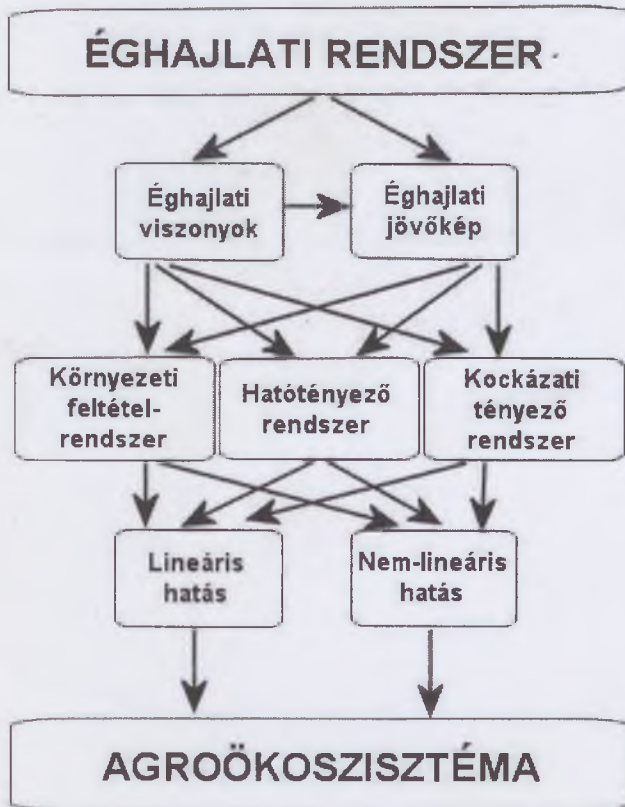


# "AGRO-21" Füzetek

## KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK



Az éghajlati változékonyság hatása az agroökoszisztémára

Forrás: Varga-Haszonits tanulmánya

### A TARTALOMBÓL

Klímaváltozás és várható hatásai

Globális klímaváltozás, magyarországi sajátosságok

A klímaváltozás és a hazai mezőgazdaság

Az éghajlat változékonysága és az agroökoszisztémák

A klímaváltozás növénytermelési hatásai

Földhasználat, szántóföldi növénytermelés, vízgazdálkodás

Klímaváltozási válaszok a Tiszántúlon, Kisalföld és Közép- és Dél-Dunántúlon növénytermelésében

A vízellátás és a kukorica hibridek agronómiai tulajdonságai

Az őszi búza szárazságtűrő képességének növelése nemesítéssel

A talajhasználat a káros klimatikus hatások enyhítésében

Erdőgazdálkodás és klímabizonytalanság

2005. 41. szám

„AGRO-21” FÜZETEK  
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“AGRO-21” BROCHURES  
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„AGRO-21“ HEFTE  
KLIMAÄNDERUNG – AUSKUNGEN – LÖSUNGEN

«АГРО-21» БРОШЮРЫ  
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTI:

CSETE LÁSZLÓ  
c. egyetemi tanár

KIADJA:

AZ „AGRO-21” KUTATÁSI PROGRAMIRODA  
1061 Budapest, Andrásy út 23.  
Telefon/Fax: 342-7571  
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

FELELŐS KIADÓ:

LÁNG ISTVÁN  
akadémikus

ISSN 1218-5329

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

## TARTALOM

### TANULMÁNYOK

<i>Láng István</i> : Klímaváltozás és várható hatásai .....	3
<i>Mika János</i> : Globális klímaváltozás, magyarországi sajátosságok .....	7
<i>Anda Angéla</i> : A klímaváltozás hazai mezőgazdasági következményei .....	18
<i>Varga-Haszonits Zoltán</i> : Az éghajlati változékonyság hatása az agroökoszisztémákra ..	29
<i>Nagy János</i> : A mezőgazdasági földhasználat, a szántóföldi növénytermelés és a vízgazdálkodás .....	38
<i>Jolánkai Márton</i> : A klímaváltozás hatása a növénytermesztésre .....	47
<i>Pepó Péter</i> : A globális klímaváltozás hatásai és válaszai a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében .....	59
<i>Késmárki István – Kajdi Ferenc – Petróczki Ferenc</i> : A globális klímaváltozás várható hatásai és válaszai a Kisalföld szántóföldi növénytermelésében .....	66
<i>Kismányoky Tamás</i> : A globális klímaváltozás hatásai és válaszai Közép- és Dél-Dunántúl szántóföldi növénytermelésében .....	81
<i>Marton L. Csaba – Árendás Tamás – Bónis Péter – Nagy János – Berzsenyi Zoltán</i> : A vízellátás hatása különböző tenyészidejű kukorica hibridek agronómiai tulajdonságaira .....	95
<i>Cseuz László – Pauk János – Csiszár Jolán – Lantos Csaba – Horváth V. Gábor – Dudits Dénes – Matuz János</i> : Az őszi búza szárazságtűrő képességének növelése nemesítéssel .....	102
<i>Birkás Márta</i> : A talajhasználat jelentősége a káros klimatikus hatások enyhítésében ....	114
<i>Führer Ernő – Mátyás Csaba</i> : Erdőgazdálkodás és klímabizonytalanság .....	124
Summary .....	129
Contents .....	140



## KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS VÁRHATÓ HATÁSAI

LÁNG ISTVÁN

A Föld története során igen változatos éghajlati viszonyok uralkodtak. Trópusi körülmények, sivatagi viszonyok, forró, meleg időszakok és jégkorszakok váltották egymást. Kereken húszezer év múlt el Európában az utolsó nagy jegesedés óta, és ezen belül az utolsó tízezer évet viszonylag stabil és kiegyensúlyozott éghajlati körülmények jellemezték. Ez időszak alatt fejlődött az ember technikai kultúrája az egyszerű vas-eszközöktől az elektronikus számítógépekig. A légkör, az óceánok és a szárazföld között egyensúlyi rendszer alakult ki. A szén körforgása is beleilleszkedett ebbe az egyensúlyi állapotba. A légkör szén-dioxid tartalmának egy részét a növények évente lekötötték, és így elsődleges biomassza képződött. Egyidejűleg a korábban képződött növényi, illetve állati szerves anyagok lebomlottak, ami CO<sub>2</sub> gázt szabadított fel. Ezt a rendszert időnként csak a külső természeti erők módosították, de hosszabb távon a rendszer dinamikus állapota egyensúlyban maradt. Az emberi beavatkozás elhanyagolható mértékű volt. A gleccserek jégtömbjeibe zárt légbuborékok analízise igazolja, hogy a légkör CO<sub>2</sub> tartalma állandó értéket mutatott évezredekken keresztül.

Azonban az ipari forradalom kezdetétől, avagy a 18. század közepétől számítva észrevehetően megnőtt a szén-dioxid aránya az atmoszférában. A 19. és különösen a 20. században egyre meredekebb a koncentráció mértékét mutató görbe alakulása. Az elmúlt kétszáz évben kereken 30%-kal növekedett a légkörben lévő szén-dioxid mennyisége.

Mi okozta ezt a változást? Természetesen több tényező, de visszavezethető egyetlen és minőségileg új jelenségre, nevezetesen az emberiség létszámának hihetetlenül gyors növekedésére.

Íme néhány számadat: a 19. század végén a Föld lakóinak száma 1,2 milliárd fő volt, amely a 20. század közepén már elérte a 2,5 milliárd főt, a 20. század végére már meghaladta a 6 milliárdot. Prognózisok szerint a 21. század közepére minimálisan számítva is elérjük a 8–9 milliárd főt. Ez hatalmas méretű növekedés. Ezt az óriási embertömeget folyamatosan el kell látni élelemmel, ivóvízzel, infrastrukturális berendezésekkel és mobilitásukat is lehetővé kell tenni. Mindez nagy nyomást gyakorol a természeti környezetre. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése során szén-dioxid kerül a levegőbe. A szántott területek növelése azzal jár, hogy a talajok humuszvegyületei könnyebben és gyorsabban oxidálódnak, és ez is szén-dioxiddal gyarapítja a levegőt. Más esetekben, például a rizstermesztés esetén, a levegő nélküli lebontás következtében metán szabadul fel, amelynek üvegházhatása többszöröse a szén-dioxid hatásának. A nagymértékű erdőirtások következtében – hiszen a 20. század második felében a trópusi esőerdők 30%-át kivágták – csökkent a növények természetes szén-dioxid lekötésének mértéke.

