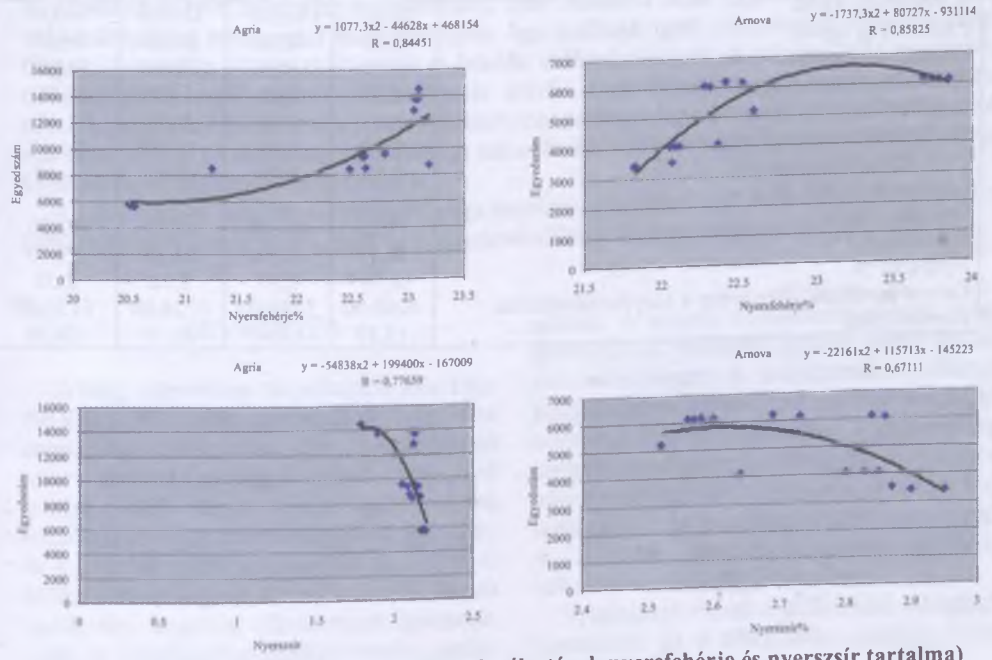
A vizsgált tényezők és a levéltetvek egyedszáma közötti kapcsolat 3 dimenziós ábrázolása

6. ábra



A vizsgált tényezők (zöldtömeg, levélfelület-index, PLRV és PVY fertőzöttség) és a levéltetvek egyedszáma közötti kapcsolat

7. ábra



A vizsgált tényezők (Agria és Arnova fajták levélzetének nyersfehérje és nyerszsír tartalma) és a levéltetvek egyedszáma közötti kapcsolat

5. táblázat

Az Agria burgonyafajta néhány jellemző értékének együttes hatása a levéltetvek egyedszámára

Jellemző adatok	Kezelések			
	1.	2.	3.	4.
N hatóanyag kg/ha	0,00	80,00	120,00	140,00
P hatóanyag kg/ha	0,00	40,00	80,00	80,00
K hatóanyag kg/ha	0,00	160,00	240,00	412,00
Zöldtömeg/növény kg (07. 10.)	1,98	2,15	3,26	3,52
Levélfelület-index (07. 10.)	2,15	3,69	4,15	4,26
PLRV fertőzöttség (gumó)	12,20	17,31	21,40	22,90
PVY fertőzöttség (gumó)	8,40	16,20	12,80	21,50
Levélanalízis (05. 25.)				
Szárazanyag %	92,18	93,16	93,49	93,26
Nyersfehérje %	20,53	22,42	22,65	23,05
Nyerszsír %	2,19	2,12	2,1	1.98
Összes levéltetü/100 növény a tenyészidőszakban	5732,00	8536,00	9436,00	13696,00
Hozam (t/ha)	21,48	29,26	46,30	52,59

6. táblázat

Az Arnova burgonyafajta néhány jellemző értékének együttes hatása a levéltetvek egyedszámára

Jellemző adatok	Kezelések			
	1.	2.	3.	4.
N hatóanyag kg/ha	0,00	80,00	120,00	140,00
P hatóanyag kg/ha	0,00	40,00	80,00	80,00
K hatóanyag kg/ha	0,00	160,00	240,00	412,00
Zöldtömeg/növény kg (07.10.)	1,39	1,35	1,79	1,78
Levélfelület-index (07. 10.)	2,01	1,84	2,25	2,18
PLRV fertőzöttség (gumó)	8,70	6,90	11,40	16,50
PVY fertőzöttség (gumó)	4,90	2,30	10,60	9,40
Levélanalízis (05. 25.)				
Szárazanyag %	91,82	91,78	92,38	92,29
Nyersfehérje %	22,15	22,08	22,38	23,75
Nyerszsír %	2,78	2,81	2,78	2.59
Összes levéltetü/100 növény a tenyészidőszakban	4068,00	3888,00	6124,00	6136,00
Hozam (t/ha)	15,19	19,63	25,19	26,30

A TALAJ ÉS A DRÓTFÉRGEK KÖZÖTTI INTERAKCIÓ

KUROLI GÉZA – ÁBRAHÁM RITA – NAGY SÁNDOR –
NÉMETH LAJOS – POLGÁR ÁKOS

ÖSSZEFOGLALÁS

A talajnak mint speciális élőhelyi környezetnek a közeg szerepét különböző, eltérő értékű jellemzők határozzák meg. Ebben a lokálisan változó élőhelyi környezetben élnek a talajlakó kártevők, amelyek fejlődésére és tevékenységére gyakorolt hatások közül értékeltük a hőmérséklet szerepét és a vele összefüggő szezonalitásokat. Megállapítható volt a változó hőmérséklet szezonális hatása a vertikális mozgásból adódó elhelyezkedésben, ami a talajszövetben mérhető. Az adatok azt igazolják, hogy a drótférgek október közepétől március végéig a mélyebb talajrétegekben (50–100 cm) tartózkodnak. A tavaszi felmelegedéssel együtt a felszín irányába vándorolnak és ekkor a hosszú téli koplalás után a vetési mélységben a felpuhult magvakat, majd a gyökérzónában a talajban lévő növényi részeket fogyasztják.

Megbízható előrejelzés csak a talajhőmérséklet (7–8 °C) figyelembevételével adható és akkor az esetlegesen szükséges beavatkozások még vetés előtt elvégezhetők.

Az aszályos évek nyári hónapjaiban a kiszáradás elkerülése végett a mélyebb rétegekbe vonulnak a drótférgek, amit további mérésekkel kell pontosítani.

Új lehetőségként alkalmaztuk a térinformatikát (GPS). Segítségével bejelöltük a mintavételi helyek földrajzi koordinátáit, ami lehetővé teszi ugyanazokon a helyeken való bármikori mintavétel megismétlését. Így tudtunk csak adatokat gyűjteni a drótférgek szezonális elhelyezkedéséről és lokális előfordulásáról. A szezonalitás egyrészt a talajszövetben való előfordulás helyzetét erősíti, másrészt pedig az egyedszám változást. A populáció lokális elhelyezkedésének ismerete pedig a precíziós talajfertőtlenítések elvégzésére ad lehetőséget. Továbbá ezt erősítik a felvételezések adataiból számított konstancia és abundancia értékek is.

A felvételezési adatok megbízhatósága további igényként veti fel a talajnedvesség befolyásoló szerepének tisztázását és a mintavételek technikai színvonalának javítását.

BEVEZETÉS

A talaj alapvetően elaprózódott kőzet darabokból áll, tehát eredendően szervetlen anyag, de növényi és állati maradványok miatt szerves anyaggal dúsul, amelynek aránya 0–80% lehet. A talaj összetevőinek sokfélesége és a közöttük meglévő többoldalú kapcsolat miatt a levegőnél és a víznél különösebb közeg az állatok számára. Ennek egyik oka, hogy az alkotórészek szilárdak, ezért az állatokra mechanikai hatást gyakorolnak. A talajok különbözőségeinek, tulajdonságainak eltérései típusba sorolásra adnak lehetőséget. A talajtípusokat jellemző tulajdonságok között szerepe van a talajfelszínnek, a talajszinteknek-, a rétegvastagságnak-, a talajszerkezetnek-, a víz-, a levegő-, a szén-dioxid-, a humusz-, a mész-, a só tartalomnak és a hidrogén koncentrációnak. A felsorolt talajtulajdonságok egymásra kölcsönösen hatást gyakorolnak.

A talajszerkezetet a különböző méretű alkotórészek és a rétegződés alakítja. Ezzel

összefüggésben van a talaj pórustérfogata és így a vízkapacitás is. A talaj levegő tartalma és annak mozgása, a H- és a CO_2 koncentrációja kapcsolatban áll a hőmérséklettel és a víztartalommal. A talaj meszezésének hatására nő a H-koncentráció és megindulnak azok a folyamatok, amelyek elősegítik az agyagképződést és ezzel együtt kedvez a növények szempontjából fontos tápanyagok raktározódásának. Ezek a talajok morzsalékossá válnak, a kötöttségük lazul, jobb lesz a szellőzöttségük. Mindezek hatására felgyorsulnak a biológiai folyamatok, amelyek a szerves anyagok mikrobiális lebontását segítik. Ezeknek a hatásoknak a következtében fokozódik a talajlakó rovarlárvák táplálkozása, ami hozzájárul az elhalt szervesanyag elfogyasztásán keresztül a talaj további javításához, ezért számolunk a talajlakók élénk tevékenységének következményeként a talaj szerkezetének, szellőzöttségének, víz és levegő kapacitásának növekedésével. A kölcsönös kapcsolatok egyben nehezítik az egyes hatások állatokra gyakorolt kifejeződésének vizsgálatát. Ennek ellenére mégis lehet összefüggést kimutatni a talajok és a benne élő állatok abundancia értékei között (*Subklew, 1934; 1936; Schwerdtfeger, 1977*).

A talaj mint közeg a benne élő állatok életközösségének az élőhelye, amihez szükséges anyag- és energiaforrásokkal rendelkezik. A talajban létező állatoknak sajátos, térben és időben változó struktúrája van, ami ezért jellegzetes élőhely szintnek (sztrátum) tekinthető. Növényeket fogyasztó (fitofág) terrikol rovarok lárváinak fejlődésük teljes időtartamára (1–4 év) élőhelye. Az ide tartozó fajok polifág táplálkozásúak, ami a tápnövény specializáció tág határai közötti érvényesüléssel jár együtt. Ezért az agrobiocönózis bármely biológiai energiát előállító forrását (kultúr- és gyomnövény) igénybe veszik, tehát károsítják (*Chaton et. al., 2003*). A kártétel mértéke a táplálkozó egyedszámtól, a táplálkozás időtartamától, a növény fejlettségi állapotától, az ökológiai feltételektől stb. függ.

Más fajok esetében csak a fejlődés egy bizonyos szakaszában szolgál élőhelyül a talaj, amikor a közegszerep a védelemre és a tartózkodásra, egyes fejlődési ciklusok időtartamára (tojás, báb) szolgál.

A talajjal kapcsolatos ismeretek szükségesek annak megítéléséhez, hogy benne melyik fajok előfordulására, szaporodására és kártételére számíthatunk. Mindezekre figyelemmel meg kell oldani az előrejelzést, hogy a fajok és azok egyedszámának ismeretében szervezzük meg a kártételük mérsékelését eredményező védekezési megoldásokat.

A hazánkban élő pattanóbogarak drótféreg típusú lárváival több szerző foglalkozott. A munkákban morfológiai, rendszertani, biológiai, kártételi, előrejelzési és védekezési kérdésekre egyaránt találunk részleteket (*Jablonowski, 1905; 1909; Révy, 1929; Győrffy, 1942; Bognár, 1955; 1958; Tóth, 1966; 1968; 1972; Szarukán, 1971; 1973; Kuroli, 1981; Tersztyánszky – Tóth, 1986*).

A rovarok változó hőmérsékletű állatok, ezért tehát élettevékenységükhöz és aktivitásukhoz a talajhőmérséklet meghatározó. A drótférgek a telelőhelyet (40–100 cm) akkor hagyják el, amikor a felső 20 cm-es talajréteg hőmérséklete 2,5–3 °C között van. A felső réteg felé irányuló határozott mozgásuk 6,8 °C-on érzékelhető. A hőmérsékleti hatás tartósságától függően a drótférgek 80%-a 30 cm-nél sekélyebb talajrétegben tartózkodik már márciusban. A tavaszi fagyok hatására a felső talajréteg lehűl és ekkor ismét a mélyebb rétegek (45 cm) irányába mozognak. A hőmérséklet 15 °C-ra emelkedésével a felső 25 cm-es talajrétegbe vonulnak, ahol szeptemberig megtalálhatók. A telelőhelyre vonulás a talaj felső rétegének 15 °C-ra hűlésével szeptemberben kezdődik és októberben befejeződik (*Tóth, 1990*).

A gazdaságos növénytermesztés egyik alapja a hektáronként tervezett tőszám felnevelése. Ezért meg kell akadályozni a talajlakó kártevők károsítását, ami egyedszámuk ismeretében lehetséges. A m^2-re vetített dominancia értékek felvételezésekkel állapíthatók meg. Az alkalmazható eljárások közé tartozik a gyakorlatban leginkább elterjedt térfogati

kvadrátmódszer (*Manninger, 1960; Kuroli, 1964; Tóth – Tersztyánszky, 1969; Camprag, 1970*). A búzacsomós módszer nyár végén gyommentes talajon alkalmazható (*Manninger et al., 1955; Benedek et al., 1974*). A fizikai munkát mérséklő gépi felvételezés a Tóth-Berkó féle mintavevővel végezhető el (*Tóth, 1967*). Az eredmények megbízhatóságának növelésére *Ilovai – Mile (1982)* jónak ítéli az erdészetben használt talajfúrót.

A technikai haladás valószínűsíti a geográfiai információs szisztéma (GIS) elterjedését. Reményeink szerint jelezhető lesz a kártevő rovarok területi elterjedése és a növényállományon belüli elhelyezkedése (*Parker – Turner, 1996*).

A herbológiai kutatások terén jelentős kutatásfejlesztési eredmények születtek a térinformatikai eszközök alkalmazásával. A kártevő állatok egy bizonyos csoportjának felvételezéséhez támpontot szolgáltathatnak a herbológiai szakterületen kidolgozott és eredményesen használt módszerek (*Reisinger et al., 2002a; 2003a*). A mintatereken felvételezett adatok megjelölése földrajzi koordinátákkal megteremti a lehetőséget a jelenségek vizuális ábrázolására (*Nagy et al., 2003*). A térképszerűen megjelenített eredmények kiindulópontjai lehetnek a helyspecifikus kezelés vezérlésének (*Reisinger, 2002b*).

A térinformatikai módszerekkel támogatott kutatások új távlatokat nyitnak meg az egyes ökológiai tényezők és a károsítók elterjedésének vizsgálatára. Az azonos mintatéren felvett adatok megteremtik a lehetőséget a talaj-gyom, a gyom-terrikol rovar kapcsolat vizsgálatára (*Reisinger et al., 2003b*). A károsító szervezetek gradáció és epidemia jelenségeit a térinformatikai eszközökkel lehet előrejelezni és magyarázni.

A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

A korábbi évek rendelkezésre álló adatainak (talajhőmérséklet, drótférgek tartózkodási helye/cm, egyedszám/m^2) felhasználásával készítettünk ábrákat, amelyek az idő függvényében, szezonálisan jól szemléltetik a drótférgek talajhőmérséklettől függő elhelyezkedését a talajszövetben. Ezek az eredmények irányt mutató jellegűek a megbízható felvételezések időpontjának megválasztásához.

Két éven keresztül január és december hónapok kivételével összesen 30 alkalommal egy-egy m^3 talajt vizsgáltak át és abból a pattanóbogár lárvákat kigyűjtötték. Feljegyezték a drótférgek elhelyezkedésének szintjét. Ezt követte a fajra történő meghatározás. A vizsgálatok során 572 lárvát gyűjtöttek, amelyeket faj szerint csoportosítva meghatározták a dominancia viszonyokat.

A felvételezéseknél meghatározott feladatnak tekintettük a drótférgek előfordulásának megállapítását, a diszperzitásból fakadó gócszerűség feltárását. Ennek alapja a fajoknak az a biológiai sajátossága, hogy az imágó gondoskodik az utódok biztonságáról. Ezért olyan területeket keres, ahol a talajba rakott tojások (csoportos tojásrakás) nedves körülmények közé kerülnek és így a nedvesség-felvétel hatására (1,5–3-szoros duzzadás) zavartalan az embrionális fejlődés. Ezért tehát a nedves, jó vízgazdálkodású talajokat, a sűrű növényállományokat (ret-, legelő-, lucerna), vagy a gyomfoltokkal fedett területrészeket keresik. Ebből fakad annak igénye, ami a területek gyommentesen tartását veti fel.

A felvételezés célja, hogy a drótférgek gócszerűen elhelyezkedő élőhelyeit felderítsük. Megvalósítani akkor tudjuk, ha a kijelölt területen legalább hektáronként veszünk egy-egy talajmintát. A mintavételi helyek kijelölését precíziós módszerrel végeztük, sakktábla-minta szerinti elosztásban. A talajlakó kártevők elterjedésének térképezéséhez a vizsgálatra kijelölt 3 táblán négy időpontban (2003. március 27., május 8., július 22. és szeptember 17.) végeztük el a felvételezéseket. Első felvételezés alkalmával a Trimble Pathfinder Power térinformatikai GPS segítségével szubméteres pontossággal (Omnistar jelkorrekcióval) rögzítettük a

mintaterek helyét, a további időpontokban ezeket a helyeket kerestük fel és elvégeztük a jelölést, majd a mintavételezést.

A kapott adatokból csak a drótféreg fajokat értékeltük, amelyek összes egyedsűrűségét négy időpontban ábrázoltuk az 1 m^2-re átszámított értékek felhasználásával. Az adatokat Microsoft Excel táblázatokba vittük be, majd többszöri konvertálással az ERDAS Imagine 8.5 Professional térfogat informátori szoftverrel ábrázoltuk. A kialakított térképek tulajdonképpen digitális domborzat-modellek, amelyeknél a földrajzi pozíciókhoz attributumként rendeltük az adott ponton felvételezett kártevő egyedszámot. Így ennek értékét ott a felület magassága mutatja. A sík felület az adott táblarészen a kártevő 0 egyedsűrűségét jelenti. Az egyes pontokon az egyedsűrűség az ott látható szintvonalak számával egyenlő m^2-enkénti egyedszámot jelez.