Vannak olyan számítások, amelyek szerint az antropogén hatások következtében évente mindössze 1–2%-kal több CO<sub>2</sub> kerül a légkörbe a természetes lekötés-felszabadítás folyamatokhoz viszonyítva. E számítá-

sok alapján egyes szerzők az emberi hatás mértékét elhanyagolhatónak tartják. Elfeledkeznek azonban arról, hogy ez az 1–2% addicionális jellegű, azaz évente ismétlődik, így tíz év alatt akár a 10–20 százalékot is elérheti.

A múlt század nyolcvanas éveinek második felétől regisztrálható az az egyre erősödő nézet, hogy nagy valószínűséggel számolhatunk egy globális klímaváltozás lehetőségével. Ennek fő tendenciája a lassú felmelegedés. A mérési adatok szerint a 20. században a Föld felszínének átlaghőmérséklete 0,6–0,7 °C-kal növekedett. A jelenlegi 15 °C átlaghőmérséklet az elmúlt száz évhez viszonyítva 4–5%-os növekedést jelentett, ami minősíthető csekély mértékűnek is. Annyi azonban bizonyos, hogy a gleccserek kiterjedésének csökkenését egyértelműen igazolják a mérési adatok.

Az első környezetvédelmi világkonferencián 1972-ben, Stockholmban, még nem beszéltek a globális klímaváltozásról, 2002-ben, Johannesburgban azonban, a harmadik ilyen világhírű megállapították: „...az éghajlatváltozás káros hatásai már nyilvánvalóak, a természeti katasztrófák egyre gyakoribbak és pusztítóbbak...”

Engedjék meg, hogy elmondjam néhány gondolatomat a természeti katasztrófákról.

Ezek egy része olyan, amely független az emberi tevékenységtől. Ide tartoznak a vulkánkitörések, a földrengések, a szökőárok, a hőszállító tengeráramlatok irányváltozásai. Pusztító hatásuk mértéke azonban nagyban függ attól, hogy a veszélyeztetett zónákban a lakosság felkészült-e egy-egy váratlan eseményre, avagy nem, illetve hogy a települések elhelyezését hogyan oldották meg, és az épületek műszaki tervezésénél számoltak-e a katasztrófák lehetőségével.

A katasztrófák másik csoportja összefüggésbe hozható az emberi cselekedetek hatásával. Ide sorolható a vitatott éghajlatváltozás számos következménye: árvizek, aszályok, nagy hőség és hosszú hideg periódusok, zivatarok, orkánszerű szélviharok, jégesők, erdő- és bozóttüzek, földcsuszamlások

és még folytatható. Ezek a jelenségek a szélsőséges időjárási események csoportjába tartoznak. A Kárpát-medencében a 20. század utolsó negyedében csökkent a csapadékos napok száma, de ugyanakor megnőtt a nagy intenzitású csapadékok aránya. Az extrém meteorológiai események láncolata vezet el a klímaváltozás kialakulásához.

Pontosan nem tudjuk, hogy mit hoz a jövő az időjárást és éghajlatot illetően, de abban bizonyosak lehetünk, hogy semmi nem garantálja, hogy a jövőben nem kell szélsőséges időjárási jelenségekkel számolnunk. Nem valószínű, hogy nem alakul ki többé aszály, hogy megszűnnek a korai és késői fagyok, hogy a csapadék mindig bőségesen és havi egyenletes eloszlásban hullik, hogy jégeső többé nem esik, és a szélviharok elkerülnek bennünket. Ha viszont ez így van, akkor nagy szükségünk van az elővigyázatosságra elvére, amelyet először 1992-ben, a Rióban tartott világkonferencián fogadtak el.

Az elővigyázatosság elve azt mondja ki, hogy ahol súlyos vagy visszafordíthatatlan kár fenyeget, a teljes tudományosság hiánya nem használható fel indoklásként a környezetromlást megakadályozó intézkedések elhalasztására.

Ezt az elvet elsősorban a politikusok számára fogalmazták meg. Az agráriumban a gazdák régóta tudják, hogy lesznek olyan évek, amikor jó a termés és lesznek szűk esztendők is. Ezért gondoskodtak mindig tartalékokról, a túlélést biztosító feltételek megteremtéséről.

Az agrárium esetében, beleértve az erdőgazdálkodást is, elsősorban három időjárási tényező okozhat problémát, amennyiben az átlagostól és a szokásostól eltérő módon jelenik meg:

1. a hőmérséklet;
2. a csapadék;
3. a légmozgás.

Az első kettő esetében a nagyon sok, de a nagyon kevés is hasonló gondot, veszteséget

okozhat. A légmozgás esetében csak a viharos, szélsőséges jelenségek pusztítanak, gondoljunk csak a Tatrai Nemzeti Park tragédiájára. Mindhárom esetben a védekezés lehet megelőző vagy követő jellegű, ami elsősorban a kárelhárítást és kárenyhítést jelenti. Ezzel érkeztünk el az alkalmazkodás problémaköréhez.

Az időjárás és az éghajlat változásaihoz való alkalmazkodási stratégiák kidolgozása a küzelműltban került a szakmai és politikai szervek figyelmének középpontjába. Ennek oka az a felismerés, hogy a légkör CO<sub>2</sub> tartalmának csökkentésére tett minden tiszteletreméltó és indokolt erőfeszítés ellenére, a helyzet ezen a téren globális mértékben nem javul, hanem romlik. Ezért vált szükségessé, hogy mielőbb olyan helyi és regionális intézkedéseket hozzunk, amelyekkel a várható károkat megelőzhetjük, minimalizálhatjuk, avagy gyorsan elháríthatjuk, illetve pénzügyi és technikai szempontból áthidalhatjuk.

Az éghajlatváltozás alkalmazkodási stratégiájának kidolgozására a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Magyar Tudományos Akadémia 2003 közepén hároméves kutatási projektet indított, melynek rövid megnevezése a VAHAVA projekt. A VAHAVA mozaikszó, amely a változás – hatás – válaszadás kulcsszavak első szótagjainak összevonásából keletkezett.

A projekt az elővigyázatosság elvéből indul ki és célja, hogy elősegítse a felkészülést egy olyan változás hatásainak megfelelő kezelésére, amelynek bekövetkezése nagy valószínűséggel prognosztizálható. A stratégiai jellegű javaslatoknál lehetőleg olyan intézkedéseket kell keresni, amelyek különböző időjárási variánsok esetében is egyaránt eredményesek lehetnek. Ilyen például a minőségi vetőmagvak és szaporítóanyagok használata, az altalaj-lazítók alkalmazása, vagy a csapadékot talajba juttató földművelési rendszer bevezetése.

A VAHAVA projektben a figyelem nem csupán a hosszú távú éghajlatváltozásra való felkészülésre irányul, hanem a rövid távon bizonyosan jelentkező szélsőséges időjárási

események megelőzése, illetve az okozott károk felszámolása is jelentős hangsúlyt kap.

A VAHAVA projekt két stratégiai célt tűzött ki.

1. Felkészíteni a magyar társadalmat egy valószínűsíthető melegebb és szárazabb időszakra.

2. Létrehozni olyan gyorsan reagáló technikai, pénzügyi, szervezési feltételeket, amelyek alkalmasak a váratlanul jelentkező szélsőséges időjárási események káros hatásainak megelőzésére, illetve kezelésére.

A VAHAVA projekt módszertani jellegzetességei.

1. Naprendszer-szintézis – vagyis a meglévő hazai, részben nemzetközi ismeretek, információk, adatok összegyűjtése és szintetizálása. Ilyen módon hasznosítani szeretnénk a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium által szervezett Aszálystratégia felmérés tapasztalatait, a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Programok, illetve a Nemzeti Környezetvédelmi Program eredményeit.

2. Interdiszciplináris és interszektoralis szemlélet. – A projekt áttekintést kíván adni gyakorlatilag az összes gazdasági szektorról, illetve az időjárással és éghajlattal összefüggő társadalmi vonatkozásokról.

3. Széleskörű partnerségi kapcsolatok kiépítése. – A különböző szakmai és társadalmi szervezetekkel már létrejöttek az együttműködések.

A VAHAVA projekt szeretne hozzájárulni ahhoz, hogy az Országgyűlés egy-két éven belül fogadjon el egy olyan dokumentumot, amely a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia címet viselhetné.

Végezetül felsorolok néhány olyan példát az agrárgazdaság területéről, ahol lehetőség kínálkozik az alkalmazásra.

- Az abiotikus stresszhatásokat jobban tűrő fajták, esetenként fajok szélesebb körű felhasználása a növénytermesztésben, a

kertészetben, a gyepgazdálkodásban és az erdőgazdálkodásban.

- A vízkészletek fokozottabb megőrzését szolgáló agrotechnikai és hidrotechnikai eljárások alkalmazása.

- A hőszétterjedést javító állattartási módszerek kifejlesztése.

- A terméktároló kapacitások növelése.

- A természeti katasztrófák és szélsőséges időjárási események okozta károk enyhítését szolgáló biztosítási rendszerek választékának bővítése.

- Országos pénzügyi alap létrehozása a károk megelőzésére, illetve enyhítésére.

- A kutatási és fejlesztési támogatások növelése.

- Az időjárással és a klímával összefüggő oktatási, ismeretterjesztési és szaktanácsadási feladatok ellátása.

Meggyőződésem, és ezért állítom felelőséggel, hogy a mai Országos Fórum előadásai és vitái elősegítik az alkalmazkodási stratégia szakszerű kimunkálását és egyúttal új ismeretekkel szolgálnak nemcsak a Fórum résztvevőinek, hanem az anyagok publikálása után, a szélesebb agrárközösség számára is.



# GLOBALIS KLÍMAVÁLTOZÁS, MAGYARORSZÁGI SAJÁTOSÁGOK

MIKA JÁNOS

## ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunk három témakört érint. Elsőként ismertetjük az Európai Környezeti Ügynökség 2004. augusztusi kiadványát, amely az IPCC (2001) globális becsléseit továbbgondolva, összefoglalja a klímaváltozás fő jellemzőit és hatásait Európában. A második fejezet új szintézisét adja a szerző és a pályatársak korábbi és újabb hazai éghajlatváltozási becsléseinek. Végül, a harmadik fejezet bemutatja azokat a hatásvizsgálati eredményeket, amelyeket a hidrológia, az agro-hidrológia és az agroökológia területeinek szakemberei készítettek, a szerző korábbi foratókönyvei nyomán.

### AZ EURÓPAI KÖRNYEZETI ÜGYNÖKSÉG ÁLLÁSFOGLALÁSA

„Európa változó éghajlatának hatásai” címmel, 2004 augusztusában látott napvilágot az interneten keresztül az *Európai Környezeti Ügynökség (EEA)* állásfoglalása, amely lényegében az *IPCC* 2001. évi jelentése tudományos alapjait elfogadva, alaposan végigelemzi az Európa területén várható hatásokat. A Jelentés 22 éghajlati indikátort definiál, majd végigköveti ezek múltbeli alakulását és várható jövőbeli változását. Az indikátorok nyolc csoportba sorolhatók.

Az egyes csoportok és indexek az 1. táblázatban láthatók. Az eredeti jelentés számos megállapítást tesz ezek európai alakulására. Például a léghőmérséklettel kapcsolatban megállapítja, hogy az 1970-es évek előtti melegedés zöme Európában a téli időszakra esik, míg nyáron a teljes emelkedés kevésbé jelentős. Az 1970 utáni, tehát napjainkban is tartó, s az IPCC Jelentés szerint is zömmel az antropogén tevékenységgel magyarázható melegedés ugyanakkor már mindkét szélső évszakban egyértelműen jelentkezik.

A globális melegedést a Jelentés  $0,7 \pm$

$0,2$  °C fokosnak mondja, miközben a tengervíz melegedését  $0,6 \pm 0,1$  °C fokra értékeli. Az évi közepes léghőmérséklet európai átlagos emelkedését  $0,95$  °C fokra becsüli, hibahatár megadása nélkül. Végül egy megdöbbentő adatpár:

Az állásfoglalás az 1980 utáni európai katasztrófa-események 64%-át, az ebből származó károknak pedig 79%-át tartja időjárási (éghajlati) eredetűnek!

### A GLOBALIS VÁLTOZÁS MAGYARORSZÁGI SAJÁTOSÁGAI

Míg a globális klímaváltozás perspektívája – legalábbis a feltételezett katasztrófa-ugrásig – előjelében és nagyságrendjében jól behatárolható, egy-egy térség klímájának alakulása már sokkal bizonytalanabb. Ennek fő oka, hogy a kapcsolt óceán–légkör modellek névleges felbontása 2–300 km (lásd pl. *Mika, 2004*), míg a tényleges felbontás, vagyis a valóságban kirajzolt, legkisebb objektum mérete ennek legalább négyszerese. A globális modellek felbontása és a hatásvizsgálatok igényei közötti különbséget a

modell-válaszok ún. leskálázásával szokás áthidalni. Ez az eljárás kapcsolatot teremt a klímamodellek megbízható, kb. kontinensnyi és évszakos eredményei, illetve a hatásvizsgálati modellezés számára szükséges, néhány ezer km<sup>2</sup>-es, általában napi adatsorok között. Ez a megoldás átmenetileg helyettesítheti a fizikai folyamatok explicit modellezését (pl. *Mika, 1996*).

Mi a közös tartalma annak a külön-külön sok kétséget hagyó eljárásnak, amikkel a melegedés egyes fokozatait feltételezve, a Kárpát-medence jövőbeli éghajlatát körvonalazhatjuk? Kilenc eljárás alapján összegezzük, hogy mit mondhatunk hazánk felhőzeti, hőmérsékleti és csapadék-viszonyainak alakulásáról a földi átlaghőmérséklet 0,5–4 fokos emelkedése esetére. Az eredményeket a nyári és a téli évszakra összesítjük, de a csapadék esetében évi átlagban is közreadjuk, mert két eljárással csak így kaphattunk eredményeket. A 9 eljárás a következő:

– Két értékhez, a 1,5 és a 3,0 °C globális melegedéshez összesítjük 16 modell nyers eredményeit egy külön e célra készült szoftver (MAGICC/SCENGEN – *Wigley et al., 2000*) alkalmazása (*Bartholy et al., 2004*) alapján úgy, hogy mindkétszer az IPCC (2001) A2 forgatókönyve szerinti melegedési ütemet feltételezünk. E két módszer rövidítése az alábbiakban 1,5 G és 3,0 G lesz.

– Három különböző globális melegedési érték (1 °C, 2 °C és 4 °C) esetére összesítjük a szakirodalomban fellelhető paleoklíma rekonstrukciókat (*Mika, 1991; Frenzel et al., 1992* térképeinek adataival kiegészítve – 1,0 P, 2,0 P és 4,0 P).

– Két különböző eljárással a 0,5 °C melegedéshez tartozó becsléseket összesítettünk. Ezek: a szeletelés módszere (*Mika, 1988; Mika et al., 1996* – 0,5 S), illetve az instrumentális változók módszere (*Mika, 1994; Vajda et al., 2000* – 0,5 I). Mindkettővel a XX. század különböző szakaszaiban állapítottunk meg statisztikai kapcsolatokat a hazai meteorológiai elemek és a félgömbi hő-

mérsékleti jellemzők (átlaghőmérséklet és kontinens-óceán hőmérsékleti kontraszt, az utóbbi csak a 0,5 S módszernél) között.