A talajokat a Tóth-Berkó féle munkagéppel mintáztuk meg. A mintavevő hengerrel kiemelt talajtömeget a helyszínen manuálisan feldolgoztuk és a benne élő rovarokat tartósítva fajmeghatározási céllal begyűjtöttük.

A felvételezések adatai alapján kiszámítottuk a drótférgek konstanciáját és abundanciáját. A konstancia érték kiszámításakor figyelembe vettük azt, hogy a drótférgek a megvizsgált minták hány %-ában fordulnak elő. Az abundancia értékkel pedig azt fejeztük ki, hogy a drótférgek között előforduló fajok a mintavételekben hány példánnyal részesednek. Erre alapvetően azért van szükség, mert a drótférgek egyedszáma a vizsgált területeken eltéréseket mutat és ennek megfelelően szükséges az általuk benépesített gócok feltárása.

A KÍSÉRLETEK EREDMÉNYE ÉS DISZKUSSZIÓJA

A talajhőmérséklet és a mélység 92,0, a tartózkodási hely és az egyedszám 76,5%-os kapcsolatot igazol, ami igen szoros, ill. szoros korrelációt bizonyít.

A felvételezések során összefüggést állapíthattunk meg a talajhőmérséklet és a lárvák vertikális mozgása között. Az összefüggés különösen határozott tél végén és szeptember végétől a tél kezdetéig. Nyári időszakban a lárvák 100%-a a felső 25 cm-es rétegben helyezkedik el, de azon belül kisebb mértékű függőleges mozgás előfordul. Tél végén a fagyok megszűnését követően, amikor a talaj felső 20 cm-es rétegének hőmérséklete 2,5–3 °C között van, a telelőhelyekről megindul a lárvák felszín irányába való vándorlása. Határozott mozgás 6–8 °C-on következik be. A lárvák szinte kivétel nélkül a 45 cm-es talajrétegben tartózkodnak akkor, ha a 6–8 °C-os hőmérséklet tartósan érvényesül. Tavaszi lehűlés esetén a lárvák visszavonulnak a mélyebb rétegekbe. A hőmérséklet kedvező alakulása biztosíték arra, hogy a drótférgek szeptemberig a talaj felső 25 cm-es rétegében tartózkodnak. A telelő-mélységbe vonulás ősszel akkor kezdődik meg, amikor a talaj 15 °C-ra, vagy az alá hűl. A telelő-mélység talajtípusok szerint változik, saját vizsgálataink szerint 35–95 cm között realizálódik. A telelést követő táplálkozás kényszere a felső 5–10 cm-es rétegbe irányítja a lárvákat (1., 2. ábra). Ilyen esettel találkoztunk Kúnszigetben, ahol a kelő gyökérzöldségeket ebben a mélységben elhelyezkedve 120/m^2 drótféreg fogyasztotta, ill. teljesen elpusztította.

A talajlakó drótférgekről elterjedési térképeket készítettünk, amelyek segítségével kimutattuk az élőhelyek gócszerűségét. Ennek alapján megoldható a precíziós talajfertőtlenítés, ami egyben a környezet peszticid terhelésének csökkentését is jelenti. Napjainkban is érvényes hagyományos növénytermesztési technológia egyik fő ellentmondását jelenti, hogy az ökológiai tényezők (talaj és tulajdonságai, a csapadék ellátottság, gyomflóra, tápanyag ellátottság, károsító rovarpopulációk stb.), általában heterogén előfordulást mutatnak a területeken. Ezzel szemben a termelési technológiák elemeit tábla-szinten homogén módon hajtják végre. Ez a megoldás a precíziós mód-

szerek alkalmazásával felváltható és így szolgálja a hatékonyságot, a gazdaságosságot és a peszticid hatóanyagok mennyiségének mérséklését.

A talajhőmérséklet szerepét vizsgálatainkban igazolni tudtuk és egyértelműen bizonyítottá vált a májusi felmelegedés populációra gyakorolt hatása (*Tóth, 1990*). Ebben az évben (2003) márciusig mínuszban volt a talaj felső 10 cm-es rétegének hőmérséklete, és csak a hónap második felében érte el, majd meghaladta az 5 °C-t. A nyári aszály miatt kiszáradt talajokból mélyebb rétegekbe kényszerültek a drótférgek, amit a júliusi és szeptemberi adatok igazoltak (3., 4., 5. ábrák).

A pattanóbogarak lárváinak hőmérséklet és nedvesség-igénye eltérő lehet, mert márciusban és májusban az *Agriotes spp.*, míg júliusban és szeptemberben az *Athous obsurus* és a *Selatosomus spp.* fajok dominanciája érvényesült.

A felvételezések alkalmával egyetlen esetben sem találtunk pajor típusú lárvát. Ennek valószínűsíthető oka lehet, hogy az utóbbi évtizedekben egyetlen alkalommal sem érzékeltük a háromévenként (1992, 1995, 1998, 2001) törvényszerűen bekövetkező *Melolontha melolontha* L. rajzást. A ciklusok elmaradása visszavezethető a rendszeres és hatékony talajművelésre, az ekéket követő madársereg (sirályok, varjak) lárvagyérítő táplálkozására, a kiterjedt és rendszeres gyomirtás tápnövényeket szűkítő szerepére, valamint a termelési rendszerek (IKR) által előírt kötelező talajfertőtlenítésekre.

A területeken termesztett növények tápnövény szerepe eltérő módon járul hozzá a drótférgek egyedszám alakulásához. Felmérésekre figyelemmel a rét-legelő területek talajában az átlagos abundancia érték 7,8, a gabonafélékben 1,5, a lucernában 1,1, a kapásokban 0,9 1/m^2. A gyommentes kukoricaterületeken az egyedszám évről évre mérséklődő előfordulása érvényesül a kedvezőtlen életfeltételek következtében. Az okok közé tartozik a gyommentesség, az egyoldalú táplálékforrás, a kedvezőtlen tojásrakási feltételek, az intenzív és mély talajművelés, valamint a legtöbb évben kiszáradt felső talajréteg. A bolygatás nélküli talajokban mindig nagyobb az egyedszám, mint a többször műveltekben (*Tóth, 1990*).

A C/2 jelű területen termesztett facélia elővetemény vöröshere volt, ahol a drótférgek konstancia és abundancia értékei nem tükrözik az általánosan elfogadott, az egyedszámra érvényes kedvező hatásokat. Bár előfordulhat – mint ahogy arra több irodalmi adat is utal –, hogy a feltörést követő második évben növekszik az egyedszám. A C/4 jelű területen tavaszi árpát tavaszi árpa, az A/10 táblán őszi bükkönyt tavaszi bükköny (Béta 11) követett, ahol a számított értékek alapján a drótférgeknek csekély a veszélyt jelentő egyedszáma.

A precíziós felvételezéssel, a 0,5 m-es pontossággal elvégzett szezonálisan ismételt mintavételezések során megállapítottuk a kialakult gócok helyét, ahol a talajban az egyedszám kártételt okozó mértéket ért el, ill. azt meghaladta. Ezek azok a területrészek (3., 4., 5. ábra), ahol célszerű elvégezni a talajfertőtlenítést.

A szezonálisan megismételt vizsgálatok arra is rámutatnak, hogy az egyedszám módosul a tenyészidőszak folyamán. A változás a betakarítás utáni talajmunkákat követő felvételezéseknél (július 22.) volt szembetűnő. Mindhárom területen tárcsás talajművelést végeztek. A C/2 és C/4 táblák laza szerkezetűek, az A/10 pedig kötött öntéstalaj. A laza talajú területeken az agrotechnikai kívánalmakat kielégítő talajállapot jött létre, míg a kötött területen durva, kiszáradt rögök jellemezték a talajmunka eredményét. A tarlóhántásra és a csapadék-mentesség következtében kialakult szárazságra tekintettel a C/2 és a C/4 táblákon 71,5 ill. 85,7%-kal csökkent a konstancia (1. táblázat), 79,5 ill. 88,7%-kal pedig az abundancia (2. táblázat) érték. Az A/10 táblán a talajállapot rögössége miatt az előbbi értékek 100%-kal csökkentek, ami a drótférgek teljes eltűnését eredményezte a vizsgált talajszintből. A

talajművelés következtében a fiatal L_{1-2} fejlettségű lárvák elpusztulnak, a tojások felszínre kerülve kiszáradnak, az idősebb lárvák egy része a mechanikai sérülés következtében semmisül meg, továbbá a madarak is gyérítik az egyed-állományt. A talajművelés következményeként értékelt drótféreg pusztulás mértékét 63–87%-ban állapították meg Angliában (*Cockbill et al., 1947*).

A *Stefanovits et al. (1973)* által elkészített új talajosztályozás keretében megnevezett talajtípusokra figyelemmel elvégzett felvételezések alkalmával megállapították a drótférgek abundancia-értékét. Ennek során a talajtípusok rangsorba állíthatók voltak attól függően, hogy bennük milyen egyedszám értéke volt az *Elateridae spp.* fajoknak. A vizsgálatok adatai arra figyelmeztetnek bennünket, hogy a felvételezések során elsősorban az 1–12. sorszámmal ellátott talajtípusok azok, ahol az egyedszám elérheti, vagy meghaladhatja a veszélyes küszöbértéket. Ezért tehát itt különös gondot kell fordítani a kártételek kialakulását előidéző gócok felderítésére. A felvételezések során begyűjtött *Elateridae spp.* lárvákat fajra is meghatározták. A 3. táblázatban az *Agriotes spp.* fajok közül a kártételeket leginkább kiváltók abundancia-értékét feltüntetve is kimutatták. Az *Agriotes spp.* fajok között kártétel szempontjából leginkább az *A. ustulatus* és az *A. obsurus* vehető számításba. Helyenként kártételt okozó egyedszámban előfordulhat még az *A. sputator* és az *A. lineatus*.

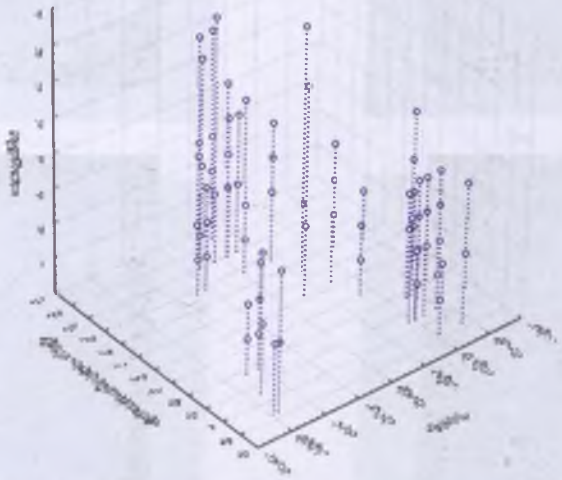
A 6. ábrán a Tóth–Berkó féle talajmintavevő készüléket, a 7. ábrán a kiemelt talajmintát mutatjuk be. A mintán jól látható annak mérete (20 cm átmérő, 60 cm oszlopmagasság) és tömődöttsége. A méretet célszerű lesz a megbízhatóságot jelentő pontosság miatt növelni. A talajtömődöttséget pedig csökkenteni kell a minta feldolgozhatósága, az adatok megbízhatósága miatt és a drótférgek sérülékenységének elkerülése végett.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BENEDEK P. – SURJÁN J. – FÉSÜS I. (1974): Növényvédelmi előrejelzés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (2) BOGNÁR S. (1955): Adatok a magyarországi szántóföldi pattanóbogár lárvákról. A MTA Agrártudományok osztályának közleményei, 8 (1–2): 103–105. pp. (3) BOGNÁR S. (1958): A „drótféreg" kérdés és az újabb védekezési kísérletek eredményei. Növénytermelés, 3: 143–258. pp. (4) ČAMPRAG, D. (1970): Prognoziranje pojave i štetnost larvi žičnjaka (*Elateridae*). Dokumentacija za technologiju i tehniku u poljoprivredi, 94: 1–9. pp. (5) CHATON, P. F. – MAURAS, R. – RAVANEL, P. – MEYRAN, J. C. – TISSUT, M. (2003): Wireworm–how the larvae attack: plant-eating strategies of *Agriotes* larvae (beetles and wireworms) on corn seedlings. Phytoma, 557: 41–42, 44–45. pp. (6) COCKBILL, G. F. – ROSS, D. M. – STAPLEY, J. H. (1947): Wireworm populations in relation to crop production. Ann. Appl. Biol., 34: 83–103. pp. (7) GYŐRFFY J. (1942): Miért nagyobb a drótféregkár a frissen feltört gyepben. Növényvédelem, 18: 149–150. pp. (8) ILOVAI Z. – MILE L. (1982): A talajlakó kártevők felvételezésének új módszere, a GF–600 gödörfúró alkalmazása. Növényvédelem, 18 (5): 232–236. pp. (9) JABLONOWSKI J. (1905): A drótféreg és irtása. Mezőgazdasági Szemle, 23: 19–3. pp. (10) JABLONOWSKI, J. (1909): Die tierischen Feinde der Zuckerrübe. Verl. D. Landenvereines Ungarischer Zuckerindustrie. Budapest, 398. p. (11) KUROLI G. (1964): Nagyüzemi talajfertőtlenítési kísérletek terricol rovarok ellen. Mosonmagyaróvári Agrártud. Főisk. Közl., 7 (6): 17–22. pp. (12) KUROLI G. (1981): Növényvédelem. Üzemi növényvédelem. In: Kováts A. (szerk.) Növénytermesztési Praktikum. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 57–76. pp. (13) MANNINGER G. A. (1960): Szántóföldi növények állati kártevői. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 117–134. pp. (14) MANNINGER G. A. – HUZIÁN L. – TÓTH Z. – ZANA J. – ZSEMBERY S. – ZSOÁR K. (1955): A cukorrépa kártevők előrejelzése Magyarországon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (15) NAGY, S. – REISINGER, P. – ANTAL, K. (2003): Mapping the distribution of perennial weed species for planning precision weed control, 3rd International Plant protection Symposium (3rd IPPS) at Debrecen University. Proceedings, 300–306.

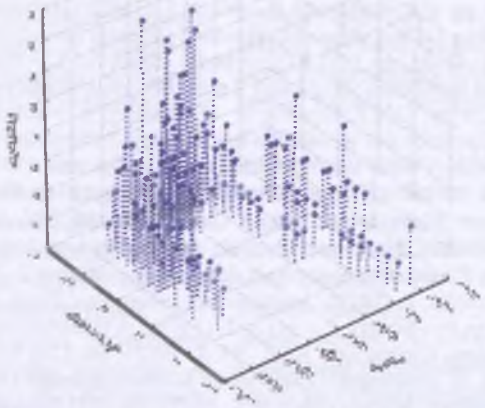
pp. (16) PARKER, W. E. – TURNER, S. T. D. (1996): Application of GIS modelling to pest forecasting and pest distribution studies and different spatial scales. Aspects of Applied Biology, 46: 223–230. pp. (17) REISINGER, P. – LAJOS, K. – LAJOS, M. – NAGY, S. (2002a): Die Erweiterung unkrautzönologischer Aufnahmen durch GPS-Koordinaten. Zeitschrift für Pflanzenkrankenheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. 18: 451–457. pp. (18) REISINGER P. – NAGY S. (2002b) Helyspecifikus gyomirtási technológia tervezése kukoricában GPS-el megjelölt gyomfelvételezési mintaterek alapján. Magyar Gyomkutatás és Technológia, 1: 45–55. pp. (19) REISINGER P. – KŐMÍVES T. – NAGY S. (2003a): A gyomfelvételezés mintasűrűségére vonatkozó vizsgálatok a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez. Növényvédelem, 39. (9): 413–429. pp. (20) REISINGER, P. – LEHOCZKY, É. – KŐMÍVES, T. (2003b): Relationships between soil characteristics and weeds. 8th International Symposium on Soil and Plant Analysis. 13–17 January 2003. Somerset West, South Africa. Book of Abstracts, 175. p. (21) RÉVY D. (1929): A drótférgekről. Cukorrépa. 2: 150–154. pp. (22) SUBKLEW, W. (1934): Physiologisch-experimentelle Untersuchengen an einigen Elateriden. Z. Morp. Ökol. Tiere, 28: 184–228. pp. (23) SUBKLEW, W. (1936): Beziehungen zwischen der Lebensfähigkeit der Larven von *Melolontha melolontha* L. und *Melolontha hippocastani* F. und dem Salzgehalt des Aussenmediums Z. Forst-u. Jagdwes, 68: 145–162. pp. (24) SCHWERDTFEGER, F. (1977): Autökologie. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin, 208–221. pp. (25) STEFANOVITS P. – FÓRIZS J. – MÁTÉ J. (1973): A földértékelés talajtani alapjai és természettudományi vonatkozásai. Kísérletügyi Közl., 55/A: 19–29. pp. (26) SZARUKÁN I. (1971): Kártevő pajorok (*Melolonthidae*) és drótférgek (*Elateridae*) felvételezésének 1968–1969. évi tapasztalatai vetésforgó kísérletek talajában. Növényvédelem, 7: 52–57. pp. (27) SZARUKÁN I. (1973): Kis pattanóbogarak (*Agriotes* spp.–*Elateridae*) a hajdúsági löszhát lucernásaiban. Növényvédelem, 9: 433–439. pp. (28) TERSZTYÁNSZKY G. – TÓTH Z. (1986): A mezőgazdaságilag művelt talajok gyakori rovarlárváinak határozója. Akadémiai Kiadó. Budapest, 5–87. pp. (29) TÓTH Z. (1966): A talajlakó ízeltlábúakra ható néhány ökológiai tényező vizsgálata Nyugat-Dunántúlon. Mosonmagyaróvári Agrártud. Főisk. Közl., 9: 3–20. pp. (30) TÓTH Z. (1967): Talajmintavételi módok az előrejelzés szolgálatában. Mosonmagyaróvári Agrártud. Főisk. Közl., 10: 143–150. pp. (31) TÓTH Z. (1968): Néhány talajlakó ízeltlábú és a talajtípusok. Mosonmagyaróvári Agrártud. Főisk. Közl., 11: 195–201. pp. (32) TÓTH Z. (1972): A pattanóbogár lárvák vertikális mozgása. ATE Mg. Kar Közl., Mosonmagyaróvár, 15: 5–14. pp. (33) TÓTH Z. (1990): Pattanóbogarak–*Elateridae*. In: Jermy T. – Balázs K. (szerk.) A növényvédelmi állattan kézikönyve 3/A: 30–70. pp. (34) TÓTH Z. – TERSZTYÁNSZKY G. (1969): Mintavételi módszer és a fejlődési sajátosságok jelentősége a kártevő talajlakók előrejelzésében. Kísérl. Közl., 62/C: 79–87. pp.