– Két további eljárás az 1,0 °C és a 1,5 °C melegedéshez szimulál hazai változást. Az első egy regionális energia- és vízmérleg modell (EWBM: *Mika et al., 1998* – 1,0 E), amely a Tisza síkvidéki vízgyűjtőjére végez számításokat. A második eljárás a napi cirkulációs típusok gyakoriságait kombinálja feltételes autokorrelációs ismeretekkel (*Bartholy et al., 1995; Bartholy – Matyasovszky, 1998* – 1,5 °C). E két eljárást nem formai okok miatt kapcsolottuk egybe, hanem azért, mert mindkettő kissé torzított becslést ad az elemek többségére, még hozzá egymással ellentétes értelemben. Az EWBM túlzott érzékenységet az okozza, hogy a légköri cirkuláció általi hőszállítás téli félévi parametizációja (*Németh – Mika, 1992*) a kis statisztikai mintából túl szoros függést posztulált a felhőzettől. A cirkulációs leskálázás korláta pedig az, hogy a makrocirkuláció csak részben határozza meg az időjárást (*Mika, 1993*).

A kilencféle becslés 1,5 °C globális változásig két-két eljárással biztosítja a helyi változások becslését, mégpedig fél fokos ugrásokkal. Két fokos melegedéstől kezdve a rendelkezésre álló módszerek már csak fokenkénti lépésközt és csak egyszeres fedést engednek meg.

A függőleges tengelyeken ábrázolt értéktartomány mindkét évszakban elemenként azonos. Az éves csapadékösszeg léptéke az évszakosnak ötszöröse, mivel a téli és az éves csapadék aránya sokévi átlagban kb. 5,2. Az elemek sorrendje az 1–2. ábrán: felhőzet, hőmérséklet és csapadék, hiszen a felhőzet szabályozza a másik két paramétert is.

A felhőzetre vonatkozó négy számítás a nyári időszakban még egyértelműbb csökkenést állapít meg, mind az egyedi becslések középső értékei, mind a pozitív tartományba csak alig átnyúló bizonytalansági sávok alapján (1a. ábra). A felhőzeti változások nyáron szintén csak néhány (maximum 10)

százalékosak. Tekintettel arra, hogy ebben az évszakban a legmagasabb a napállás, a jövőben ez a pár százalékos felhőzetcsökkenés is jelentős lehet.

A nyári hőmérsékletváltozás alakulása sem áll távol a lineáristól, noha az évi átlagban a többi eredményt lefedő sávból kilógó három becslés itt is erősen eltér az egyenes szerinti szabályos viselkedéstől (1b. ábra). Az itt is kilencféle közelítés középértékein alapuló lineáris kapcsolat regressziós együtthatója nyáron csupán 0,6, vagyis a hazai nyári változások lassúbbak, mint a félgömbi éves átlagoké.

Ezzel szemben, a csapadék nyári átlagainak függése a globális átlaghőmérséklettől egyáltalán nem lineáris (1. ábra). A melegedés kezdeti, 1–1,5 °C fokos tartományán a nyári három hónap csapadékcsökkenése közel akkora, mint amit a teljes évre megállapítottunk. Ha a szárazabbá válás mélypontján elfogadjuk a paleoklíma becslés szerinti 80 mm/3 hónap csökkenést, akkor ez csaknem 50%-os csapadékcsökkenést jelent! Nem áll távol ettől az energia- és vízmérleg modell szerinti becslés sem, noha ez a számítás több vonatkozásban is nagyobb változást produkál, mint ami illeszkedik a többi közelítés eredményeihez. A kezdeti változáshoz tartozó tendencia negatív volta azonban aligha kétséges, sőt az ábráról az is leolvasható, hogy kb. 1 °C fokos melegedés tájékán a szomszédos értékeknél is szigorúbb, több tíz százalékos csapadékcsökkenés várható. Ráadásul, a 3 °C melegedéshez tartozó becslések szerint a nyári időszakban még jóval nagyobb globális melegedés esetén sem számíthatunk arra, hogy a nyár csapadéka visszataláljon a gyakran így sem elegendő, mai tartományba.

A téli időszakban rendelkezésre álló, ugyancsak négy számítás szerint a felhőzet nem mutat egyértelmű kapcsolatot a globális hőmérséklettel (2. ábra). A kezdeti változatlan, esetleg csekély százalékban csökkenő felhőzetet a nagyobb melegedés nyomán inkább pár százalékos felhőzetnövekedés követi.

A téli középhőmérséklet linearitásáról ugyanaz mondható el, mint az előző két időszakban, azzal a különbséggel, hogy a 4 °C melegedéshez tartozó paleoklíma rekonstrukció itt már rásimul a többi pontból alkotott egyenesre. A helyi téli és a globális éves hőmérséklet kapcsolata annak ellenére közel lineáris, hogy azt ebben az évszakban is leontja az „1,0 E” és „1,5 C” becslések túl magas, illetve alacsony értéke. A közelítések középértékeire illesztett lineáris regressziós együttható ez esetben 1,4, vagyis a téli melegedés hazánkban 40%-kal gyorsabb, mint a félgömbi éves átlag esetében, s a korrelációs együttható is szignifikáns.

A többi vizsgált időszakkal ellentétben a téli csapadék egyetlen becslés kivételével inkább a mai érték felett, semmint az alatt alakul (2. ábra). A kapcsolat azonban ebben az évszakban sem igazán közelíthető akár egyenessel, akár kis fokszámú polinommal. Ráadásul itt még a máskor egyértelműbb empirikus becslések is széles bizonytalansági sávot adnak, amelyek minden esetben „átlógnak” a negatív változás tartományába is. Összességében tehát – bár valószínű, hogy a téli csapadék néhány, esetleg párszor tíz százalékkal meghaladja majd a mai értéket, e növekmény még évi összegben sem kompenzálja a nagy nyári csapadékhiányokat.

A csapadék évi összegének alakulásába nehéz volna lineáris viselkedést beleképzelnünk (3. ábra). A melegedés kezdeti 1–1,5 °C fokos értékeihez az évi átlagos csapadékösszeg néhányszor tíz mm-es, tehát tíz százalék nagyságrendű csökkenése tartozik. A mélypontot az energia- és vízmérleg-becslés 140 mm-es (kb. 25%-os) csökkenése jelenti, ám ebben a nagy változásban ismét szerepe lehet a modell túlzott érzékenységének. A tendencia negatív volta azonban aligha kétséges, hiszen négy másik eljárás, közte az inkább alulérékeny cirkulációs típusokon alapuló módszer is, az évi csapadékösszeg csökkenésére utal.

Az 1,5 °C-t meghaladó melegedés szakaszán felhasználható négy közelítés mind-

egyike csapadék-növekedést valószínűsít. Ugyanakkor a 3 °C fokos globális melegedéshez tartozó, igen széles becslés (2 térség × 16 számérték) szerint akadnak jelentős csapadék-csökkenésre utaló GCM-számítások is. Ezzel szemben, a 4 °C melegedéshez tartozó paleoklíma rekonstrukciók már 40–400 mm csapadéktöbbletet valószínűsítenek hazánk térségére. A széles bizonytalansági sávok és a becslések nem monoton volta miatt a csapadék évi összegének függését nem tudjuk egyszerű függvénygörbével jellemezni a globális (félgömbi) hőmérséklettől.