1. ábra



A drótférgek talajhőmérséklettől függő szezonális elhelyezkedése

2. ábra



A drótférgek szezonális elhelyezkedése a talajrétegekben

3. ábra

március

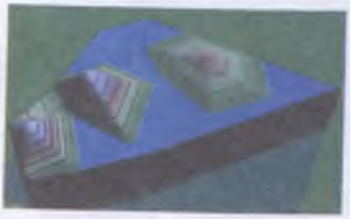
május

július

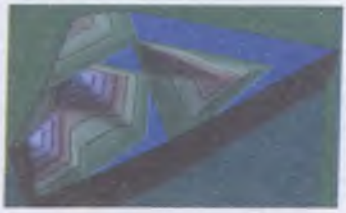
szeptember

A drótférgek gócszerű és szezonális előfordulása a C/2 jelű területen (1 szintvonal: 1 egyed/m^2)

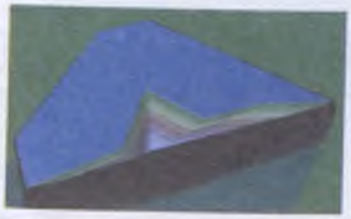
4. ábra



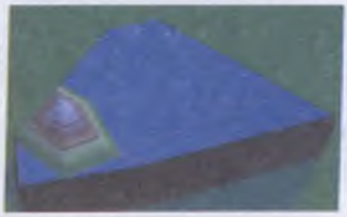
március



május



július



szeptember

A drótférgek gócszerű és szezonális előfordulása a C/4 jelű területen (1 szintvonal: 1 egyed/m²)

5. ábra

március

május

július

szeptember

A drótférgek gócszerű és szezonális előfordulása az A/10 jelű területen (1 szintvonal: 1 egyed/m2)

1. táblázat

A drótférgek konstanciájának szezonális változása (2003)

A mintázott terület		Felvételezések időpontja/Szezonális konstancia értékek			
Megnevezés	Mintaszám	03. 27.	05. 08.	07. 22.	09. 17.
C/2	36	11,11	19,44	5,55	8,33
C/4	23	17,39	30,43	4,34	4,34
A/10	20	20,00	25,00	0,00	0,00

2. táblázat

A drótférgek abundanciájának szezonális változása (2003)

A mintázott terület		Felvételezések időpontja/Szezonális abundancia értékek			
Megnevezés	Mintaszám	03. 27.	05. 08.	07. 22.	09. 17.
C/2	36	0,53	0,88	0,18	0,27
C/4	23	0,83	1,24	0,14	0,14
A/10	20	0,79	1,11	0,00	0,00

3. táblázat

Néhány pattanóbogár faj lárvájának abundanciája a különböző talajtípusokban

Sor-szám	Talajtípusok	Fajok				
		Elateridae összesen	Agriotes ustulatus Schall.	Agriotes obscurus L.	Agriotes sputator L.	Agriotes lineatus L.
1.	Barnaföld Ramann-féle barna erdőtalaj, középkötött vályog	2,00	1,51	1,51	0,06	0,08
2.	Réti talaj, agyagos vályog	1,67	0,73	0,58	0,06	0,01
3.	Szolonyeces réti talaj, agyagos vályog	1,67	1,00	0,08	0,01	0,01
4.	Lápos réti talaj, agyagos vályog	1,67	0,10	1,00	0,08	0,00
5.	Agyagbemaródásos barna erdőtalaj, homok, vályog	1,51	0,58	0,58	0,06	0,00
6.	Réti öntéstalaj, agyagos vályog	1,00	0,73	0,10	0,01	0,01
7.	Réti öntéstalaj, középkötött vályog	1,00	0,03	0,10	0,06	0,00
8.	Mészlepedékes, csernozjom, középkötött vályog	1,00	0,73	0,10	0,01	0,00
9.	Lápos réti talaj agyagos vályog	1,00	0,03	0,08	0,06	0,00
10.	Réti csernozjom, középkötött vályog	0,81	0,73	0,06	0,01	0,00
11.	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj középk. vályog	0,81	0,58	0,10	0,01	0,01
12.	Csernozjom barna erdőtalaj, homokos vályog	0,81	0,10	0,04	0,06	0,00
13.	Kovárványos barna erdőtalaj, homokkal	0,58	0,06	0,01	0,01	0,06
14	Réti talaj, középkötött vályog	0,58	0,39	0,10	0,01	0,01
15.	Csernozjom barna erdőtalaj, középkötött vályog	0,45	0,58	0,04	0,06	0,00
16	Lápos réti talaj, középkötött vályog	0,10	0,03	0,06	0,01	0,00

6. ábra

A Tóth-Berkó-féle talajminta vevő

7. ábra

A kiemelt talajminta

AGROÖKOSZISZTÉMÁK, REGIONALITÁS ÉS BIODIVERZITÁS

CSETE LÁSZLÓ – LÁNG ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

Az „Agroökoszisztémák, regionalitás és biodiverzitás" témakörben végzett vizsgálatok érdekes, tanulságos és hasznos következtetések levonására nyújtottak lehetőséget, mind az agroökoszisztémák jellegéről, mind pedig a környezettel, a régiókkal és a biodiverzitással való összefüggésekről, melyek meghatározóak az agroökoszisztéma jövőbeni alakulásában, valamint a szemlélet, a tudatos szabályozás befolyásolásában.

1. Az agroökoszisztémák egyéves és évelő szántóföldi kultúráival, dísz- és gyógynövényeivel, szőlőivel, gyümölcsöseivel, mikroorganizmusaival stb. kisebb-nagyobb területi egységekben megjelenő rendszerként értelmezhető ökológiai objektumok, olyan élőhelyek, amelyek a természetközeli élőhelyekkel azonos, de zömében eltérő sajátosságokkal rendelkeznek, mindenekelőtt a külső tényezőket illetően.

2. Az agroökoszisztémák is lényegükben komplex önszerveződő rendszerek, amelyekben adott helyen és időben meghatározott törvényszerűségek érvényesülnek, amihez az emberi tudás rásegítése, időnkénti beavatkozása szükséges.

3. Az agroökoszisztémák súlyát, jelentőségét mindenekelőtt az húzza alá, hogy hazánk területének több mint 80%-át, kereken 75 000 négyzetkilométert foglalnak el, ami sokszorosa a természetközeli élőhelyek területi kiterjedésének.

Az agroökoszisztémák élelmiszereket, illetve élelmiszer alapanyagokat bocsátanak ki, ami az emberi megmaradás alapfeltétele, s remélt megoldása a világ globális problémái egy részének.

Az agroökoszisztémák természeti erőforrások, a természeti környezetnek emberi szükségleteket kielégítő része, amely ésszerű működés mellett megújítható, ami különösen fontos az energiaproblémák jövőbeni megoldásában is.

Az agroökoszisztémák szolgáltatásai között az CO_2 elnyelést, az oxigén-kibocsátást, tájképi értékét is indokolt számításba venni.

Az agroökoszisztémák a fajok, fajták számának megőrzésével és jelentős gyarapításával hozzájárulnak az élővilág sokszínűségéhez. Ezen, valamint azon túlmenően, hogy az agroökoszisztémák a biodiverzitás elemei, a táblaszélek, utak, árokpartok, mezővédő erdősávok stb. révén szintén hozzájárulnak az élővilág sokszínűségéhez.

Az agroökoszisztémák a faj és fajta gazdagodásával, a kemikáliák csökkenő, majd remélhetően ésszerűbb felhasználásával is hozzájárulnak az élővilág sokszínűségéhez.

Az agroökoszisztémák megítélésében változást jelent, hogy a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszerben 9 agrár élőhely is megjelent.

4. Az agroökoszisztémák térbeli sajátosságainak, különbözőségeinek a megismerése hozzájárul az EU-ban gyakorolt regionális szabályozás megalapozásához. A régiók, tájak, termőhelyek eltérő minőségének a feltárása az ésszerű versenyképes területhasznosításban, a környezetterhelés csökkentésében, a területpihentetés megalapozásában stb. is kamatoztatható.

Az agroökoszisztémák a vidék alkotóelemei is, így mindaz, amit a vizsgálatok feltártak, azok a vidékfejlesztési programok alapozásában is alkalmazhatók.

5. Az elmúlt másfél évtized gazdasági, társadalmi, politikai eseményei, esetlegességei, a történelmileg kialakult és ésszerű területi munkamegosztást felborították, az agroökoszisztémák regionális szerkezetében a várhatótól eltérő változások zajlottak le. A felszíni viszonyok hatása azonban, ha csökkent mértékben is, de érvényesült az alföldi síkvidéki (3 nagytáj) és a dombvidéki (4 nagytáj) nagytájak vonatkozásában.

Az agroökoszisztémák regionális szerkezetében elsősorban a tőkeerősség hatására a termőhelyi adottságoktól eltérő jelenségek fedezhetők fel. Például a dombvidéki nagytájakban magasabb a gabonatermelés aránya, mint a síkvidéki, alföldi nagytájakban. Ez utóbbiakban ugyanakkor nagyobb az intenzív, magasabb ráfordításokat igénylő kultúrák súlya és az állattartás minden ágazata kedvezőbb arányt mutat a dombvidéki nagytájakhoz képest. A vizsgálati eredmények arra is utalnak, hogy a tőke – ésszerűen – a nagyobb hatékonysággal kecsegtető ökoszisztémák felé vándorolt.

6. Az agroökoszisztémák értékelésére pontrendszert dolgoztunk ki, amit függetlenítettünk az elmúlt másfél évtized esetlegességeitől és így reális képet alkothattunk a középtájak egymás közötti viszonylagos „értékéről" és sorrendjéről. Az agroökológiai potenciál alapján megállapítható, hogy 7 középtájban az agroökoszisztéma hasznosításának rugalmas mozgástere meglehetősen tág, fenntartható gazdálkodás mellett az EU-ban is igen jók a versenyesélyeik. Ugyanakkor a 35 középtáj utolsó 9 „helyezettjében" művelési ágak változtatása, a tevékenység diverzifikálása és a szolgáltatások felkarolása szükséges.

7. Az agroökoszisztémák – mint említettük – gazdagítják a biodiverzitást, de a nagytájak környezetében különféle természetközeli élőhely típus mozaikok helyezkednek el. A domb- és hegyvidéki nagytájakban csaknem kétszer annyi élőhely típus mozaik található – az erdősültség, a felszíni viszonyok következtében –, mint az alföldi, síkvidéki nagytájak környezetében.

8. Az agroökoszisztémák jövőbeni alakulásában általában a fenntartható gazdálkodási rendszerek, illetve a fenntartható precíziós gazdálkodási rendszerek jelenthetik a megoldást, mert ezek eleve ráfordítás-takarékosak, víztakarékosak s így a felmelegedés, szárazság, időjárási anomáliák körülményei között is esélyt jelentenek.

9. Az agroökoszisztémák, a környezet és szabályozás összefüggéseinek, valamint kölcsönhatásainak vizsgálata az ökológiai gazdaságtan – új elméleti irányzat – útját is egyengeti.

1. AZ AGROÖKOSZISZTÉMÁK SAJÁTOSSÁGAI

Az agroökoszisztémák más ökoszisztémáktól eltérően olyan sajátosságokkal rendelkeznek, melyek bemutatása egyrészt szemléletformáló, másrészt megmagyarázza az agroökoszisztémák térbeni megjelenését, a környezetbe, a sokszínű élővilágba való beágyazottságát, valamint a különféle összefüggéseket és a kölcsönhatásokat.

(1) *Az agroökoszisztémák a környezet szerves részei, az emberi lét alapvető feltételei.* A vonatablakból kitekintő, vagy a televízió képeit nézegető ember tapasztalhatja, hogy a települések, utak, vasutak stb. mellett mindenfelé az agroökoszisztéma jeleit, búza, kukorica stb. táblákat, mezőket, erdőket lát. Ez természetes, hiszen *a környezetnek több mint 80%-át a mező-erdőgazdasági területek, halastavak, nádasok alkotják.*

(2) *Az agroökoszisztémák a bioszféra aktív, szerves és különféle javakat szolgáltató részei is egyúttal.* Erről előszeretettel elfe-

lejtkeznek, s egyszerűen csak a terménytermék előállító tevékenységet tartják számon. Hogy ez mennyire egyoldalú, azt sok más mellett az is fényesen bizonyítja, hogy *1 ha kukorica* vetésterület *7 t/év oxigént* bocsát ki a vegetációs periódusa alatt és ennél *hatszázszor több szén-dioxidot* használ fel, zömében a levegőből. Ez jóval több, csaknem kétszerese a természetes rét, s fele az 50 éves erdő hasonló „szolgáltatásának". Továbbá az erdők-mezők, a szántók zöld színe megnyugtató, egyúttal a rekreáció színterei is, levegőt szűrnek, a termőtalajok pedig vízkészleteket raktároznak és még sorolhatók a különféle hasznos, semmi mással nem helyettesíthető szolgáltatások.

Mindemellett az agroökoszisztémák keretében előállított termékek, termények, az emberi táplálkozás, a megmaradás alapfeltételeit, a szegénység felszámolásának és az ember boldogulásának alapjait is jelentik. Az *ENSZ Világkonferenciája Johannesburgban* aláhúzta az ökoszisztémák meghatározó szerepét a globális problémák – a szegénység, az alultápláltság, az éhezés, a természeti erőforrások felélése – megoldásában. Ez nemcsak az agroökoszisztémák szerepét világítja meg újszerűen, hanem felhívja a figyelmet arra hogy a globális élelmezési problémák megoldásában – amit az éghajlatváltozás jelenségei, a különféle epidémiák csak súlyosbíthatnak a jövőben – azok az országok találhatók előnyösebb helyzetben, amelyek képesek élelmiszerfeleslegeket előállítani! Ebből szükségszerűen következik, hogy a hazai agroökoszisztémák kapacitásait célszerű megőrizni, még akkor is, ha átmenetileg az EU túltermelési jelenségei bizonyos kapacitások felszámolására utalnak. A közelmúlt évtizedek példái világosan bizonyítják, hogy a felszámolást követően csak igen nagy áldozatokkal és lassan sikerül helyreállítani, vagy modernizálni a megszűnt kapacitásokat.

(3) *Az agroökoszisztémák egyrészt a biodiverzitás alkotó elemei is, másrészt a társult, együtt élő fauna és flóra élőhelyei is.* Erről is gyakran megfeledkezve sokan úgy gondolják, hogy a biodiverzitást csak a védett területek növényei, állatai alkotják.

(4) Abban, hogy mind a mai napig az agroökoszisztéma ökoszisztéma jellegét nem vették figyelembe az is közrejátszott, hogy ez *különbözik a természetes ökoszisztémáktól, úgy, ahogy a kultúrtáj az őserdőtől,* de azért mindkettő táj, esetünkben mind az „agro", mind a „természetes" egyaránt ökoszisztéma.

(5) *Az agroökoszisztémák térben helyezkednek el, s kiterjedésük megközelítően 75 000 km^2-t tesz ki.* Ez eleve indokolja az agroökoszisztémák területi, vagy regionális elemzését. Ennek indokoltságát az is aláhúzza, hogy a Kárpátoknál megszűnnek a tájak nagy zóna rendszerei és a Kárpát-medencét már a mozaikosan elrendeződő felszíni, talaj, vízrajzi és termőhelyi viszonyok jellemzik.

(6) *Az agroökoszisztémák hazai regionalitása az EU-ban követett regionális szabályozás alapozásában is hasznosítható.* A területalapú támogatásokra regionális határértékeket állapíthatnak meg a tagországok, a támogatások egy részét átcsoportosíthatják, szántóra és legelőre eltérő támogatási szintet határozhatnak meg, a területpihentetést is regionálisan határozhatják meg, s a támogatások 50%-át december 1. előtt kifizethetik azokban a régiókban, ahol súlyosak a pénzügyi gondok. (14)

(7) *Az agroökoszisztémák regionális vizsgálata* feltárhatja a régiók, tájak, termőhelyek közötti minőségi eltéréseket, melyek a területek, tájak ésszerű hasznosításában, a pihentetésben, a környezetterhelésben, a versenyesélyek megalapozásában egyaránt szerepet játszhatnak.

(8) Az *agroökoszisztémák egyúttal természeti erőforrások, a természeti környezetnek emberi szükségleteket kielégítő része.* Az agroökoszisztémáknak ez a szerepe általában nem kap kellő figyelmet, holott a fosszilis erőforrások kimerülésével az agroökoszisztémák megújuló jellege alapvető jelentőségű. A regionális vizsgálatokból követ-

keztetni lehet arra is, hogy hol érdemes korszerű, környezetkímélő, nagyobb ráfordításokkal folytatott gazdálkodási rendszereket előirányozni, s hol célszerűbb a termelés diverzifikálására, szolgáltatásokra, szántóföldi fatermelésre, más nem élelmiszer célú termelésre gondolni, illetve ezek előkészítését szorgalmazni.

(9) *Az agroökoszisztémák is komplex és önszervező rendszerek.* Ez is bizonyítja, hogy az agroökoszisztémák valódi ökoszisztémák. Az agroökoszisztémák ugyanis regionálisan, nagytájakban, vagy középtájakban *komplex és önszervező rendszerként* képesek működni, akárcsak mint minden más rendszer, köztük a természetes ökoszisztémák. Igaz, hogy az agroökoszisztéma rendszerszerű működéséhez szükséges *a tudástőke észszerű beavatkozása,* míg a természetes ökoszisztémákban elegendő, ha az ember felismeri a védelem, a megőrzés szükségességét és kapzsiságból, vagy tudatlanságból nem pusztítja a természetet. Az ember, a szakember „rásegítésével" az agroökoszisztéma is *komplex rendszer,* meghatározott törvényszerűségekkel, az egymás közötti és időben egymás utáni arányaival. Ennyiben *önszervező rendszer is.* Ha a szakember ismeri a biológiai folyamatokat, szabályszerűségeket, akkor az agroökoszisztéma is önszervező rendszerként képes működni. Talán nem felesleges megemlíteni, hogy mind az ésszerű komplexitásnak, mind az önszerveződésnek hasznai a társadalom javát szolgálják.