A *regionális forgatókönyvek* időtállósága terén négy körülményre hívjuk fel a figyelmet:

a) Összesítésünk nem tartalmazza azokat a más országokban készült statisztikus leská-lázások, vagy változó (térségünkben finomodó) rácsávolságú modellek eredményeit, melyek részben, vagy egészben hazánk területére is tartalmaznak számításokat.

b) A globális klímamodellek állandóan fejlődnek. Közreadták a MAGICC/SCENGEN újabb verzióját, amelyben újabb modellek eredményeit dolgozzák fel a korábbihoz hasonló módon. Egy következő szintézisnek már ezeket is figyelembe kell vennie.

c) Ugyancsak elérkezett a világ tudománya annak a lehetőségnek a küszöbére, hogy a globális háttérmodellek éghajlati kísérleteit egybekapcsolja a kérdéses térség sokkal finomabb (10 km körüli) felbontású, gazdagabb és teljesebb fizikai tartalmú, ún. beágyazott modelljeivel. Minthogy e modellezésnek az időjárás-előrejelzés érdekében bő egy évtizedre visszanyúló, a mindennapi operatív tevékenységnek is részét képező hagyománya van, e területen szintézisünket pár év múlva már hazai kutatási eredményekkel bővíthetjük.

d) Nem szóltunk a regionális klímaváltozás egyik legizgalmasabb kérdéséről, arról, hogy változik-e a szélsőségek gyakorisága, általában véve az (új) átlag körüli szóródás

mértéke a globális melegedéssel párhuzamosan. E téren ugyanis nem rendelkezünk a regionális átlagok elemzéséhez hasonlóan kidolgozott metodikával. Annyit azonban lezögezhetünk, hogy az eddigi eredmények nem támasztják alá azt a sztereotíp következtetést, miszerint a klímaváltozással párhuzamosan mindenfajta szélsőség erősödne. A hazai adatsorok szolgáltak már például a napi csapadék-szélsőségek szaporodására (Pongrácz – Bartholy, 2004) éppúgy, mint a havi hőmérsékleti és csapadék-szélsőségek ritkábbá válására (Mika et al., 2001). Az is biztos azonban, hogy az átlagok változási tendenciája irányába eső szélsőségek gyakoribbá válnak, sőt éppen a szélső értékek terén érzékelhető majd leginkább a változás. Csakhogy, ez a változás még a régi (jelenkori) eloszláshoz képest értendő. Más szóval: a klímaváltozás kapcsán át kell majd értékelnünk az átlagos és szélsőséges időszak (évjárat) fogalmát is.

#### A szerző forgatókönyvein alapuló hatásvizsgálatok

Hazánkban több műhelyben megkezdődtek a klímaváltozás lehetséges hatásait számszerűsítő vizsgálatok. E fejezetben a szerző számításain alapuló hatásvizsgálatok eredményeit foglaljuk össze. A 2. táblázat a hidrológiai és vízkészlet-gazdálkodási becsléseket, a 3. táblázat a növények vízforgalmát befolyásoló agro-hidrológiai paramétereiket, míg a 4. táblázat természetes és hazsonnövények reakcióit mutatja be.

A *vízgazdálkodási számítások* 0,3–0,8 °C közötti félgömbi melegedésre vonatkoznak. A számítások legnagyobb része a vízkészlet-jellemzők néhány %-tól néhányszor tíz %-ig terjedő csökkenését mutatja. Összehasonlítva a Duna és a Tisza vízgyűjtőit, e változások az utóbbin még kedvezőtlenebbek.

Az *agrohidrológiai számítások* átfogják a félgömbi melegedési forgatókönyvek 0,5–4 °C közötti, teljes tartományát. A változások előjele – az éghajlati forgatókönyvektől

függően – a kis változásokra a vízmérleg vizsgált komponensei néhányszor tíz százalékos csökkenést mutatnak. A víz-stressz gyakorisága ugyanakkor egyes növénykultúrákra közel 100%-kal nő! Ugyanakkor a 2–4 °C fokos változásokra a hidrológiai számítások csak kisebb csökkenést mutatnak, sőt a CO<sub>2</sub> direkt hatását figyelembe véve már a vízmérleg javulására utalnak.

Az ökológiai és növénytermesztési számítások a 0,3–4 °C melegezés tartományára

vonatkoznak. Kis változásokra az eredmények itt is az ökológiai jellemzők néhányszor tíz %-os romlását mutatják. Különösen súlyos a homokpuszta-gyepek fajszerkezetének csökkenése és az erdőtüzek gyakoribbá válása. A CO<sub>2</sub> közvetlen hatása ugyanakkor sokat javít, sőt néhány esetben előnyösre fordítja a változásokat. A nagy változásokra adott ökológiai válaszok már általában kedvezőek, kivéve az erdőtüz-gyakoriság drasztikus, több száz %-os növekedését.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J. – MATYASOVSKY I. (1998): A Kárpát-medence hőmérsékleti és csapadék viszonyainak alakulása a globális éghajlatváltozások tükrében. In: Dunkel Z. (szerk.): Az éghajlatváltozás és következményei. OMSz, Budapest, 117–125. pp. (2) BARTHOLY J. – BOGÁRDI I. – MATYASOVSKY I. (1995): Effect of climate change on regional precipitation in lake Balaton watershed. Theor. Appl. Climatol., 51, 237–250. pp. (3) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – MATYASOVSKY I. – SCHLANGER V. (2004): A globális klímaváltozás várható tendenciái a Kárpát-medence területére. In: Mátyás Cs. – Víg P. (szerk.): Erdő és klíma IV. kötet, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 57–68. pp. (4) BUSSAY A. (1995): A burgonyatermés szimulálása növény-időjárás modellek segítségével. Égh. és Agromet. Tanulm., 4., 59 p. (5) BUSSAY A. – BIHARI Z. (1998): Az erdőtüz gyakorisága és az éghajlati változékonyság kapcsolatának vizsgálata különös tekintettel az agrometeorológiai karakterisztikákra. In: Dunkel Z. (szerk.): Az éghajlat-változás és következményei. Met. Tud. Napok '97, 201–208. pp. (6) BÁLINT G. – DOBI I. – MIKA J. (1996): Runoff simulation assuming global warming scenarios. In: Proc. 18<sup>th</sup> Conf. Danube Countries, Graz, Austria, 25–30 August 1996, 131–136. pp. (7) DOMONKOS P. (1996): Meteorológiai elemek napi értékeinek generálása. In: Éghajlati változások hatása az öntözővízigényre. OMSZ Éghajlati és Agromet. Tanulm., 5. 40–66, pp. (8) ERDŐS L. – MIKA J. (1993): Applying a new model to estimate effects of climate potential in yield. 16<sup>th</sup> Int. Conf. on Carpathian Meteorology, Smolenice, Slovakia, October 4–8, 1993. 200–210. pp. (9) European Environment Agency, 2004: Impacts of Europe's changing climate, an indicator-based assessment. Luxembourg Office for official Publications of the European Communities 107 pp ISBN 92-9167-692-6 (10) FRENZEL B. – PÉCSI M. – VELICHKO, A. A. (eds.) (1992): Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the Northern Hemisphere. Geograph. Res. Inst. Budapest, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 153 p. (11) HUSZÁR T. – KERTÉSZ Á. – LÓCZY D. – MOLNÁR K. – MIKA J. (1996): Simulation of possible climate change effects on soil water content. In: 17<sup>th</sup> Internat. Conf. on Carpathian Meteorology, October 14–18, 1996, Visegrád, Hungary, 171–176. pp. (12) HUSZÁR T. – MIKA J. – LÓCZY D. – MOLNÁR K. – KERTÉSZ Á. (1999): Climate change and soil moisture: a way of simulation. Physics and Chemistry of the Earth. (A) Vol. 24, 905–912. pp. (13) IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change (Houghton J. T., et al., eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK. And New York, N.Y. USA, 881 p. <http://www.ipcc.ch> (14) KOVÁCS G. J. – DUNKEL Z. (1998): A klímaváltozás várható következményei Magyarország szántóföldjein a következő félszázadban. In: Dunkel Z. (szerk.): Az éghajlatváltozás és következményei. Met. Tud. Napok, 97, 181–194. pp. (15) KOVÁCS-LÁNG E. – KRÖEL-DULAY Gy. – KERTÉSZ M. – MIKA J. – RÉDEI T. – RAJKAI K. et al. (1998): Homok-pusztagepek mintázatának változása egy szemiáriditási gradiens mentén. In: Dunkel Z. (szerk.): Met. Tud. Napok, '97, 137–146. pp. (16) KRÖEL-DULAY G. – BARTHA S. – WANTUCHNÉ DOBI I. – KOVÁCS-LÁNG E. – COFFIN, D. P. (1998): Egy mechanisztikus szimulációs modell alkalmazása száraz homoki gyepek klímaváltozással kapcsolatos dinamikájának predikciójára.