(10) *Az agroökoszisztéma, környezet, szabályozás összefüggéseinek kutatása nemcsak aktuális, hanem újabb elmélet térnyerését is egyengetheti.* Az agroökoszisztéma kutatása ugyanis a gazdaságtani kutatások új irányzatába illeszkedik, mert az ökológiai gazdaságtan (kevésbé pontos szóhasználatban ökológiai közgazdaságtan) választ keres a természet–társadalom alapvető ellentmondásaira azzal a céllal, hogy előmozdítsa ezek megszüntetését, egyengetve ezzel a természet és gazdaság közötti harmóniát. (Ezzel szemben a környezetgazdaságtan a mindennapi, többek között piaci eszközökkel igyekszik környezetkonformmá tenni a gazdaság-társadalom, sokban károsító hatásait.) Az agroökoszisztéma–regionalitás–biodiverzitás kutatási eredményei hozzájárulhatnak az ökológiai gazdaságtan egyes részleteinek gazdagításához.

2. AZ AGROÖKOSZISZTÉMÁK REGIONALITÁSA

Néhány előzmény

A hazai agrárágazatok, a mező-erdőgazdasági tevékenység térbeli elrendezéséről és ennek változásairól több jeles munka látott napvilágot Magyarországon 1945 előtt és után. Ezeket összefoglalóan értékelte *Erdei Ferenc – Csete László – Márton János: „A termelési körzetek és specializáció a mezőgazdaságban"* című könyvükben (1959). Ez a munka igazából az akkori szűk specializációt elgondoló KGST törekvések kivédésére, illetve a területi munkamegosztás helyes értelmezésére irányult. A szerzők munkájukban ugyan a mezőgazdaság egészével foglalkoztak, de még fel sem merült az agroökoszisztéma szóhasználat. (4)

Az 50-es években Magyarországon két szálon folytak kutatások a mezőgazdasági termelés térbeni elrendeződéséről. Az egyik kezdeményezés az akkori Földművelésügyi Minisztérium Szervezési Intézetében folyt, míg a másik – amit az előzőekben említettünk – az MTA Üzemtani Intézetében. A tájkutatás rendkívül vontatottan, költség- és időigényesen zajlott, mert a termelési adottságok részletes felmérésére irányult, míg az Intézetben folyó kutatások középpontjában a termelési tényezők hatására formálódó termelési szerkezet, a specializáció, a termelési körzetek és a termelési irányok típusai álltak. Súlyos kritikákat követően a tájkutatás leegyszerűsítése és befejezése átkerült az Intézetbe. A tájkutatás három községi részletességű alapterméke mind a mai napig értékes forrás: az 1:25 000-es talajismereti és talajhasznosítási térképek (hogy mit célszerű

termelni az adott helyen) és a községi statisztikai adatok. Jelenleg az MTA TAKI-ban kidolgozott és kezelt sokoldalú talajinformációs rendszer áll rendelkezésre. Sajnos hiányzik egy sokoldalúan megalapozott, táblatörzskönyvi adatokra, statisztikai sorokra, technológiai tapasztalatokra épülő termőhelyi kataszter, hasonlóan ahhoz, amivel az erdészek már régóta rendelkeznek. Lehet, hogy az agroökoszisztémák NKFP keretében zajló kutatásainak egyik eredményeként a termőhelyi kataszterek is előtérbe kerülnek majd.

Csaknem két évtized után vette kezdetét a hazai agroökológiai potenciál kutatása, amely tárcaközi összefogásban, a kutatók széles körű együttműködésében *Láng István* vezetésével zajlott. Erről később könyv jelent meg: *„A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón"* címmel. (Szerkesztette: *Láng István – Csete László – Harnos Zsolt.*) A programban és a könyv egyes fejezeteinek megírásában kitűnő szakemberek működtek közre, mint *Várallyay György, Stefanovits Pál, Borhidi Attila, Czelnai Rudolf, Enyedi György, Györffy Béla, Keresztesi Béla, Kurnik Ernő, Szász Gábor, Tomcsányi Pál, Varga-Haszonits Zoltán, Vinczeffy Imre, Kralovánszky U. Pál*, a szerkesztők és sokan mások. *Várallyay György* például kitűnő összeállításban számol be a talajtani felmérés eredményeiről. (9)

A könyvben a gazdaságföldrajz kutatói körében elfogadott 7 nagytájra és 35 középtájra készültek az elemzések és a prognózisok. A könyvben ugyan sokoldalúan foglalkoztak az agroökológiai potenciállal, érintve a környezetvédelmet és az élővilágot is, de nem foglalkoztak az agroökoszisztémákkal, valamint ennek a regionalitással és a biodiverzitással való összefüggéseivel.

Újabb két évtizednek kellett eltelni ahhoz, hogy az NKFP keretében újszerű megközelítésben a kutatás napirendre tűzze az agrárökoszisztémák témakörét az *„Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei"* című NKFP programban. (A konzorcium vezetője *Várallyay György.*) Ennek 6. alprogramja dolgozatunk témaköre.

Magyarország regionális beosztása

Magyarországon az igazgatás hagyományosan település, járás, megye szinteken zajlott. Később 1945 után felmerült a „feudális" történelmi megyerendszer felszámolása. *Rákosi Mátyás* – a korábbi teljhatalmú pártvezér – megbízta *Erdei Ferencet* – az akadémikus minisztert, később az MTA főtitkárát – a lehetséges megoldás feltárására. *Erdei* – aki egyébként államigazgatási egyetemi végzettséggel rendelkezett – javaslatában megvilágította a megyerendszer megszüntetésének kockázatát, a közigazgatás, a különféle nyilvántartások átalakításából keletkező zűrzavart, az anyagi áldozatokat stb. Az akkori rendszer így beérte a megye- és a járáshatárok kisebb-nagyobb kiigazításával. (Például a Szigetvári járás, amely szervesen illeszkedett Somogy megyébe, akkor került Baranya megyéhez.) Az igazgatás és az akkori párthierarchia lépcsőinek csökkentése érdekében később megszűntek a járások és így a járási székhelyek. (S, hogy ezek valamikori formálódásában objektív körülmények is közrejátszottak, azt mi sem bizonyítja jobban mint az, hogy a közelmúltban, a kistérségek elemzésével foglalkozva kiderült, hogy a régebbi járások, a járási székhelyek vonzáskörzete, valamint a '90-es években kialakított „statisztikai kistérségek" kísértetiesen hasonlítanak egymáshoz.)

A hatvanas-hetvenes évtizedekben többször, többféle formában merült fel a regionalitás. Ebben főleg a tervezés ésszerűsítését célzó törekvések, a „népgazdasági tervezési körzetek" kialakítása volt a legerőteljesebb. De ezek a próbálkozások szintjén maradtak.

Az EU-val való társulási szerződést követően, az EU-hoz való közeledés jegyében ismételten napirendre került a régiók képzése. Magyarországon 7 tervezési-statisztikai

régiót és 150 kistérséget képeztek a megyékből, illetve a településekből. A tervezési-statisztikai régiók az alábbiak (9):

I. *Közép-Magyarországi Régió* (Budapest + Pest megye),
II. *Közép-Dunántúli Régió* (Fejér, Komárom-Esztergom, Veszprém megyék),
III. *Nyugat-Dunántúli Régió* (Győr-Moson-Sopron, Vas, Zala megyék),
IV. *Dél-Dunántúli Régió* (Baranya, Somogy, Tolna megyék),
V. *Észak-Magyarországi Régió* (Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Nógrád megyék),
VI. *Észak-Alföldi Régió* (Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok, Szabolcs-Szatmár-Bereg megyék);
VII. *Dél-Alföldi Régió* (Bács-Kiskun, Békés, Csongrád megyék).

A felsorolás egyszeri ránézésre is érzékelteti, hogy a régiókat a határos megyék egyszerű „összetolásával" formálták. Ennek kétségtelen előnye, hogy nem okoz zavart a közigazgatásban és kevés ráfordítással megoldották a régiók képzését.

A regionális fejlesztési tanácsok a megmaradt megyei szint és a megyei törekvések mellett igazából nem tudtak megerősödni, valódi hasznos szerepet betölteni. Ebben a feladatok újszerűsége mellett szerepet játszott az is, hogy a legkülönbözőbb természetigazdasági, iparosodott-elmaradott stb. területek kerültek egy-egy régióba. Például a Közép-Magyarországi Régióban a gyökeresen eltérő adottságokkal, funkciókkal, problémákkal, lehetőségekkel rendelkező Főváros, a budapesti agglomeráció és a mezőgazdasági nézőpontból úgynevezett „arany háromszög" Cegléd–Nagykőrös–Abony került egy régióba. Különösen kritikus a Főváros régióba illesztése, mert jól érzékelhető, hogy kisugárzása kilép Pest megye határaiból és szinte centrikusan elhelyezkedve – a jelenlegi aszimmetriától eltérően – kisugárzása jóval nagyobb kört, több megyét is érint. De az is számtalan kérdőjelet vet fel, hogy például a Balaton és térsége nem képez egységes régiót.

Ennek ellenére az agroökoszisztémák vizsgálatát a 7 tervezési-statisztikai régióra is elkészítettük, mert a statisztikai források erre lehetőséget nyújtottak, de az eredmények csak közelítő jellegűek voltak, a természetes tájak, termőhelyek rendkívüli heterogenitása miatt. Végül is az elemzéseket az agroökológiai potenciál vizsgálatánál és prognózisánál is alkalmazott *7 természetes nagytájra és a 35 középtájra készítettük el.* A 7 nagytáj elnevezése és a 35 középtáj nagytájankénti elrendeződése az alábbi:

	Nagytájak	Középtájak száma
I.	Dunai-Alföld	5
II.	Tiszai-Alföld	8
III.	Kisalföld	3
IV.	Nyugat-magyarországi peremvidék	4
V.	Dunántúli-dombvidék	4
VI.	Dunántúli-középhegység	3
VII.	Észak-magyarországi-középhegység	8
	Együtt	35

A nagytájak és a középtájak térbeni elrendeződését az 1. ábra illusztrálja.

Az agroökoszisztémák nagytájankénti alakulása

Az agroökoszisztémák a termelt növényekkel, a tartott állatokkal, a területhasznosítással (művelési ágakkal) jellemezhetők egyszerűen és képlékenyen. Ennek megoldása azonban közel sem egyszerű, mert nagytájankénti statisztika nem áll rendelkezésre. Ezért felkérésünkre a KSH munkatársai elkészítették az Általános Mezőgazdasági Összeírás 2000, nagytájakhoz igazított feldolgozását.

A nagytájankénti elemzések ráirányították a figyelmet arra, *hogy a tájak arculatában, a tájak hasznosításának szerkezetében, nagy kiegyenlítődés zajlott le a kilencvenes években.* Az „uniformizálásban" az alacsony tőkeellátottság, az általános forgóeszköz

hiány, a felszereltség fogyatékosságai, a szolgáltatások magas árai és az ismeretek hiánya, az egyszerűbb, alacsony ráfordítás igényű kalászos és kukoricatermelés felé tolta a szerkezetet. Ehhez járult a fogyasztás erőteljes csökkenése. Minden nagyobb ráfordítást, befektetést igénylő tevékenység, mint például a cukorrépa, zöldségnövények, gyümölcs, szőlő termelése beszűkült. Növelte a helyzet súlyosságát és az ökológiailag indokolt szerkezettől való eltérést az is, hogy a mezőgazdasági üzemek '70-es, '80-as években diverzifikált szerkezetéből részben a privatizációval az ún. alaptevékenységen kívüli tevékenységek kiváltak az üzemekből, részben piaci és pénzügyi lehetőségeik miatt szűntek meg, és ezzel jelentős bevételi forrásoktól estek el a gazdálkodók. Az általános és a forgóeszköz gondokat növelte továbbá a különféle integrációk (háztáji termelés integrációi, a termelési rendszerek, az élelmiszeripar és az alapanyag termelés régebbi integrációs kötelékei) felbomlása, valamint a felvásárlók és az élelmiszeripar nehézkes, késedelmes fizetése is. Ezt súlyosbították a költséges hitelek és a mezőgazdasági termelők alacsony hitelképessége.

Mindezek magyarázzák, hogy *a nagytájak* miért nem tükröztek sajátos arculatot, de az elemzések révén megállapítottuk, hogy mindezek ellenére *a felszíni viszonyok és azokhoz kapcsolódó adottságok megjelennek a nagytájak agroökoszisztémáinak szerkezetében.* Ezért az elemzések eredményeit a továbbiakban a 3 alföldi és a 4 dombvidéki nagytájak átlagaiként mutatjuk be.

A továbbiak megértése, értékelése érdekében mindenekelőtt *a nagytájak területi kiterjedését és arányait* ismertetjük az 1. táblázatban.

Az adatok világosan jelzik az arányokat, miszerint *az agroökoszisztémák kereken 64%-a* – csaknem kétharmada – *síkvidéken, míg 36%-a domb- és hegyvidéken helyezkedik el.* Ez természetesen nemcsak az arányokat jelzi, hanem sejteti a felszíni viszonyokkal együtt járó agroökoszisztémák termőhelyi feltételeinek a különbözőségeit is.

A művelési ágak megoszlását a 2. táblázatban ismertetjük. Szembetűnő a síkfelszínű alföldi nagytájakban a szántóföldi hasznosítás magas aránya, ami kereken 22%-kal magasabb a dombvidékiekhez képest és 24%-kal alacsonyabb *az erdő* területek aránya.

Az alföldi agroökoszisztémákban még *a gyep* és *a halastavak* nagyobb aránya jelenik meg, ami a Tiszai-Alföld nagykiterjedésű legelőinek és halastavainak köszönhető.

A szőlő síkvidék:dombvidék közötti 41:59 aránya megfelel a termőhelyi adottságoknak, sőt a minőségi igények fokozódása és az időjárási kockázatok csökkentése miatt várható a dombvidék arányának emelkedése.

A szántóföldi vetésterületen elhelyezkedő agroökoszisztémákat a 3. táblázatban közöljük. Szembeötlő és első pillantásra meglepő, hogy a dombvidéki nagytájakban *a kalászosok–kukorica* együttes aránya kereken 6%-kal haladja meg a síkvidéki nagytájakét. Ugyanakkor az alföldi nagytájakban *a nagyobb ráfordítást* igénylő kultúrák aránya kereken 3%-kal magasabb (16,1%), mint a dombvidékiekben (13,2%). Ebből az is következik, hogy az alföldeken találhatók a sík felszín, a szántóföldi művelés nagyobb arányainak és a jobb termőhelyi adottságoknak az előnyeit kamatoztató tőkeerősebb – a jobb termőhelyekből következően hatékonyabb – üzemek, melyek képesek voltak finanszírozni pénzigényesebb tevékenységüket. A dombvidéki nagytájak alföldihez képesti magasabb gabona arányát mindenekelőtt a forgóeszközök hiánya magyarázza, s nem a termőhelyi adottságok.

A növényi ökoszisztémáknak megfelelően formálódik az állatállomány, amit a szántóföldön termelhető takarmányok, melléktermékek és a gyepek arányához viszonyított állatállomány megoszlásával érzékeltettünk. Jól látható, hogy míg az alföldi nagytájakban a takarmánytermő területekhez képest a tartott állatállomány magasabb, addig a dombvidéki nagytájakban ez pont fordítva alakul. Szembeötlő, hogy az állattartás min-

den ágazatának aránya a síkvidéki tájakban magasabb, mint a dombvidékeken. Ez részben az előbb már érintett viszonylag kedvezőbb tőkeellátottsággal, részben a Kisalföld nagytáj hagyományosan erőteljes állattenyésztésével magyarázható.

3. AZ AGROÖKOSZISZTÉMÁK ÉRTÉKELÉSE

Az ökoszisztémák értékelése közel sem egyszerű. A leíró, ismertető munkán túlmenő bármilyen, főleg pénzben kifejezett, értékelés könnyen tévútra vezethet. Egyet lehet érteni *E. Schumacherrel,* hogy ha árat adnak a természeti javaknak, akkor elárulják a természetet. Ezért a pénzbeni értékelésektől eltérően *az agroökoszisztémák egymáshoz viszonyított szerkezetével és pontrendszerben kifejezett potenciáljával kíséreltük meg jellemezni az egyes területek agroökoszisztémáit,* ami lényegében az agroökoszisztémák minőségének viszonylagosságát fejezi ki.

Az agroökoszisztémák regionális, területi megjelenésének *arányokkal történő jellemzése,* valamint az előbb említett *potenciál* pontrendszerben történő bemutatása megfelel azoknak a tendenciáknak, miszerint *az emberek preferenciáiban egyre inkább csökken az ár, az idő stb. szerepe és fokozatosan nő a minőség jelentősége.* Nos az említett megközelítés a minőséget, az összetételét, az agroökoszisztéma „képességét" kísérli meg szintézisbe hozva sorrendbe állítani.

Az agroökoszisztémák potenciálja – a természetes ökoszisztémáktól eltérően – mint említettük szerkezetükkel és hozamaikkal fejezhető ki. Az agroökoszisztéma összetétele és kibocsátása együttesen jellemzi az adott terület (régió, nagytáj, középtáj stb.) arculatát és egymás közötti viszonylagos rangsorát.

A szántóföldi agroökoszisztémák értékelésének kifejezésére és összehasonlíthatósága érdekében egy egyszerű számszerűsítő módszert dolgoztunk ki, mégpedig 9 szántóföldi kultúra szakértők által zsűrizett potenciális hozamait négy termőhelyi csoportba (jó, közepes, gyenge és alkalmatlan) soroltuk és pontértékkel láttuk el. A magyarországi viszonyokra jellemző 9 szántóföldi kultúra pontszáma együtt fejezi ki a termőhely minőségét, a középtáj szerkezetét és a potenciális hozamokat. (8)

A középtájak szántóföldi ökoszisztémáinak sorrendje

A vizsgálatokat a jobb megközelítés érdekében középtájakra végeztük el, majd ezek összesítéséből képeztük a nagytájak átlagait. Példaként megemlítjük, hogy a legjobb középtáj a Mezőföld pontszáma 27, a leggyengébb Észak-Borsodi hegyvidéké csupán 3. (Maximális pontszám 9 × 3 = 27.) Az agroökoszisztémák vázoltak szerinti értékelése középtájanként az alábbi sorrendet mutatja. (Zárójelben a nagytájak római számait is megadjuk.)

A sorrend egyenesen látványos és meglepő is, hogy a szántóföldi növények adottságainak kifejezésében igen nagyok a különbségek. *A 31. Mátravidék és a 34. Észak–Borsodi-hegyvidékhez képest kilencszeres a különbség a 4. Mezőföld középtáj javára.*

Az is szembetűnő, hogy a magasabb alkalmassági pontszámmal, 20 illetve ez fölöttivel csupán 7 középtáj rendelkezik, a középmezőnyben 10 és 20 pontszám között nagy szóródással 19 középtáj és a hátrányosabb adottságúak között 9 középtáj található a 35 középtájból. A szóródás tehát nagy.

A félreértések elkerülése végett ide két megjegyzés kívánkozik, egyrészt a magyarországi 3–9 közötti pontszám a Pomerániai-síkságon jónak számítana, másrészt ami kedvezőtlen a szántóföldi növényeknek, az jó lehet az erdőnek, a fásításnak, a zöldterületek bővítésének és a biodiverzitásnak.

Pontszám	Középtáj	Sorrend
27	4. Mezőföld (I)	1.
24	23. Tolna–Baranyai-dombság(V)	2.
22	3. Bácskai-hátság (I)	3.
21	5. Dráva menti síkság (I)	4.
21	16. Komáromi–Esztergomi-síkság (III)	4.
20	11. Hajdúság (II)	5.
20	13. Körös–Maros köze (II)	5.
19	8. Alsó-Tiszavidék (II)	6.
19	14. Győri-medence (III)	6.
17	1. Duna menti-síkság (I)	7.
17	21. Külső-Somogy (V)	7.
14	29. Nógrádi-medence (VII)	8.
13	30. Cserhát-vidék (VII)	9.
12	18. Sopron–Vasi-síkság (IV)	10.
12	26. Vértes és Velencei-hegység vidéke (VI)	10.
12	9. Észak-alföldi-hordalékkúp-síkság (II)	10.
12	20. Zalai-dombság (IV)	10.
12	33. Heves–Borsodi-medencék és dombság (VII)	10.
11	2. Duna–Tisza közi hátság (I)	11.
11	32. Bükk-vidék (VII)	11.
11	7. Közép-Tisza-vidék (II)	11.
11	15. Marcal-medence (III)	11.
11	22. Belső-Somogy (V)	11.
10	10. Nyírség (II)	12.
10	25. Bakony-vidék (VI)	12.
10	6. Felső-Tisza-vidék (II)	12.
9	27. Dunazug-hegyvidék (VI)	13.
8	12. Berettyó-Körös vidéke (II)	14.
8	19. Kemeneshát (IV)	14.
8	24. Mecsek–Mórágyi-rög (V)	14.
7	17. Alpokalja (IV)	15.
5	35. Tokaj–Zempléni-hegyvidék (VII)	16.
5	28. Duna-kanyar hegyvidéke (VII)	16.
3	31. Mátra-vidék (VII)	17.
3	34. Észak-borsodi-hegyvidék (VII)	17.

(Zárójelek magyarázata: I. Dunai–Alföld, II. Tiszai–Alföld, III. Kisalföld, IV. Nyugat-magyarországi peremvidék, V. Dunántúli-dombvidék, VI. Dunántúli-középhegység, VII. Észak-magyarországi középhegység.)

A felsorolásból tehát jól látható, hogy mennyire *differenciáltak* a középtájankénti agroökoszisztémák. Ebben különös figyelmet érdemel az első 10 és az utolsó 9. Az első 10 középtájban előnyös és az EU viszonylatában is *kedvező az agroökoszisztémák fenntartható hasznosítása, mert ezekben a többiekhez képest mind az átlagos, mind a pótlólagos ráfordítások hatékonysága törvényszerűen magasabb.* Minél alacsonyabb az adott középtáj pontszáma, annál sürgetőbb a művelési ágak változtatása, a termelő tevékenység diverzifikálása, a nem élelmiszer célú tevékenység felkarolása és a szolgáltatások szorgalmazása. Mindez *a vidékfejlesztési* politika alapozásához, és különféle átfogóbb programokhoz is támpontokat nyújt.

Az agroökoszisztémák értékelése nemcsak minőségi sorrendet jelent. A mezőgazdaságban különösen fontos szerepet játszik, a természeti–biológiai tényezők nagy súlya miatt, *a rugalmas alkalmazkodás és a stabilitás iránti igény.* A nagyobb pontszám azt is jelenti, hogy az agroökoszisztéma tudatos alakításának, *befolyásoló szabályozásának* nagyobbak a lehetőségei, tágabb a mozgástér, könnyebb optimalizálni a kívánatos vetésszerkezetet, vagyis az adott középtáj másokhoz képest rugalmasabb.

A nagytájak szántóföldi ökoszisztémáinak értékelése

A nagytájankénti agroökoszisztémák együttes és átlagos minőségét, vagy potenciálját kifejező pontszámokat az 5. táblázatban ismertetjük.

Az 5. táblázatból látható, hogy az első két helyet az alföldi nagytájak foglalják el. (I. Dunai–Alföld és III. Kisalföld, míg a harmadik helyre a V. Dunántúli-dombvidék került.) A II. Tiszai–Alföld pedig a negyedik helyre szorult. A nagytájak átlagai ugyan érdekes tájékoztató értékűek, de ezek is meglehetősen eltérő minőségű középtájakból tevődnek össze. Például a I. Dunai–Alföld 5 nagytájából legnagyobb a 4. Mezőföld 27 és legalacsonyabb a 2. Duna–Tisza közi hátság 11 értékszámmal szerepel. Vagy a II. Tiszai–Alföld 8 középtájából 3 az országos átlag fölötti, 5 pedig jóval ez alatti. Ebből az is

következik, hogy különféle területi programok tervezésénél szükségszerű a nagytájakon, sőt a középtájakon belüli differenciálódást is számításba venni. A II. Tiszai–Alföld országos átlagot alig meghaladó értékszáma természetesen tükrözi a gyakori aszály, ár és belvizek előfordulását is.

A nagytájak esetében is elmondható, hogy a nagyobb potenciált képviselő agroökoszisztémák az alacsonyabb értékszámokhoz képest nagyobb biomasszát képviselnek, így gazdagabb ökoszisztémáknak tekinthetők. A jobb adottságú nagytájak agroökoszisztémái *a termelési, tevékenységi szerkezet* rugalmasabb alakítását, *a fenntarthatósági és környezetvédelmi* igények könnyebb kielégítését is jelzik, ami az EU-ban *a minőségi és versenyképes mezőgazdasági termékelőállítás, illetve élelmiszertermelés alapja.*

Az 5. táblázat arról is tanúskodik, hogy *a tőke,* a ráfordítások, a vállalkozók – a régebbi központi tervezéstől eltérően – *a jobb alföldi termőhelyekre vándorolnak,* amit az Alföldi nagytájak vetésszerkezete és állatállományának sűrűsége bizonyít. Emlékeztetőül megjegyezzük, hogy mind a három Alföldi nagytáj minőségét kifejező értékszám magasabb az országos átlagnál.

Az 5. táblázat megvilágítja az alföldi nagytájak nagyobb ráfordításokat igénylő vetésszerkezetét, állattenyésztését, tőkeerősebb jellegét, mert látható, hogy mindhárom alföldi nagytáj agroökoszisztémájának potenciálját kifejező pontszám az országos átlagot meghaladja.

Ezt erősíti továbbá az, hogy a középtájak előbb ismertetett sorrendjében az első 10 helyen szereplő középtájak közül a

I.	Dunai-Alföldön,	4 található,
II.	Tiszai-Alföldön,	3 található,
III.	Kisalföldön,	2 található,
V.	Dunántúli-dombvidéken,	1 található.

Ha a jó adottságokkal termelhető szántóföldi növények száma alapján elemezzük a nagytájakat és ezeket ábrázoljuk, akkor az agroökoszisztémáknak a „röntgen" képét kapjuk, ami csak annyiban tér el az előzőekben közölt sorrendtől, hogy a III. Kisalföld pozíciója a piramisban a negyedik, míg értékszámát tekintve második. Az eltérést az magyarázza, hogy a nagy kiterjedésű nagytájakban (I., V. és II.) eleve több növény kisebb-nagyobb kedvező termőhelye található. A jó adottságokat képlékenyen kifejező piramist a 2. ábra érzékelteti.

A piramis az agroökoszisztémák sokszínűségét is érzékelteti.

Zöldségnövények az agroökoszisztémákban

A zöldségnövények zömét a szántóföldeken termelik, s a különféle zöldségnövények termőhelyei igen differenciáltan, gyakran foltszerűen, mozaikosan fordulnak elő a középtájakban. (9) Például az *étkezési paprika* termelésére jó adottságú nagyobb felületek találhatók az 1. Dunamenti síkság (az északi csücsök kivételével), 2. Duna–Tisza közi hátság, 3. Bácskai–hátság, 4. Mezőföld (déli fele), 5. Drávamenti–síkság, 6. Közép–Tiszavidék (déli fele), 7. Alsó–Tiszavidék, 11. Hajdúság (déli fele), 12. Berettyó–Körös vidék és 13. Körös–Maros köze középtájakban.

A fűszerpaprika talaj, hő, vízigénye, valamint fagyérzékenysége miatt néhány középtáj kisebb-nagyobb kiterjedésű termőhelyein jól díszlik, így például az 1. Dunamenti síkságban, 2. Duna–Tisza közi hátságban, 3. Bácskai–hátságban, 7. Közép–Tiszavidéken, 8. Alsó–Tiszavidéken és 13. Körös–Maros közén.

A paradicsom jó, sőt legjobb termőhelyei az alábbi középtájakban találhatók: 2. Duna–Tisza közi hátság, 7. Közép–Tiszavidék, 9. Észak–alföldi hordalékkúpsíkság és 13. Körös–Maros köze.

A meleg, a víz és a kézimunka igényes *uborka jó termőhelyeinek* középtájai azok, amelyekben a hőösszeg kedvez a koraiságnak, a betakarítási időszak hosszának és a

szedésszámnak. Ilyenek találhatók 1. Dunamenti síkságon, 2. Duna–Tisza közi hátságon (az 1. középtájhoz csatlakozó területe), 6. Felső–Tiszavidéken a Nyírséggel határos területein, 9. Észak–alföldi hordalékkúpságon, 10. Nyírség Hajdúsággal határos területein, 11. Hajdúságon, 13. Körös–Maros közének délnyugati felén, 14. Győrimedencében és 30. Cserhátvidéken.

A zöldborsó jó termőhelyei az alábbi középtájakban találhatók: 1. Dunamenti síkság, 2. Duna–Tisza közi hátság és 4. Mezőföld.

Vöröshagymából *kiváló minőséget,* ami elsősorban íz, aroma gazdagságot, eltarthatóságot, sokoldalú konyhai, ipari és export felhasználást jelent főleg a 13. Körös–Maros köze, 7. Közép–Tiszavidék és 8. Alsó-Tiszavidék középtájakban állítanak elő.

Néhány középtáj több zöldségnövény *zöldbab, fejeskáposzta, saláta, görög- és sárga-dinnye, sárgarépa* termelésére is igen megfelelő. Ezek a következők: 1. Dunamenti síkság, 2. Duna–Tisza közi hátság, 4. Mezőföld és 7. Közép–Tiszavidék.

A spenót, sóska, petrezselyem, zeller, torma, csemegekukorica jó termőhelyei is ismertek, ahol hasznos részei az ottani agroökoszisztémáknak.

Megjegyezzük, hogy *a gyümölcsféleségek, gyümölcsösök,* továbbá *a szőlő-bor* termőhelyi adottságai, így helyük, szerepük a táj agroökoszisztémáiban szintén feltárt és fejlesztési programokhoz jól hasznosítható. (9)

A gyepterületek értékelése

A magyarországi gyepek az utóbbi évtizedekben egyre elhanyagoltabb képet mutatnak, amiben a klímának, a száraz nyaraknak, a szántóföldi hozamok növekedésének és biztonságának, az állatállomány szerkezetének és fajtaváltásának, a régebbi legelőhasznosító társaságok megszűnésének egyaránt szerepe van. (9) Ennek ellenére a hazai gyepek tájképi értéke, talajvédő és élővilágot megőrző, gazdagító szerepe mellett gazdasági hasznuk is jelentős lehet, ha ökológiai és ökonómiai megfontolások alapján gondozzák, ápolják, feljavítják azokat. Szakemberek szerint *717 ezer ha gyep jól javítható, húsmarhák legeltetésére, talajvédő funkciók ellátására alkalmas mintegy 240 ezer ha, nem javítható kereken 330 ezer ha.* Ez utóbbi esetben művelési ágak változtatása, védett területté nyilvánítás, NATURA 2000 hálózatba kapcsolás jelenthet megoldást.

Az agroökoszisztémákat gazdagíthatják azok a középtájak, amelyekben jelentős gyephozamok érhetők el: 6. Felső–Tiszavidék, 10. Nyírség. *Közepes* gyephozamok remélhetők a 2. Duna–Tisza közi hátság, 7. Közép–Tiszavidék, 9. Észak–Alföldi hordalékkúpság, 12. Berettyó–Körös vidéke, 13. Körös–Maros köze és a 20. Zalai–dombság középtájakban. *Közepesnél gyengébb* hozamokra lehet számítani: 1. Dunamenti síkság, 21. Külső-Somogy, 22. Belső–Somogy, 23. Tolna–Baranya síkság és 30. Cserhátvidék középtájakban.

A felsorolásban nem említett 22 középtájban a gyep agroökoszisztámák szerepe a jövőben is csak szerény, feltételes, alkalmi lehet. Ezekben a tájakban várható és indokolt a művelési ágak arányainak a megváltozása. Természetesen a gyenge minőségű szántók gyepesítése is hozzájárulhat a kialakult arányok változásához.

4. A BIODIVERZITÁS MEGKÖZELÍTÉSE

Logikailag feltételezhető, hogy az agroökoszisztémák régiónkénti alakulása és a biodiverzitás között léteznek bizonyos összefüggések, kölcsönhatások. Az például már bizonyos, hogy azokban a középtájakban vagy nagytájakban, amelyekben a pontérték magas, ott a biodiverzitás is gazdagabb, hiszen a szántóföldi növények is a biodiverzitást alkotják.

A további összefüggések feltárása azonban adatforrások híján akadályokba ütközik. Ezért a szövegesen közölt élőhelytípusok

nagytájba helyezésével kíséreltük meg az előbbre jutást.

A továbbiakban *a biodiverzitás vizsgálatában Fekete Gábor – Varga Zoltán* magyarországi élőhely típusaiból – ami szám szerint 39 – indultunk ki. (8) Megvizsgáltuk a nagytájakban előforduló élőhelytípus mozaikokat (é. m.), amelyek a következők:

I.	Dunai-Alföld	11 é. m.
II.	Tiszai-Alföld	16 é. m.
III.	Kisalföld	5 é. m.
Alföldi nagytájak		*32 é. m.*
IV.	Nyugat-magyarországi peremvidék	9 é. m.
V.	Dunántúli-dombvidék	16 é. m.
VI.	Dunántúli-középhegység	15 é. m.
VII.	Észak-magyarországi-középhegység	18 é. m.
Dombvidéki nagytájak		*58 é. m.*

A felsorolásból jól látható, hogy az agroökoszisztémák által hasznosított kisebb dombvidéki területen – amely az összes terület 36%-a – jóval változatosabb, erőteljesebb az élővilág sokszínűsége, amiben a nagyobb erdősültség, valamint a felszíni viszonyok is jelentős szerepet játszanak. Hasonló megállapítást közöl a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium tájékoztató beszámolója, amelyben megállapítják, hogy a hazai biodiverzitás területileg jelentős különbségeket tükröz. Az ország hegyesebb-dombosabb vidékein gazdagabb a biodiverzitás, amiben az alacsonyabb népsűrűség, a természeti állapot megmaradása játszott közre. (12)

Remélhető, hogy az agroökoszisztémák élővilágának sokszínűségéről a jövőben jóval több információ áll majd rendelkezésre, ugyanis a *KvVM Természetvédelmi Hivatala* keretében elindított *Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer* 5 × 5 kilométeres mintavételi négyzetek hálózatára alapozva végzi megfigyeléseit. A Rendszerben összesen *116 féle élőhelyet különböztetnek meg.* Ebből természetközeli élőhely 91 és erdő-, mezőgazdasági és egyéb élőhely 25. Dicséretes, hogy *9 agrár élőhelyet* – az összes 8%-át – és *7 telepített erdészeti faültetvényeket* – az összes 6%-át – is megfigyelik a Rendszerben. Az erdőket 28 élőhely, a gyeperdő mozaikokat 6 élőhely reprezentálja. Az egyelőre nyitott, hogy *a 9 agrár élőhely ténylegesen megfigyelt területe vajon menynyire tükrözi majd a kereken 5,9 millió hektár mezőgazdasági területet?* (11)

A biodiverzitás és az agroökoszisztémák sokszínűsége közötti hasonlóság – ami erősíti az agrárhasznosítás ökoszisztéma jellegét – szembeötlő. Ugyanis az élővilág sokszínűségének elemei annak gazdagságából, egyenletes kiterjedéséből, összetételéből, kölcsönhatásaiból tevődnek össze, ami hat az ökoszisztéma *funkcióira és rugalmasságára.* Ez teljes mértékben vonatkoztatható az agroökoszisztémákra is, mert a jobb termőhelyeken gazdagabb, egyenletesebb, változatosabban kombinálható, rugalmasabb, s többféle funkció teljesítésére alkalmas az ottani ökoszisztéma, mint a gyengébb, kedvezőtlenebb termőhelyeken.