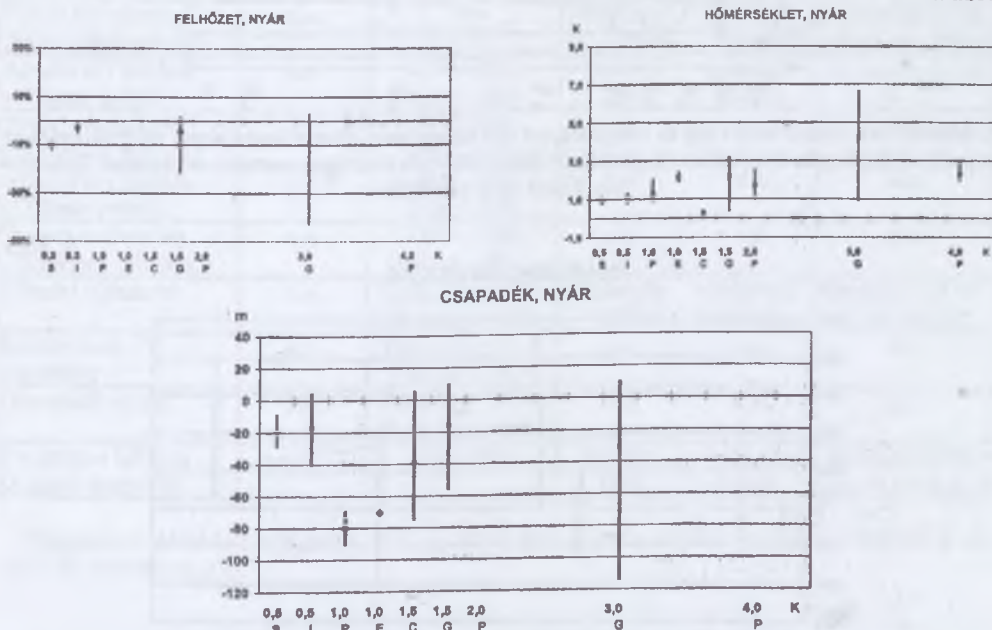
In: Dunkel Z. (szerk.): Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok, 275–284. pp. (17) MIKA J. (1988): A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás* 92, 178–189. pp. (18) MIKA J. (1991): Nagyobb globális felmelegedés várható magyarországi sajátosságai. *Időjárás* 95, 265–278. pp. (19) MIKA J. (1992): A klímaváltozás és a növényzet kölcsönhatásának néhány vonatkozása. In: Szunyogh I. (szerk.): Emlékkötet Makainé Császár M., Erdős L. és Felméry L. docensek tiszteletére. *Egy. Met. Füz.* 6. sz., 222–241. pp. (20) MIKA J. (1993): Effects of the large-scale circulation on local climate anomalies in relation to GCM-outputs. *Időjárás*, 97, 21–34. pp. (21) MIKA J. (1994): Regional climate change scenario. In: N. R. Dalezios (ed.): *Climate and Agroclimatic Variability in Central and Southeastern Europe*. Univ. Thessaly, Volos, Greece, 53–81. pp. (22) MIKA J. (1996): Éghajlati forgatókönyvek. In: Mika J. (szerk.): *Változások a légkörben és az éghajlatban*. *Természet Világa Különszám*, 69–74. pp. (23) MIKA J. (2000): A hazai vízgazdálkodási stratégia alakításánál figyelembe vett éghajlati scenáriók. In: *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. MTA Stratégiai Kutatások Programja, Háttér tanulmányok. Budapest, 32 p. (kézirat) (24) MIKA J. (2004): A globális klímamodellek. *Klímaváltozás – hazai hatások*. *Természet Világa Különszám*, 33–36. pp. (25) MIKA J. – BARANKA Gy. – SZENTIMREY T. (1996): A légköri aeroszolok hőmérsékleti hatásának becslése. In: *III. Magyar Aeroszol Konferencia*, 1996. nov. 14–15. Budapest, 12–16. pp. (26) MIKA J. – BARTHOLY J. – SZEIDL L. – SZENTIMREY T. (2001): Éghajlati idősorok szélsőségeinek alakulása Magyarországon. *Légkör XLV. évf.* 4. sz., 9–13. pp. (27) MIKA, J. – HORVÁTH, Sz. – FOGARASI, J. – MAKRA, L. (1998): Simulation of climate forcing mechanisms on the energy and water balance of a watershed. *Proc. 19<sup>th</sup> Conf. Danube Countries*, Osijek, Croatia, 15–19, June 1998, 331–342. pp. (28) NÉMETH P. – MIKA J. (1992): A vertikális légoszlop szenzibilis hőbevételének becslése. *OMSZ Beszámoló*, 1988, 148–155. pp. (29) NOVÁKY B. (1991): Climatic effects on the runoff conditions in Hungary. *Earth Surface Processes and Landforms*, 16, 593–599. pp. (30) NOVÁKY B. (2000): Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai. In: Somlyódy L. (szerk.): *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. *Stratégiai Kutatások a Magyar Tudományos Akadémián*, 4. fejezet, Budapest, ISBN: 963-508-176-6, 83–112. pp. (31) NOVÁKY B. – BUSSAY A. – DOMONKOS P. (1996): Éghajlati változások hatása az öntözővíz-igényre. *Égh. és Agromet. Tan.* 5, 108 p. (32) PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2004): Klímaváltozás: a szélsőségek eltolódása a XX. században. *Klímaváltozás – hazai hatások*. *Természet Világa Különszám*, 51–54. pp. (33) RACSKÓ P. – SZEIDL L. – SEMENOV, M. (1991): A serial approach to local stochastic weather model. *Ecological Modelling*, 57, 27–41. pp. (34) SIMONFFY Z. (2000): Vízigények és vízkészletek. In: Somlyódy L. (szerk.): *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. *Stratégiai Kutatások a Magyar Tud. Akad.* 5. fejj., Budapest, 113–142. pp. (35) SZILÁGYI J. (1989): Az antropogén klímaváltozás hatása egy víztározó teljesítőképességére. *Vízügyi Közl.* LXXI., 322–331. pp. (36) VAJDA A. – MIKA J. – JANKÓ SZÉP I. – IMECS Z. – BÁLINT G. (2000): Az éghajlat érzékenységének függése a tengerszint feletti magasságtól. *III. Erdő és Klíma Konferencia*. Debrecen 2000. jún. 7–9, 45–58. pp. (37) WIGLEY, T. M. L. – RAPER, S. C. B. – SMITH, S. – HULME, M. (2000): *The MAGICC/SCENGEN Climate Scenario Generator: Version 2.4: Techn. Manual*, Climatic Res. Unit, UEA, Norwich

1. táblázat

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség által javasolt tematikus csoportok és környezeti mutatók