Minden kétséget kizáróan igaz, hogy az „intenzív" szántóföldi hasznosítás csökkenti a természetes, pontosabban a természetközeli területeket, így a biodiverzitást. Csakhogy egy pillanatra sem lehet megfeledkezni arról, hogy mindez a növekvő népesség élelmezése érdekében történik. Igaz azonban az is, hogy ezt a jelenlegi termelési és fogyasztási gyakorlatnál ésszerűbben lehetne megoldani. A KSH–KvVM kiadványa meglehetősen egyoldalúan mutatja be a biodiverzitás és környezetterhelés összefüggéseit. (10)

A Riói Konferenciára (1992) készült nemzeti beszámoló is megemlíti, hogy 40 növény és 53 állatfaj kipusztult hazánkban, veszélyeztetett 1130 faj, az összes 2,5%-a. (12) Ezért is nagy figyelmet érdemel, hogy az agroökoszisztémák nemcsak a mezővédő erdősávok, dűlőutak, árokpartok stb. *élőhelyeivel gazdagítják a biodiverzitást, hanem a fajtagazdagsággal is.* Az agroökoszisztémákban csaknem megnyolcszorozódott az államilag elismert fajták száma, melyek

különféle kombinációkban jelennek meg a termelési gyakorlatban. (10) Az államilag elismert fajták száma az alábbiak szerint változott:

	1970	2003
Szántóföldi növények	224	1481
Zöldségnövények	154	2073
Szőlő-gyümölcsfajták	112	476
Dísznövények	116	625
Erdészeti növények	12	37
Együtt	618	4691

Hasonlóan kedvező folyamatok zajlottak *az állatfajok és fajták* száma tekintetében is (10):

	1970	2002
Szarvasmarha	12	15
Sertés	6	18
Juh	6	22
Kecske	–	8
Ló	12	17
Tyúk	16	42
Lúd	3	29
Kacsa	3	19
Pulyka	5	8
Nyúl	5	8
Hal	6	26

Az „őshonosnak" nevezett állatfajták számában is megőrződött, illetve gyarapodott a sokszínűség (10):

	1970	2002
Szarvasmarha	1	1
Sertés	1	3
Juh	2	4
Baromfi	6	6

Közismert, hogy *a gyomirtó-, gombaölő-, és rovarölőszerek* túlzott használata károsíthatja, gyérítheti az élővilágot, mások túlszaporodását idézheti elő, rezisztenciát alakíthat ki és szennyezi a környezetet. Az agroökosziszlémákban *csökkenő kemikáliák felhasználása kedvezőnek tekinthető.* Például a növényvédőszerek használata csaknem negyedére csökkent az elmúlt kereken három évtizedben (10):

	1985	2001
	kg/ha	
Gyomirtószerek	1,66	0,53
Rovarölőszerek	1,40	0,29
Egyéb	0,85	0,16
Együtt	4,04	1,10

Megjegyezzük, hogy 1990-ben még 3,82 kg/ha volt a felhasználás. A megoldás a későbbiekben vázolt fenntartható termelésben kristályosodik majd ki, melyben az integrált növényvédelem, a biológiai és környezetkímélő szerek és eljárások jelentik a megoldást.

5. AZ AGROÖKOSZISZTÉMÁK JÖVŐBENI ALAKULÁSA

Az agroökosziszlémák biomassza produkciójának és élővilágának lehetséges alakulása többféleképpen is megközelíthető. Az *Erz piramis rendszere* egyszerű és hasznos, ha ezt kiegészítjük a jövőre utaló megjegyzésekkel. (5) Lásd: 3. ábra.

Egy másik közelítés *a FAO agroökológiai zóna rendszere, amelyben három termőhely használati típust különböztetnek* meg. (6) Lásd: 6. táblázat.

Mindkét rendszer az *intenzitást* veszi alapul, amely ebben az esetben a ráfordítások mennyiségét és milyenségét jelenti. (Az intenzitás [belterjesség] nem valami szerencsés kifejezés, mert valójában az intenzív a gazdaságtanban a bővített újratermelés hatékony formáját jelenti, ahol nem a munka tere, hanem annak hatékonysága a bővítés forrása.)

Egészen más megközelítést rejt magában *a fenntarthatóság, a fenntartható mezőgazdasági termelés,* amely az agroökosziszlémák működőképességének garanciája és a biodiverzitás megőrzésének záloga. Lényege olyan gazdasági eredmények elérése, amely

harmonizál a természeti erőforrások regenerálásával és a terhelt környezet asszimilációs készségével. A fenntarthatóság olyan gazdálkodási rendszer, amely anyag, energia és víztakarékos, szakértelem igényes, amely minőségi termékeket kibocsátó és eleve környezetkímélő. A fenntartható gazdálkodási rendszer a várható felmelegedés, szárazság és az időjárási anomáliák gyakorisága növekedésének kivédésében, a károk enyhítésében is megoldást jelenthet. Sematikus megjelenítését a 4. ábrában illusztráljuk. (3)

Az agroökoszisztémákat megőrző fenntarthatóság fejlettebb rendszere a *fenntartható precíziós gazdálkodási rendszer,* melyben az előzőekhez képest a GPS technika alkalmazása eredményez további minőségi változásokat.

A fenntartható gazdálkodási rendszerek szerkezeti arányaikban és produkciós szintjeikben *termőhelyenként, közép- és nagytájanként, régiónként* eltérő sajátosságokkal rendelkeznek, ami a biodiverzitás különbözőségeivel jár együtt.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) A biológiai sokféleség ösztönzése és közgazdasági értékelése. (Szerk.: Csanády R. András – Kovács Eszter) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 2003. (2) Általános mezőgazdasági összeírás, KSH, Budapest, 2000. (3) Csete László – Láng István: A fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 2004. (Megjelenés alatt.) (4) Erdei Ferenc – Csete László – Márton János: A termelési körzetek és specializáció a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1959. (5) Erz, W.: Probleme der Integration des Naturschutzgesetzes in Landnutzungprogramme. TVB Zeitschrift der Technischen Universität Berlin, 1978. 10. (6) Global Agro-Ecological Zones, FAO, Roma, 2000. (7) Globális környezeti problémák és a riói megállapodások végrehajtásának helyzete. (Szerk.: Faragó Tibor – Kerényi Attila) KvVM–Debreceni Egyetem, Budapest–Debrecen, 2004. (8) Láng István – Bedő Zoltán – Csete László: Növény, állat, élőhely. (In: Magyar tudománytár 3. Főszerk.: Glatz Ferenc), MTA Társadalomkutató Központ–Kossuth Kiadó, Budapest, 2003. (9) Láng István – Csete László – Harnos Zsolt: A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1983. (10) Magyarország környezetterhelési mutató 2003. (Szerk. biz.: Aujeszky Pál – Márkiné Kovács Márta – Mészáros Andre – Német Ferenc) KSH–KvVM, Budapest, 2003. (11) Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó rendszer 1998–2001. (Szerzők: Demeter András – Török Katalin – Fodor Lívia – Batáry Péter), Környezetvédelmi Minisztérium, Természetvédelmi Hivatal, Budapest, 1998. (12) Nemzeti beszámoló az Egyesült Nemzetek 1992. évi „Környezet és fejlődés!" Világkonferenciájára. Budapest, 1991. (13) Pálvölgyi Tamás: Az új évezred környezeti kihívása: az éghajlatváltozás. L'Harmattan Kiadó, Budapest, 2000. (14) Popp József – Potori Norbert – Udovecz Gábor: A Közös Agrárpolitika 2003. évi reformja. Gazdálkodás, Budapest, 10. sz. különkiadás, 2004.

1. ábra

I. Dunai-Alföld
1. Dunamenti síkság
2. Duna–Tisza közi hátság
3. Bácskai-hátság
4. Mezőföld
5. Drávamenti-síkság

II. Tiszai–Alföld
6. Felső-Tiszavidék
7. Közép-Tiszavidék
8. Alsó-Tiszavidék
9. Észak-alföldi hordalékkúp-síkság
10. Nyírség
11. Hajdúság
12. Berettyó–Körös vidék
13. Körös–Maros köze

III. Kisalföld
14. Győri-medence
15. Marcal-medence
16. Komárom–Esztergomi-síkság

IV. Nyugat-magyarországi peremvidék
17. Alpokalja
18. Sopron–Vasi-síkság
19. Kemeneshát
20. Zalai-dombság

V. Dunántúli-dombvidék
21. Külső-Somogy
22. Belső-Somogy
23. Tolna–Baranyai-dombság
24. Mecsek és Mórágyi-rög

VI. Dunántúli-középhegység
25. Bakonyvidék
26. Vértes és Velencei-hegység vidéke
27. Dunazug-hegyvidék

VII. Észak-magyarországi-középhegység
28. Duna-kanyar-hegyvidék
29. Nógrádi-medence
30. Cserhát-vidék
31. Mátra-vidék
32. Bükk-vidék
33. Heves-Borsodi-medencék és dombság
34. Észak-borsodi-hegyvidék
35. Tokaj–Zempléni-hegyvidék

Magyarország nagy- és középtájai

***Forrás:* A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. (9)**

1. táblázat

Az alföldi és a dombvidéki nagytájak területe

	ha	%
I. Dunai-Alföld	1 592 963	24,9
II. Tiszai-Alföld	1 912 058	29,9
III. Kisalföld	563 817	8,8
Alföldi nagytájak	4 068 838	63,6
IV. Nyugat-magyarországi peremvidék	318 967	5,0
V. Dunántúli-dombvidék	600 401	9,4
VI. Dunántúli-középhegység	655 510	10,3
VII. Észak-magyarországi-középhegység	750 842	11,7
Dombvidéki nagytájak	2 325 720	36,4
Együtt	6 394 558	100,0

Forrás: Összeállítva a KSH, ÁMÖ, 2000 alapján (2)

2. táblázat

Az ökoszisztémák különbözőségeit kifejező földhasznosítási arányok a sík- és a dombvidéki nagytájakban

Megnevezés	Alföldi nagytájak (I + II + III)	Dombvidéki nagytájak (IV + V + VI + VII)
Szántó	68,3	46,6
Kert	0,7	0,6
Szőlő	0,9	1,3
Gyümölcsös	13,0	0,9
Gyep	10,0	8,4
Erdő	12,8	36,4
Nádas + halastó	1,1	0,1
Művelés alól kivett terület	4,9	5,7
Összesen	100,0	100,0

Forrás: Összeállítva a KSH, ÁMÖ, 2000 alapján (2)

3. táblázat

Vetésterület megoszlása a sík- és a dombvidéki nagytájakban

Megnevezés	Alföldi nagytájak (I + II + III)	Dombvidéki nagytájak (IV + V + VI + VII)
Kalászosok	37,8	40,7
Kukorica	28,7	31,7
Együtt	66,5	72,4
Burgonya	0,9	1,0
Hüvelyesek	0,8	0,5
Ipari növények	12,2	11,2
Szálas és lédús takarmányok	7,4	7,5
Zöldségfélék	2,2	0,5
Egyéb növények	0,7	1,0
Ugar, parlag, kipusztult	9,3	5,9
Összesen	100,0	100,0

Forrás: Összeállítva a KSH, ÁMÖ, 2000 alapján (2)

4. táblázat

A szántó + gyep területek és az állatállomány megoszlása a sík- és a dombvidéki nagytájakban

Megnevezés	Alföldi nagytájak (I + II + III)	Dombvidéki nagytájak (IV + V + VI + VII)	Kisalföld (III)
Szántó + gyep területi megoszlása	71,5	28,5	8,9
Szarvasmarha állomány	75,3	24,7	13,7
Sertés	80,3	19,7	11,5
Juh	81,0	19,0	3,1
Baromfi	71,6	28,4	15,5

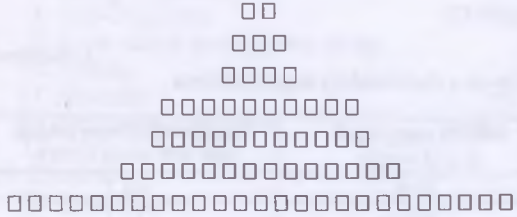
Forrás: Összeállítva a KSH, ÁMÖ, 2000 alapján (2)

5. táblázat

A szántóföldi ökoszisztémák potenciáljának nagytájankénti alakulása

			ha	%
I.	Dunai-Alföld	(5 középtáj)	98	19,6
II.	Tiszai-Alföld	(8 középtáj)	110	13,8
III.	Kisalföld	(3 középtáj)	51	17,0
	Alföldi nagytájak		259	16,2
IV.	Nyugat-magyarországi peremvidék	(4 középtáj)	39	9,8
V.	Dunántúli-dombvidék	(4 középtáj)	60	15,0
VI.	Dunántúli-középhegység	(3 középtáj)	31	10,3
VII.	Észak-magyarországi-középhegység	(8 középtáj)	66	8,3
	Dombvidéki nagytájak		196	10,3
	Együtt	(35 középtáj)	455	13,0

2. ábra



Jó adottságú termőhelyeken termelhető növények száma nagytájanként

6. táblázat

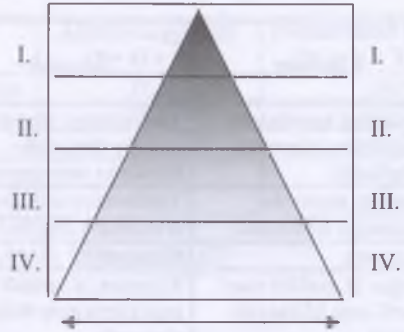
A területhasznosítás típusai*

Intenzitás / Tényezők	Alacsony	Közepes	Magas
Termesztési módok	Kizárólag természetes csapadékra alapozott termesztés.	Természetes csapadékra vagy öntözésre alapozott termesztés.	Természetes csapadékra vagy öntözésre alapozott termesztés.
Piacorientáltság	Önellátó termelés minimális többlettel.	Többlettermelés piaci értékesítés céljából.	Kereskedelmi cél termelés.
Tőkeintenzitás	Alacsony	Közepes	Magas
Munkaintenzitás	Magas (a családi munkaerő nem költségtényező)	Közepes (a családi munkaerő nem költségtényező)	Alacsony (a családi munkaerő nem költségtényező)
Erőforrás	Kézi munka.	Kézi munka igaerővel és némi gépesítéssel kiegészítve.	Teljes gépesítettség.
Technológia	Hagyományos fajták. A műtrágya és vegyszerek teljes hiánya. Ugaroltatás. A talajvédelem teljes hiánya.	Javított fajták, megfelelő szaktanácsadás. Szerény műtrágya és vegyszerhasználat. Megfelelő ugaroltatás és némi talajvédelem.	Elsőrangú fajták, hibridek. Optimális műtrágya és vegyszerhasználat. Teljeskörű talajvédelem.
Infrastruktúra	Piacra jutás nem szükséges. Nem megfelelő tanácsadói rendszer.	Szerény piaci jelenlét szükséges. A kísérleti eredmények és a szaktanácsadás hozzáférhető.	A piaci jelenlét létszükséglet. Magas szintű szaktanácsadás és a kísérleti eredmények alkalmazása.
Birtokméret- és szerkezet	Kicsi, széttagolt.	Kicsi, esetenként széttagolt.	Nagy, konszolidált.
Jövedelemszint	Alacsony	Közepes	Magas

Forrás: Global Agro-Ecological Zones, 2000 FAO, Rome, Italy (IV)
* LUT – Land Utilisation Types

3. ábra

A földhasználati piramis



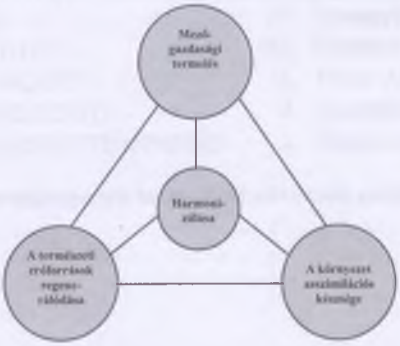
A területhasználat, valamint a természetvédelmi, környezetileg érzékeny és NATURA 2000 területek összefüggései

I.	nincsen	Mezőgazdasági földhasználat		A védelem jellege	szigorúan védett területek (totális rezervátumok) I.
II.	korlátozott				védelmi prioritást élvező területek II.
III.	alacsony ráfordításokkal				védelmi célú földhasználati korlátozások III.
IV.	magasabb ráfordításokkal				kísérő védelmi intézkedések IV.

Forrás: Összeállítva Erz, 1978 nyomán

A fenntartható mezőgazdasági termelés

4. ábra



A fenntartható preciziós gazdálkodási rendszer

	Termelés mérete
Termőhelyi adottságok, természeti erőforrások	**A fenntartható termelés és vállalkozás részrendszerei:** GPS technika-technológia, ráfordítások, management stb.

THE AGRO-ECOLOGY RESEARCH PROGRAM (ENVIRONMENTAL INTERACTIONS OF AGRO-ECOSYSTEMS AND POSSIBILITIES OF THEIR CONTROL)

By
VÁRALLYAY, GYÖRGY

The functions of agro-ecosystems multiplied and grew more diversified during the last tens of years. Ecological production aimed, initially, to increase the biomass, food and animal fodder (in animal husbandry secondary food), raw material for the industry (food processing and textile industry, etc.) and sources of energy (firewood, biofuel). After a good deal of time, the environmental function of agro-systems from the point of view of welfare and aesthetics have been appreciated, moreover, its role in the absorption of CO_2 moderation of excesses in water balance and creation of new jobs have been considered.

The Research Program of Agro-ecology endeavoured an up to date synthesis in order to secure, scientifically, an undisturbed function of the ecosystems without deleterious side-effects on the environment:

- assessment of its elements and components;
- detailed analysis of its interrelations;
- characterisation and qualification of material- and energy-husbandry of the system in order to learn about its mechanism;
- exploration of possibilities of control or regulation;
- suggestions of alternative measures for the sake of an undisturbed function of the system.

The Agro-ecological Research Program is displayed in a matrix of two dimensions, where one row shows the elements of the ecosystem according to their disciplinary groups, whereas in the other row the solutions suggested are enumerated within the respective disciplines in a logically structured order.

CLIMATIC VARIABILITY AND NATURAL PERIODS

By
VARGA-HASZONITS, ZOLTÁN – VARGA, ZOLTÁN

One of the climate's basic attributes is the variability that may appear both within a year (seasonal variability) and between years (yearly variability). These kinds of variability have a great effect on plant production since climatic factors provide not only resources and a system of external conditions for agriculture but also risk factors of that.

Meteorological factors are mainly divided into two groups: thermal and humidity factors. Thermal conditions determine what kind of plants is grown successfully at a given site characterised by the length of growing season. The temperature changes between years influence the date of beginning, length and end of the life cycle. In general sense, growing season means the period when daily mean temperature rises above 5 °Celsius, because the so-called microtherm (frost-hardy) plants start growing. One centigrade change in yearly average temperature causes 10–14 day variation in the length of this period, 6–8 day variation in the date of its beginning and 3–6 day variation in the date of its end. Temperature affects also the length of thermal subperiods (such as warming-up, warm, cooling-down and cold periods).

Both precipitation and evapo-transpiration – as receipts and expenses of water balance – also influence the plants significantly. These factors determine periods when water loss exceeds water gain and periods with water surplus. In Hungary the dry spells roughly coincides with the period when daily mean temperatures are above 5 °C. This period is determined with the help of aridity indices (the ratio of evapo-transpiration/precipitation). On the basis of the analysis of these indices we stated that the central and southern part of our country is the driest while the south-western region is considered as the most humid one in Hungary.

SOIL AS A FUNDAMENTAL MEDIUM OF AGRO-ECOSYSTEMS

By
VÁRALLYAY, GYÖRGY

Soil is one of the most important – conditionally renewable – natural resource in Hungary. Consequently, the rational and sustainable use, protection and conservation of soil resources – maintaining their multi-functionality – are priorities of biomass production and environment protection and are key-elements of sustainable development too.

Human society exploits more and more the diverse functions of the soil including also misuses of its particularly pronounced resilience. In Hungary, the complicated interaction of soil-generating agents produced four basic types of soil, which contributed to the mosaic-like distribution of heterogeneous soils with spatially and chronologically variable properties. During the 70 years, Hungarian soil science and practice compiled a substantial stock of knowledge including pedological maps, which facilitate an up to date scientific monitoring and control of pedogenetical processes (genesis, degradation, movement of moisture, bio-geo-chemical changes).

Agro-ecological conditions of Hungary are, generally, favourable. However, the capricious variability (in space and time) of those favourable properties jeopardizes and sets limits to their effects as a consequence of:

1. Processes of soil degradation.
2. Excessive hydrological conditions (flood, water logging, swamping or the opposite, i.e. drought).
3. Elements (plant nutrition and potentially polluting substances), which are involved in bio-geo-chemical cycles are influenced in a deleterious sense.

The unfavourable processes are to be regulated, prevented, averted or at least moderated to an ecologically supportable level, by an intrinsic knowledge of the ecosystem, the ecological susceptibility of the given soil and the "analysis of stress". Therefore, the control of processes prevailing in the soil is one of the key conditions of sustainable development in Hungary.

AGRO-ECOLOGICAL ASPECTS OF WATER MANAGEMENT OF SOILS

By
VÁRALLYAY, GYÖRGY

Water – as reactant, transporting agent and "life-factor" – plays an important and multi-functional role in the weathering, soil forming processes and the mass and energy regimes (abiotic and biotic transport and transformation) of ecosystems: geological strata–soil–water–biota–plant–near surface atmosphere continuum. Most of the limiting factors of soil fertility and the unfavourable soil degradation processes are closely related to (are reasons or consequences of) the field water cycle and soil moisture regime.

Water resources are limited in Hungary. The annual precipitation, surface- and subsurface water resources are not expected to increase in the future. On the contrary, the increasing water demand of society has to be satisfied by the present resources. It is forecasted, with high probability, that water may be the key (limiting?) factor of sustainable biomass production, agricultural and rural development and environment protection. Consequently, the efficiency of water use should be improved including an efficient control of soil moisture, as a priority in social development.

The spatially and temporarily highly variable, hardly predictable, extreme and sensitive field water cycle and soil moisture regime in Hungary is the consequence of 3 main factors:

highly variable atmospheric precipitation;

heterogeneous meso- and microrelief;

mosaic-like soil cover and unfavourable physical as well as hydro-physical properties of soils.

For the elaboration and implementation of an efficient soil moisture control, the hydro-physical properties have been categorised in a system, which considers the water balance as well as the metabolism of the soil.

Then we drew the hydro-physical map of soils over the country and established an up to date database of the relevant information.

We stated that soil is the largest potential natural water reservoir in Hungary. But in many cases the efficient use of this huge potential capacity of water storage is limited either by slow infiltration or poor water retention, consequently, hydrological extremes occur: flood, water-logging, swamping or drought with all their unfavourable ecological consequences. The basic aim of any moisture control action is: to help infiltration into the soil and to increase water storage within the soil in an available form for the plants. Most of these soil moisture control measures are also efficient elements of environment protection.

AGRO-ECOLOGY AND WATER MANAGEMENT

By
VERMES, LÁSZLÓ

Extreme lack of water or drought has been the most alarming cause of risk occurring in our agro-ecosystem, thus possibilities of prevention and adverting of its damages have been analysed most thoroughly. Nowadays, the danger seems to be even more exacerbated, but anyway, drought remains to be the most deleterious factor causing immediate ecological

damage in crops as well as in natural ecosystems, moreover, also indirect consequences hitting all the respective living organisms.

Drought is, for the moment, an irregularly returning unpredictable natural phenomenon, in some countries considered to be a natural catastrophe. Its components are either the failure of precipitation compared to the accustomed or expected level, or the higher than normal temperatures, which increased the rate of evapo-transpiration, both considered to be weather anomalies. The measure of drought intensity of a respective area is expressed by the characterisation of humidity or water supply related to averages expected, which is expressed in a meteorological or hydro-meteorological index. The drought-susceptibility of a given area is the frequency and distribution of droughts of variable intensities over a period of several years. Vulnerability by drought is a more complex concept because it involves the susceptibility of the population, its activities and environmental claims, which are touched by the effects of drought.

Forecasting of drought is facilitated mostly by means of using, thoughtfully, meteorological or hydro-meteorological data.

Water management is a decisive factor of soil life, pedogenesis and fertility.

EFFECTS OF CLIMATIC EXTREMITIES ON WINTER CEREALS

By
VEISZ, OTTÓ – SELLYEI, BOGLÁRKA

The effects exerted by climatic extremes, soil, water and temperature on plants were studied in experiments carried out in an artificial environment as part of the meteorological section of the Agro-ecology Research Programme. The experimental plants used in the research were cereals, the important group of plant species grown on the largest area in Hungarian agriculture. The aim was to examine the effect of individual environmental factors, alone and in combination, on the development of agronomically important traits.

It could be seen from the results of phytotron experiments that differences of moisture content during freezing had less influence on the survival of varieties with excellent frost resistance. For varieties with moderate or poor frost resistance, however, survival exhibited differences of more than 50% in plants frozen at different soil moisture contents.

The temperature optimum for initial development and the response of varieties to extreme values were determined in an experiment set up in a gradient chamber, where plants of 12 varieties were grown simultaneously at 12 different temperatures (at 1 °C intervals). The other growth factors, including soil structure, water supplies, intensity and duration of illumination, were identical in all the 144 combinations. Although all 12 varieties gave individual responses for each of the traits tested, when the traits were considered together a number of groups with different dynamics of development could be identified. There were considerable differences in the extent to which the morphological traits varied. Shoot length and leaf number gave the most pronounced response to temperature variations. Over the temperature range tested, changes in the other phenological traits were linearly related with temperature in the early stages of development, the only exception being the biomass, which exhibited a logarithmic function.

For the exact determination of the effect of water deficiency, 12 cereal varieties were tested in the phytotron at five soil moisture levels (30%, 40%, 50%, 60%, 70% of field water

capacity). A reduction in soil moisture content led to a significant reduction in biomass in all genotypes tested, but the extent of this reduction differed substantially for the individual varieties, which also exhibited different root-shoot growth dynamics. Shoots responded sensitively to inadequate water supplies, while the mass of roots did not decrease with deficient water supply. The reduction in total biomass could be attributed mainly to the cessation of shoot growth, and only to a less extent to poor root growth.

SOME AGRO-ECOLOGICAL ASPECTS OF FIELD CROP PRODUCTION

By
SZÖLLŐSI, GERGELY – UJJ, APOLKA – SZENTPÉTERY, ZSOLT – JOLÁNKAI, MÁRTON

Crop production has always been located to a certain agro-ecological unit, namely to a particular growing site. The growing cycle of cultivated crops as components of the ecosystem depend on the climatic, edaphic characteristics of the respective habitat as well as they interact with other naturally associated species (weeds) of the ecosystem. In field trials at Gödöllő-Nagygombos, impacts of water supply was studied on wheat (Triticum aestivum L.), and the composition of the weed flora has been registered. On the basis of an experimental series over seven years, performance of the crop has been characterised by the data of yield and quality. The results suggest that precipitation of the whole year had no significant effect on yield, however, that of the growing season was significant. Water supply had an impact on some quality figures, like Hagberg falling number, protein and gluten values. The experimental treatments had an influence on the canopy rank and composition of major weed species both in cereal biculture and maize monoculture.

INTERRELATION BETWEEN ELEMENTS OF THE AGRO-ECOSYSTEM IN A SOIL TILLAGE TRIAL

By
BIRKÁS, MÁRTA – GYURICZA, CSABA

Interaction of the elements of an agro-ecosystem has been studied at different conditions of tillage over a two-year period. The effect of the previous crop has been expressed in differences of soil-utilisation, consistence of the soil, water balance, yield and phytosanitary conditions at customary agro-techniques compared with the modified tillage systems. Correlation has been stated between climatic conditions, moisture content, consistence of soil, on the one hand, and development of plants, the previous crop, loosening of soil, some phytosanitary risks, on the other hand, moreover, between land use and the general status of the soil. Conclusions drawn from the results are summarised:

- Water supply available for plants in the soil depends first of all on precipitation, but the land use during several previous years, the crops grown (consuming more or less water) as well as tillage are contributing substantially to the status of the soil.
- The lack of precipitation as a climatic excess ought to be counteracted with adequate

changes of the system of land use. At the actual site, water deficit caused either by lack of precipitation or inadequate land use was aggravated by compaction of the soil. Deleterious effects of drought could be moderated by means of maintaining soil conditions favouring the circulation of water.

• The loss of humidity from the soil could be safely reduced by tilling combined with mulching adjusted to the conditions. Covering of the surface with living plants (green or protective crop) or mulching (stubble or killed weeds) is recommended. Protective crops or mulching facilitated the reduction of loss of humidity in years of insufficient precipitation.

• Suppression of weeds contributes effectively to the conservation and thoughtful utilisation of humidity. Covering of the soil surface controlled weediness directly as well as indirectly because the seed bank of weeds is stimulated to germinate and the emerged weeds are singed off to provide mulch. Weed control proved to be less efficacious by means of soil loosening in the root-zone than ploughing but improved the soil conditions better than shallow tillage combined with mulching.

• The status of soil depends on several criteria. In addition to circulation of humidity, plant population and yield the population of earthworms, the penetrometric resistance or compaction and emission of CO_2 are to be considered.

PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS

By
FARKAS, CSILLA – TÓTH, ESZTER – VÁRALLYAY, GYÖRGY

Tillage systems have a significant role in rational management of agro-ecosystems including the control of the moisture regime of the soil. The main criteria of evaluation in this respect are their effects on infiltration and storage capacity of water and on the content of moisture available of soil.

The present study deals with the effects of six different tillage systems on bulk density, curve of water retention and water content of the soil examined in a long-term field experiment. A complex monitoring system was set up applying probes to check the water content of soil in different treatments continuously.

During the statistical and visual evaluation of water retention curves plotted against different treatments, we stated that at the beginning and in the middle of the growing period the soil management method significantly influenced the shape of the water retention curves in the macropore range (pF < 1.5). On the other hand, it had no effect on the mezzo- and micropores. Consequently, the management methods studied had no influence on the amount of potentially available water on the soil of the actual experiment. The differences observed in the values of soil moisture and yields can be attributed to the indirect effect of soil management.

Regarding the spatial and temporal changes of the water content of soil, significant differences were found between the different treatments. Below the cultivated layer, the differences between the tillage systems equalized gradually. In the shallow cultivations, the harmful effect of the possibly evolving compact layer was traceable on the lower border of cultivation.

FUNCTIONAL ECOLOGICAL RESPONSES, C-CYCLE AND GHG BALANCES OF HUNGARIAN GRASSLAND ASSOCIATIONS UNDER PRESENT AND EXPECTED FUTURE CLIMATIC CIRCUMSTANCES, RESPECTIVELY UNDER DIFFERENT LAND-USE PRACTICES

By
TUBA, ZOLTÁN – NAGY, ZOLTÁN – CZÓBEL, SZILÁRD – BALOGH, JÁNOS – CSINTALAN, ZSOLT – FÓTI, SZILVIA – JUHÁSZ, ANITA – PÉLI, EVELIN – SZENTE, KÁLMÁN – PALICZ, GERGELY – HORVÁTH, LÁSZLÓ – WEIDINGER, TAMÁS – PINTÉR, KRISZTINA – VIRÁGH, KLÁRA – NAGY, JÁNOS – SZERDAHELYI, TIBOR – ENGLONER, ATTILA – SZIRMAI, ORSOLYA – BARTHA, SÁNDOR

This paper reviews the ecological research carried out on grasslands in the last 10 years. Participating partners of the study are researchers and teachers of the Department of Botany & Plant Physiology of the Faculty of Agriculture & Environmental Sciences, St. Stephen University (the former Gödöllő University of Agriculture) and the Plant Ecological Research Group of Hungarian Academy of Sciences. Further contributors are involved in projects as the "Global Climate Change and Plants" Experimental Plant Ecological Station, within the frame of the Agro-ecological National R & D and some other, closely related professional groups. The ecological studies of grassland covered by the Agro-ecological National R & D project are based mainly on the research infrastructure of EU R & D projects (GREEN-GRASS, CARBOMONT and CARBOEUROPE-IP).

The main goals of the project are to know the structure, function and functional-ecological responses of natural grass vegetations of the Carpathian Basin under present and expected future climatic circumstances (expected doubling CO_2 concentration of the atmosphere and jointly increasing air-temperature). Moreover, different land-use practices (grazing, fertilizing, cutting, fallowing, irrigation) are tested with special regards to the functional ecosystem scale (spatial and timely) processes (including synphysiological or ecosystem-physiological processes) of associations and of the ecosystem. The research covers the studies of diversity and coenological, textural, physiognomical structure of the vegetation as well as the association-function at stand level, including the eco-physiology and production (quantitative and qualitative). The eco-physiological surveys are mainly extended to the CO_2 fluxes and C-cycle (measured by the so-called Eddy Covariance and chamber techniques) of the ecosystem. Important components of the project are to study the carbon cycle amongst the atmosphere-plant-soil systems and the GHG balances. The results are important in the fields of grassland utilization and grassland management under present and future atmospheric composition for environmental conservation and environmental practices.

Some of the results: The grassland area of the "Bugac puszta", a *Potentillo-Festucetum pseudovinae* association, has been characterised as for its C-balance according to the Eddy-covariance, during the heavy summer drought it was negative; but over the whole year, the grassland was a slight C-sink. C-absorption was around 120 g CO_2 m^{-2} $year^{-1}$. The grassland of *Festuca rupicola* in the Mátra mountains proved to be rather a source of CO_2 according to the figures of Eddy-covariance. The *Salvio-Festucetum rupicolae* associations on loess soils, absorbed large quantities of C especially in the second part of the spring. The C absorption of sandy grasslands, *Festucetum vaginatae danubiale* associations of the Great Plain, was very variable not only between seasons but also within the seasons, according to the whole year, the net CO_2 cycle proved to be a C-sink. The daily C-balance changed during the

longer periods of drought from sinks to sources of CO_2, which is relevant from the point of view of climatic changes especially expected in Hungary. Results obtained on the ecosystem of grassland Bugac dealing with the CO_2 flux, the C-absorption varied monthly as a consequence of the intensity of grazing. The grazed surface absorbed more CO_2 than ungrazed parts. Grazing did not change significantly the emission of N_2O of the soil. Grasslands on loess soils turned to become slightly sinks of CO_2 just two years after being treated with chemical fertilisers, whereas irrigation increased the absorbed CO_2 to its threefold quantity. Emission of N_2O was raised by 24% in fertilised grassland on loess soil, and by 63% as a consequence of irrigation. In the mountanous region of Mátra, the CO_2 net flux of the ecosystem was different in the natural grass association and in the sown grassland. CO_2 absorption as well as dark-respiration were both more intense in the sown than in the natural grassland. On both, loess and sandy grasslands, increased levels of CO_2 caused, within a few years, rearrangement of relative rates between the composing species. It was attributed to the differences in physiological acclimation of the respective species.All that caused finally the transformation of the species-structure and the reduction of the specific and individual diversity of the ecosystem. Moreover, the architecture is changed as well as the physiognomy of the stands. In grasslands of the sandy habitats, increased levels of CO_2 in the atmosphere caused changes similar as on loess soils, but the change was less pronounced. The regeneration after prolonged periods of drought was much quicker and more effective in increased CO_2 atmosphere than in the actual, normal, atmosphere. The yearly product above the surface of the grassland at increased CO_2 concentrations was lower than in the normal CO_2 concentrations. Increased CO_2 concentrations produced higher yields over the surface only at additional nitrogen administration. The raising of the CO_2 concentration of the atmosphere did not change significantly the N_2O emission of grassland soils. The method applied is a new development of experimental chambers of sizes between 7.5 and 480 cm on a logaritmic scale of domestic initiative, which facilitate the tracing of variabilty in CO_2 circulation. The minimum of it seems to be expected to occur in treeless plant communities of the lowest heterogeneity with the narrowest space of synphysiological variability; with a variable size of minimum area depending on the degree of their organisation.

THEORETICAL AND PRACTICAL QUESTIONS RELATED TO WOODY, NEARLY NATURAL ECOSYSTEMS

By
SOLYMOS, REZSŐ

Agrobiocenoses are bio-communities of plant and animal biotopes. Their composition is more or less but decisively determined by human interference. The same is true for the woody bio-communities, which arose mostly long ago spontaneously. However nowadays, there are few exceptions, where human interference did not modify the "natural way" of their development; moreover, men have made several woody bio-communities, since then. As a common trait of all bio-communities, they interact inevitably with the abiotic environment. Thus, the metabolism between the living and lifeless elements and the energy flux is continuous. The recent, up to date definition of the forest is based on principles of the ecosystem, as the forest is "the bio-cenosis of plants and animals on an area, which is decisively determined by the dominance of woody plants or trees, and the living organisms interact with each other in a special way, i.e. bio-cenosis, and with the abiotic environment".