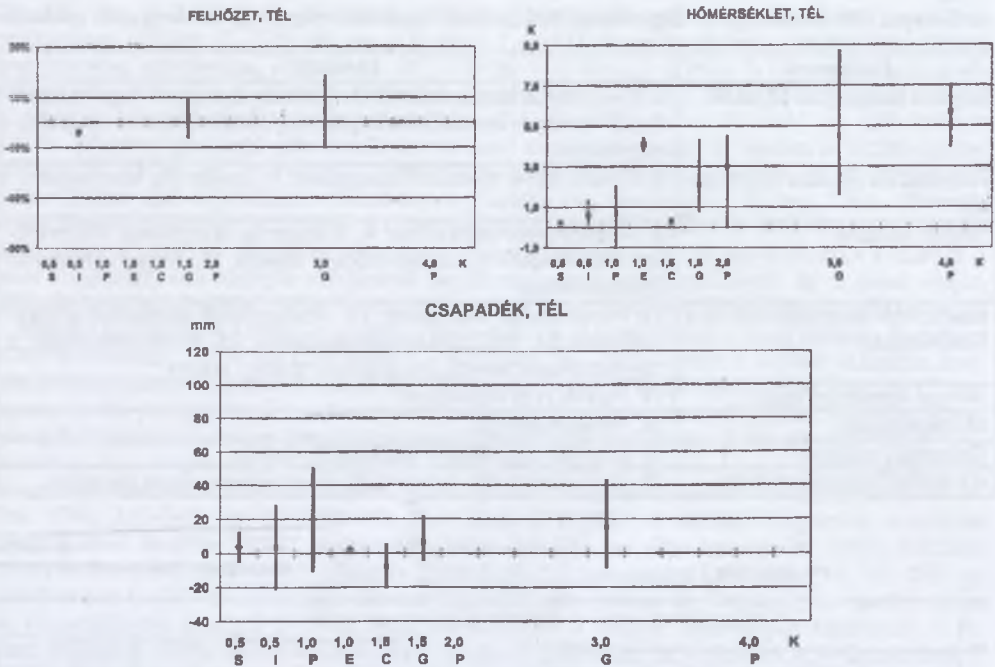
Csoportok	Indexek
Légköri és éghajlati mutatók	1. Üvegházgáz koncentrációk; 2. Globális és európai léghőmérséklet; 3. Európai csapadék-összegek; 4. Hőmérsékleti és csapadék-szélsőségek
A krioszféra (szilárd víz) mutatói	5. Gleccserek; 6. Hótakaró kiterjedése; 7. Tengeri jég kiterjedése
Tengeri indexek	8. A tengerszint emelkedése; 9. A tengervíz felszínének hőmérséklete; 10. Tengeri vegetációs időszak hossza; 11. Tengeri élőlények fajtaösszetétele
Szárazföldi ökoszisztémák és a biodiverzitás	12. Növényfajták összetétele; 13. Növényfajták elterjedése a hegyvidékeken; 14. Szárazföldi szén-megkötés; 15. Növényfenológia, a tenyészidőszak hossza; 16. Madarak túlélési aránya
A vízre vonatkozó index	17. Folyók éves vízhozama
Mezőgazdaság	18. Terméshozamok
Gazdasági mutatók	19. Időjárási szélsőségek gazdasági kártételei
Az emberi egészség mutatói	20. Hőhullámok; 21. Árvizek; 22. Fertőző betegségek terjedése

1. ábra



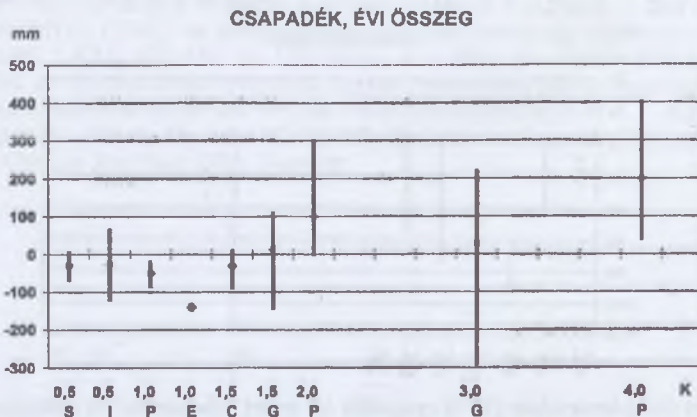
A hazai felhőzet (a), hőmérséklet (b) és csapadék (c) nyári átlagainak, ill. összegének megváltozására kapott eredmények összesítése. A vízszintes tengelyen feltüntetett globális változások és a hozzájuk tartozó módszerek: 0,5 S és I – szeletelés és instrumentális változók módszere 0,5 °C globális melegedéshez; 1,0 P és E – paleoklíma rekonstrukciók, illetve energia- és vízmérleg modell; 1,5 C és G – leskálázás cirkulációs típusok alapján és közvetlen GCM-ek; 2,0 P, 3,0 G és 4,0 P – a paleoklíma rekonstrukciók és a globális modellek válasza a számmal jelzett, Celsius fokban értendő, globális melegedéshez

2. ábra



A felhőzet (a), hőmérséklet (b) és csapadék (c) téli átlagainak, illetve összegének megváltozására kapott eredmények összesítése. A globális változások és a hozzájuk tartozó módszerek értelmezését lásd az 1. ábránál!

3. ábra



A csapadék évi összegének megváltozására kapott eredmények összesítése. A vízszintes tengelyen feltüntetett globális változások és a hozzájuk tartozó módszerek értelmezését lásd az 1. ábránál!



2. táblázat

## Becsült vízkészlet-gazdálkodási változások

Környezeti változó	Globális változás	Hatás a körny. változóban	Forrás	Hatásvizsg. módszere	Leskálázás térben (időben)
Átlagos évi lefolyás (17 hazai patak)	+ 0,3 °C	-9 – -21% átlag: -15%	Nováky, 2000	empir. égh. hatásfüggv.	szeletelés M'00 (—)
Tavaszi vízfelesleg (18 meteor. állomás)	u.a.	-4 – -14% átlag: -9%	u.a.	u.a.	u.a.
Felszíni vízkészlet	u.a.	Duna vgy.: -8% Tisza vgy.: -30%	Simonffy 2000	vízháztart. modell	szeletelés M'00 (emp. kapcs.)
Felszín alatti vízkészlet	u.a.	Duna vgy.: (+) Tisza vgy.: -25%	u.a.	u.a.	u.a.
Öntözhető terület	u.a.	Duna vgy.: -8% Tisza vgy.: -50%	u.a.	u.a.	u.a.
Évi átlagos lefolyás (Zagyva vízgyűjtő)	+ 0,4 °C	-15 – -22%	Nováky, 1991	empirikus képlet	szeletelés M'88 (30–30 év)
Víz tározó: vízszolgáltatási tömegbiztonság	+ 0,5 °C	-2 – -3%	Szilágyi, 1989	statisztikus modell	szeletelés M'88 (generált)
Víz tározó: korlátlan vízkivétel időtartama	u.a.	-4 – -5%	u.a.	u.a.	u.a.
Folyó: évi vízhozam (Sajó, Felsőzsolca)	u.a.	-9%	Bálint et al., 1996	konceptuális mod.	szeletelés M'88 (föld. an., R91)
Átlagos évi lefolyás (17 hazai patak)	u.a.	-15 – -34% átlag: -26%	Nováky, 2000	emp. égh. hatásfv.	szeletelés M'00 (—)
Tavaszi vízfelesleg (18 meteor. állomás)	u.a.	-8 – -25% átlag: -16%	u.a.	u.a.	u.a.
Átlagos évi lefolyás (17 hazai patak)	+ 0,7 °C	-20 – -44% átlag: -34%	u.a.	u.a.	u.a.
Tavaszi vízfelesleg (18 meteor. állomás)	u.a.	+10 – -13% átlag: -7%	u.a.	u.a.	u.a.
Felszíni vízkészlet	u.a.	Duna vgy.: -20% Tisza vgy.: -60%	Simonffy 2000	vízháztart. modell	szeletelés M'00 (emp. kapcs.)
Felszín alatti vízkészlet	u.a.	Duna vgy.: kb. 0 Tisza vgy.: -80%	u.a.	u.a.	u.a.
Öntözhető terület	u.a.	Duna vgy.: -11% Tisza vgy.: -74%	u.a.	u.a.	u.a.
Evi átlagos lefolyás (Zagyva vízgyűjtő)	+ 0,8 °C	-57 – -59%	Nováky, 1991	empirikus képlet	szeletelés M'88 (id. an., 5–5 év)

Magyarázat: M'88 és M'00: Mika 1988, ill. 2000; R91 és D96: időjárás-generátorok Racskó et al., 1991, ill. Domonkos, 1996