ECO-TOXICOLOGY AND MONITORING OF INSECT POPULATIONS AS A SERVICE OF AGRO-ECOLOGY

By

SZÉKÁCS, ANDRÁS – FÓNAGY, ADRIEN – FEKETE, GÁBOR – SZENTKIRÁLYI, FERENC – BERNÁTH, BALÁZS

The application of eco-analytics, eco-toxicology and population-dynamics are indispensable means of being informed about the consequences of human interference, actually, in agricultural production, determining the wellbeing and balance of the respective ecosystems exposed to sustainable or non-sustainable intrusions by technical development. The status of agro-ecosystems has to be monitored by this way. The Research Institute of Plant Protection of the Hungarian Academy of Science (MTA) endeavours to observe the eco-toxicological challenges and to trace the changes of insect pest populations as well as to monitor the environment from several aspects of the agro-ecosystem. Eco-toxicological and eco-analytical investigations search for alien and polluting substances by means of instrumental analysis (GC-MS) and immune-analysis (ELISA) in samples of surface, ground and raw potable water. The targets of analysis were the potential water-polluting compounds, remnants of chemicals used in the practice of plant protection (phyto-sanitation and pest control). During the last three years, 53% of the 348 water samples contained one or more toxic compounds of that type at detectable amounts. Considering their eco-toxicological weight, the most important water pollutants have been the weed killer *atrazine* and *acetochlor*. It turned out that some water resources and geographic regions are especially contaminated in an either punctiform or diffuse way. For the purpose of monitoring the environment we have elaborated systems of biotests/*bioassays* aiming to detect either known or unknown pollutants by means of either living or prepared organisms. For biotests (*in vivo*) we use living animals: *Dysdercus cingulatus* (cotton bug; Hemiptera) and *Mamestra brassicae* (owlet moth; Lepidoptera), prepared organs (section of the gut), moreover, on biochemical components (metabolism of carbohydrates and lipids) *in vitro* methods on *Blaberus craniifer* (Chilean cockroach; Blatellidae). Tests on the cenosis level need the monitoring of insect populations as tracing their geographic and timely changes by means of traps with light or pheromone bait. The tests are able to register (a) yearly and seasonal changes, (b) colonisations as well as (c) population dynamics and biodiversity changes on the long run. On a country-wide level, the light traps traced the migration of the invasive *Helicoverpa armigera* Hübner (owl moth of cotton capsule; Lepidoptera) northbound from South European areas. That species has been rated as a model of pest, which colonised the country in 1993, and its population increased continuously until 1995, then diminished until 1998, subsequently increased again up to 2003. Changes in the size of populations plotted against climatic events proved the supposed climatic changes over larger geographic zones, which caused the appearance and colonisation of insect species, which have not been observed earlier on the respective area, but became important components of the agro-ecosystem.

INTERACTION BETWEEN POTATO PLANTATIONS AND NOXIOUS APHIDS

By
KUROLI, GÉZA – POLGÁR, ÁKOS – NÉMETH, LAJOS

Aphid species in question are able to feed on different plant species (heteroecic) and start every year from overwintering eggs, multiply and migrate during the whole growing season to other host plants (being holocyclic). The migration of aphids has been monitored throughout the growing season over 20 years. The intensity and peak of migration has been assessed between the mid of May and mid of June. Aphid colonies are initiated and increased during that period on the secondary host plants. The direct (feeding) and the indirect (virus-infection) damages on the plants depend on the size of the aphid population. During the period of intense migration, the nutritive value of plant saps is high and conditions of the environment are optimal. Consequently at that time, the sedentary aphid population outnumbers the migrating winged specimens. (L_1 larvae grow to complete parthenogene adults within 7 to 9 days, then producing 60 progenies each as a mean).

In the closed canopy of the potato plantation, aphids continue to multiply in spite of high temperature (30–35 °C) and low atmospheric humidity (35–45%), which were deleterious to aphids. However, under the canopy favourable ecological conditions prevail, 22–25 °C and 65–75% humidity, i.e. nearly optimal for the aphids. The opening of the canopy causes a breakdown of aphid populations as it has been observed during the last years of substantial drought (2001, 2002, 2003).

Population of aphids is also determined by the quality of their feed. A survey of the leaf composition in 74 potato varieties proved that the higher content of raw protein increased the population at an error level of less than P = 5% probability, whereas fat content exerted a negative effect, carbohydrates too, the latter being even more significant at P = 1% odds. Analytical proofs over the whole season show that juvenile leaves contain more raw proteins whereas senescent ones more raw fats and carbohydrates.

An experiment with 11 Dutch potato varieties corroborated the proofs of correlations between green mass, leaf surface index, closeness of the canopy and aphid population – being though variable according to varieties.

INTERACTION BETWEEN THE SOIL AND THE WIREWORMS

By
KUROLI, GÉZA – ÁBRAHÁM, RITA – NAGY, SÁNDOR –
NÉMETH, LAJOS – POLGÁR, ÁKOS

The role of soil as a substrate of a special biotope is determined by different characteristics. This locally variable environment is the living site of soil born pests, development and activities of which are influenced by the temperature, being in turn subject to regular seasonal changes. Our observations traced the vertical movement depending to the seasonal variation of temperature of the soil. Wireworms stay between mid of October and end of March at the deepest strata (50–100 cm) of the soil, then migrate upwards to break the fast of the winter period by feeding on germinating seeds and other plant parts in the root zone.

Reliable prognosis cannot be given unless the soil temperature rose to 7–8 °C in order to start with the adequate phytosanitary measures before spring crops are sown.

During the drought periods of the summer months, wireworms move downward to avoid exsiccation. Additional measurements are needed for more precise information.

As a new possibility, the GPS system has been applied in order to fix the geographic co-ordinates of sampling probes, which will help to facilitate repeated sampling on the same spot. It was efficacious in tracing the seasonal movement of wireworms as well as their local distribution, moreover, the variation of their population. Exact information upon the local wireworm population is a precondition of using a precision application of disinfectant chemicals. Based on data, we computed also values of constancy and abundance.

The reliability of the surveys could be increased further by a study of the influence of soil humidity as well as with the improvement of sampling techniques.

AGRO-ECOSYSTEMS, REGIONALISM AND BIODIVERSITY

By
CSETE, LÁSZLÓ – LÁNG, ISTVÁN

The research performed with the objective "Agro-ecosystems, regionalism and biodiversity" led to precious conclusions concerning the character of agro-systems as well as its the relation to the environment, regions and the phenomenon of biodiversity, which are decisive from the point of view of the future of agro-ecosystems and the possibilities of their conscious regulation.

1. Agro-ecosystems are ecological objects involving populations of annual and perennial plant populations of field crops, decorative and medicinal plants, grape and fruit plantations with all of the naturally occurring species of macro- and micro-organisms appearing on smaller or larger pieces of land within a determined area composed by similar more or less natural or modified sites under the influence of different, mainly exterior factors.

2. Agro-ecosystems are essentially complex self-organised systems subject to definite regularities characteristic to the respective site and time, but which require from time to time the help of the human, conscious interference.

3. The weight and importance of agro-ecosystems is based upon the fact that its area occupies more than 80% of the Hungarian state, around 75 000 square km, which is the multiple of the area of nearly natural ecosystems in the region.

Agro-ecosystems furnish food or raw material of commodities, which are indispensable for human existence, also offer, as being hoped, solutions for some substantial global problems of the world.

Agro-ecosystems are natural resources represent a substantial part of the environment, which supplies our human needs, and are renewable if handled carefully, as a solution of future problems of dwindling sources energy of the world, an outstanding actual priority.

Agro-ecosystems provide also the absorption of CO_2 and liberate oxigen, moreover, their effect on landscape is highly appreciable.

Agro-ecosystems contribute to the conservation as well as multiplication of the living world because they are elements of biodiversity on the ridges, borderlands, roads, ditches, windbreaks, etc.

Agro-ecosystems themselves are rich habitats of an increasing number of varieties under the hopingly decreasing pressure and rational use of chemicals.

Agro-ecosystems are upgraded by the National Committee of Monitoring Biodiversity as 9 different agricultural biotopes were included into the list of special interest.

4. The exploration of the characteristics and diversity of agro-ecosystems will be used as a basis of the regional regulation to be adopted by the European Union. Regions and growing sites should be systematically surveyed and registered in order to find out the most favourable utilisation and promote their competitiveness of land use and minimise the necessary environmental burden and let them regenerate for the advantage of the human environment.

Agro-ecosystems are components of the region, thus everything being registered as a result will be useful in programmes of rural development.

5. The economy, social and political events of the last fifteen years and associated accidental effects upset the spatial division of labour justified by historical traditions, therefore, lastly, in the relatively rational regional structure of agro-ecosystems changes of an unexpected nature ensued. According to the geographic relief, the larger regions maintained their structure, i.e. lowland (3 regions) as well as hilly (4 regions) character.

The regional structure of agro-ecosystems displays some phenomena deviating from the possibilities attributed to the conditions of the respective growing site, which is explained by differences in relative shortage of funds. For instance, in the hilly regions, there is a higher ratio of cereals produced than in the regions of the lowland. At the same time, lowland regions prefer more cultures requiring an intense investment and undertake all kinds of animal husbandry at a higher rate than expected in the hilly regions. The investigations showed also clearly that the capital moved preferably towards ecosystems promising more efficacy, which seems to be quite rational.

6. For the evaluation of agro-ecosystems, a point system has been established, which is independent from the casual changes occurring during the last fifteen years, thus the relative "values" and rank of the regions of intermediate size could be expressed. As an expression of agro-ecological potential, it could be stated that7 of the regions of intermediate size enjoy a large dynamic margin, which is easy to be exploited for sustainable husbandry, which secures favourable competitiveness in the EU. On this basis, the last 9 placed winners of the intermediate-size35 regions, the changes of farming are actual in order to diversify the activities and raise the level of services.

7. Agro-ecosystems contribute to the wealth of biodiversity and its large regions are composed of a mosaic of different types of biotopes. The hilly large regions harbour nearly twice as many types of biotopes according to the different grasslands, woods and variable geographic relieves than the lowland regions.

8. The future of agro-ecosystems is secured mostly by sustainable development and precision farming because they are, by principle, thrifty and economise capital investment, water resources, etc., therefore they are promising solutions of problems related to the general warming up, drought and other threatening weather anomalies as well as shortage of funds.

9. The research aiming to study agro-ecosystems, environments, their interrelations and their possible control is a new discipline, the ecological economics, which is eligible to become an effective approach to human welfare.

MTA Könyvtára
Periodika 20 12/21 r

CONTENTS

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Németh Lajos, a NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növényvédelmi Tanszék egyetemi adjunktusa (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2. Tel.: 96/566-689, Fax: 96/566-610, E-mail: nemethl@mtk.nyme.hu)

Palicz Gergely, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék predoktora (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: gpalicz@freemail.hu)

Péli Evelin, az MTA Növényökológiai Tanszéki Kutatócsoport tudományos segédmunkatársa, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: evel@free-mail.hu)

Pintér Krisztina, SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék PhD hallgatója (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: christap@ludens.elte.hu)

Polgár Ákos, a NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növényvédelmi Tanszék tanszéki mérnöke (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.Tel.: 96/566-746, Fax: 96/566-610, E-mail: acca@mtk.nyme.hu)

Sellyei Boglárka, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete tudományos segédmunkatársa (2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2. Tel.: 22/569-500, Fax: 22/460-213)

Solymos Rezső, akadémikus, az Erdészeti Tudományos Intézet kutatóprofesszora (1023 Budapest, Frankel Leo út 42/44. Tel.: 326-1640, Fax: 326-1639, E-mail: führere@erti.hu)

Székács András, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály tudományos tanácsadója (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 487-7575, Fax: 487-7555, E-mail: aszek@nki.hu)

Szente Kálmán, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék tudományos főmunkatársa (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804)

Szentkirályi Ferenc, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet Állattani Osztály tudományos munkatársa (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 391-8655, Fax: 391-8655, E-mail: h2404sze@ella.hu)

Szentpétery Zsolt, a SZIE Gépészmérnöki Kar Műszaki Gazdaságtani Tanszék egyetemi docense (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-000/1544 mellék, Fax: 28/410-804, E-mail: szentpet.mugt@mgk.gau.hu)

Szerdahelyi Tibor, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék egyetemi adjunktusa (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: szerdah@fau.gau.hu)

Szirmai Orsolya, az MTA Növényökológiai Tanszéki Kutatócsoport tudományos segédmunkatársa, SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 06 28/522-075, Fax: 06 28/410-804, E-mail: szirmaio@hotmail.com)

Szöllősi Gergely, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézet Növénytermesztéstani Tanszék Ph.D hallgatója (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-000/1668, Fax: 28/410-804, E-mail: szollosy.gergely@mkk.szie.hu

Tóth Eszter, az MTA TAKI Talajtani Osztály tudományos segédmunkatárs (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 224-3652, Fax:356-4682, E-mail: teszter@rissac.hu)

Tuba Zoltán, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető és az MTA Növényökológiai Tanszéki Kutatócsoport vezetője (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: tuba.zoltan@szie.mkk.hu)

Ujj Apolka, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézet Növénytermesztéstani Tanszék tanszéki mérnöke (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-000/1679, Fax: 28/410-804, E-mail: ujj.apolka@mkk.szie.hu)

Várallyay György, akadémikus, az MTA TAKI kutatóprofesszora (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel./Fax: 356-4682, E-mail: g.varallyay@rissac.hu)

Varga Zoltán, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Meteorológiai Csoport egyetemi adjunktusa (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2. Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-610, E-mail: varzol@mtk.nyme.hu)

Varga-Haszonits Zoltán, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar professzor emeritusa (1181 Budapest, Margó T. u. 82. Tel.: 292-21001, E-mail: vargahz@axelero.hu)

Veisz Ottó, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete ügyvezető igazgatóhelyettese (2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2. Tel.: 22/569-506, Fax: 22/460-213, E-mail: veiszo@mail.mgki.hu)

Vermes László, a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1118 Budapest, Villányi út 29-43. Tel.: 372-6272, Fax: 372-6336, E-mail: laszlo.vermes@uni-corvinus.hu)

Virágh Klára, az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet tudományos főmunkatársa, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar (2163 Vácrátót, Alkotmány u. 2-4. Tel.: 28/360-122, Fax: 28/360-110, E-mail: viragh@botanika.hu)

Weidinger Tamás, az ELTE Természettudományi Kar Meteorológiai Tanszék egyetemi docense (1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/a. Tel.: 372-2905, Fax: 372-2904, E-mail: wiedi@ludens.elte.hu)

SZÁMUNK SZERZŐI

Ábrahám Rita, a NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növényvédelmi Tanszék egyetemi adjunktusa (9200 Mosonmagyaróvár Vár 2. Tel.: 96/566-746, Fax: 96/566-610, E-mail: abrita@mt.nyme.hu)

Balogh János, az MTA Növényökológiai Tanszéki Kutatócsoport tudományos segédmunkatársa, Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: janko@fau.gau.hu)

Bartha Sándor, az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet tudományos főmunkatársa, a SZIE c. egyetemi docense (2163 Vácrátót, Alkotmány u. 2-4. Tel.: 28/360-122, Fax: 28/360-110, E-mail: sanyi@botanika.hu)

Bernáth Balázs, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet tudományos munkatársa (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 391-8655, Fax: 391-8655, E-mail: bbernat@arago.elte.hu)

Birkás Márta, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézet Földművelestani Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-000/1674, Fax: 28/410-804, E-mail: birkas.marta@mkk.szie.hu)

Czóbel Szilárd, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék tudományos segédmunkatársa (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: szilardc @hotmail.com)

Csete László, az „AGRO-21" Kutatási Programiroda vezetője, c. egyetemi tanár (1061 Budapest, Andrássy út 23. Tel./Fax: 342-7571, E-mail: csetel@mail.datanet.hu)

Csintalan Zsolt, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék egyetemi docense (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: csintalan.zsolt @szie.mkk.hu)

Engloner Attila, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék tanszéki mérnöke (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: engloner@fau. gau.hu)

Farkas Csilla, az MTA TAKI Talajtani Osztály tudományos főmunkatársa (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 224-3652, Fax: 356-4682, E-mail: csilla@rissac.hu)

Fekete Gábor, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály tudományos segédmunkatársa (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 391-8652, Fax: 391-8655, E-mail: fekete@julianki.hu)

Fónagy Adrien, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály tudományos főmunkatársa (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 391-8612, Fax: 391-8655, E-mail: h7191fon@ ella.hu)

Fóti Szilvia, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék tanszéki mérnöke (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: fotiszi@hotmail.com)

Gyuricza Csaba, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézet Földművelestani Tanszék egyetemi docense (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-000/1675, Fax: 28/410-804, E-mail: gyuricza.csaba@mkk.szie.hu)

Horváth László, az Országos Meteorológiai Szolgálat vezető főtanácsosa (1181 Budapest, Gilice tér 39. Tel.: 346-4817, Fax: 346 4809, E-mail: horvath.l@met.hu)

Jolánkai Márton, a SZIE Növénytermesztési Intézet egyetemi tanára, intézetigazgató (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-067, Fax: 28/410-804, E-mail: mjolankai@fau.gau.hu)

Juhász Anita, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék tudományos segédmunkatársa (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: juhaszanita @gree-mail.hu)

Kuroli Géza, a NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növényvédelmi Tanszék egyetemi tanára (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2. Tel.: 96/566-679, Fax: 96/566-610, E-mail: kurolig@mtk.nyme.hu)

Láng István, akadémikus, kutatóprofesszor, Magyar Tudományos Akadémia (1051 Budapest, Arany J. u. 1. Tel.: 269-2656, Fax: 269-2655, E-mail: ilang@office.mta.hu)

Nagy János, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék egyetemi adjunktusa (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: nagyjano@yahoo.com)

Nagy Sándor, a NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növényvédelmi Tanszék tanszéki mérnöke (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.Tel.: 96/566-746, Fax: 96/566-610)

Nagy Zoltán, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytani és Növényélettani Tanszék egyetemi docense (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. Tel.: 28/522-075, Fax: 28/410-804, E-mail: nagy.zoltan@szie. mkk.hu)

FOLYTATÁS A BORÍTÓ BELSŐ OLDALÁN