3. táblázat

## Becsült agrohidrológiai változások

Környezeti változó	Globális változás	Hatás a körny. változóban	Forrás	Hatásvizsg. módszere	Leskálázás térben (időben)
Talajnedv. 4-es vetésforgóban: évi átlag/aug.	+0,5 °C	-20% / /-20%	Huszár et al., 1996	talaj+növény mod.	szeletelés M'88 (föld. an., gen.)
Talajnedv. kuk. monokultúra: évi átlag/aug.	u.a.	-18% / /-19%	u.a.	u.a.	u.a.
Növények évi transzpirációja: 4-es vetésforgó	u.a.	vetésforg.: -6% kuk. mono -6%	Huszár et al., 1999	talaj+növény mod.	szeletelés M'88 (föld. an., gen.)
Kuk. vízfelvétele tenyész-időszak: 4-es vetésforgó	u.a.	vetésforg.: -10% monokult.: -10%	u.a.	u.a.	u.a.
Vízstresszes napok évi száma: 4-es vetésforgó	u.a.	kukorica: +37% őszi búza: +9% repce: +75%	u.a.	u.a.	u.a.
Vízstressz napok évi száma: kuk. monokult.	u.a.	+50%	u.a.	u.a.	u.a.
Talajnedv. 4-es vetésforgó: évi átlag/aug.	+0,7 °C	-6% / /-67%	Huszár et al., 1996	talaj+növény mod.	szeletelés M'88 (föld. an., gen.)
Szárazság-stressz kockázata: búza	+0,75 °C	abszolút: -5% relatív: -30%	Kovács – Dunkel, 98	növényfejl. modell	szeletelés M'88 (idő. an., R91)
Szárazság-stressz kockázata: kukorica	u.a.	abszolút: 20% relatív: +130%	u.a.	u.a.	u.a.
Denitrifikáció átlagos mértéke kuk. alatt	u.a.	-19%	u.a.	u.a.	u.a.
Beszívárgás a kuk. gyökérszintje alá	u.a.	átlag: -44% gyakoriság: -35%	u.a.	u.a.	u.a.
Nitrát bemosódás a talajba a kuk. alatt	u.a.	átlag: -48% gyakoriság: -35%	u.a.	u.a.	u.a.
Relatív talajnedvesség tartalom kukorica (évi átlag/aug.)	+2 °C (1,5 × CO <sub>2</sub> )	-3 -5 / -5 -7% + CO <sub>2</sub> is: +1 -2 / +6%	Nováky et al., 1996	növény-talaj mod.	GCM, M'93a (D'96: lesk., gen.)
Relatív talajnedvesség tartalom burgonya (évi átlag/aug.)	u.a.	-3 -7 / -5 -7% + CO <sub>2</sub> is: -1, +2 / +6-7%	u.a.	u.a.	u.a.
Öntözővíz szükség. kuk. (évi összeg)	u.a.	-0, +2% +CO <sub>2</sub> : -25-29%	u.a.	u.a.	u.a.
Öntözővíz szükség. burgonya (évi össz.)	u.a.	+23 -32% +CO <sub>2</sub> : -2-12%	u.a.	u.a.	u.a.
Relatív talajnedvesség tartalom kukorica (évi átlag/aug.)	+4 °C (2 × CO <sub>2</sub> )	+2 / -5 -14% +CO <sub>2</sub> is: 12-15/15-20%	u.a.	u.a.	u.a.
Relatív talajnedvesség tartalom: burgonya (évi átlag/aug.)	u.a.	0, +1 / -5 -13% +CO <sub>2</sub> is: 11-13/16-21%	u.a.	u.a.	u.a.
Öntözővíz szükséglet kuk. (évi összeg)	u.a.	+11% +CO <sub>2</sub> : -45-48%	u.a.	u.a.	u.a.
Öntözővíz szükség. burgonya (évi össz.)	u.a.	+53 -68% +CO <sub>2</sub> : -13-28%	u.a.	u.a.	u.a.

Magyarázat: M'88, M'93a és M'00: Mika 1988, 1993a, ill. 2000; R91 és D96: időjárás-generátor Racskó et al., 1991, ill. Domonkos, 1996

4. táblázat

## Becsült növény-ökológiai változások

Környezeti változó	Globális változás	Hatás a körny. változóban	Forrás	Hatásvizsg. módszere	Leskálázás térben (időben)
Homokpuszta-gyepek fajszáma	+0,3 °C	-40%	Kovács – Láng et al. 98	területi özszevetés	szeletelés M'88 (—)
Homokpuszta: gyeperborítottság aránya	u.a.	-50%	u.a.	u.a.	u.a.
Egyéves fajok részaránya	u.a.	16%-ról 42%-ra	u.a.	u.a.	u.a.
A kontinentális/ny.-európai fajok aránya	u.a.	1,2-ről 1,9-re	u.a.	u.a.	u.a.
Búza termése	u.a.	-5% CO <sub>2</sub> is: +5%	Kovács – Dunkel, 98	növény- fejl. modell	szeletelés M'88 (id. an. 20–20 év)
Kukorica tenyészidőszak hossza	u.a.	-5%	u.a.	u.a.	u.a.
Kukorica termése	u.a.	-15% CO <sub>2</sub> is: -10%	u.a.	u.a.	u.a.
Fűfélék (Festuca, Stipa) biomasszája	+0,5 °C, csak csap.	-8–10%	Kroel – Du-lay et al. 98	növény fejl. modell	szeletelés M'88 (egyenletes vált.)
Erdőtűzek gyakorisága	+0,5 °C	+50–60%	Bussay, 1995	2 erdőtüz index (?)	szeletelés M'88 (—)
Magas erdőtüzkockázatu állapot gyakoriság	u.a.	+100%	Bussay – Bihari, '98	1 erdőtüz index	szeletelés M'88 (—)
Tenyészidőszak hossz. (5,10,15 °C küszöbök)	u.a.	5–10 °C: +3–4% 15 °C: +5–9%	Mika, 1992	direkt számítás	szeletelés M'88 (—)
Kukorica termés (vetésforgó: búza után kuk.)	u.a.	évente+49–55% 2 évente+37–51%	Erdős – Mika, '93	területi özszevetés	szeletelés M'88 (—)
U.a., de kukorica monokultúrával	u.a.	+14–45%	u.a.	u.a.	u.a.
Burgonya termése (Megyei+orsz. átlag)	u.a.	-15–21% átlag: -19%	Bussay, 1995	növ. fejl. modell	szeletelés M'88 (—)
Búza termése	+0,75 °C	-10% CO <sub>2</sub> is: +25%	Kovács – Dunkel, 98	növény- fejl. modell	szeletelés M'88 (id. an., 5–5 év)
Kukorica tenyészidőszak hossza	u.a.	-10%	u.a.	u.a.	u.a.
Kukorica termése	u.a.	-25% CO <sub>2</sub> is: -5%	u.a.	u.a.	u.a.
Tenyészidőszak hossza: kukorica	+1 °C	-19–30% átlag: -26%	Bussay, 1995	növény- fejl. modell	GCM, M'93a (—)
Fűfélék (Festuca, Stipa) biomasszája	+2 °C, csak hőm.	+6–8% (nem szignif.)	Kroel – Du-lay et al. 98	növény- fejl. modell	GCM, M'93a (egyenletes vált.)
Magas erdőtüzkockázatu állapot gyakoriság	+2 °C	+100–200%	Bussay – Bihari, 98	3 erdőtüz index	GCM, M'93a (D'96: lesk., gen.)
Tenyészidőszak hossza	u.a.	kukorica -5–7% burgonya +4–8%	Nováky et al., 1996	növény-talaj mod.	GCM, M'93a (D'96: lesk., gen.)
Magas erdőtüzkockázatu állapot gyakoriság	+4 °C	+200–300%	Bussay – Bihari, '98	3 erdőtüz index	GCM, M'93a (D'96: lesk., gen.)
Tenyészidőszak hossza: kukorica	u.a.	kukorica -7–11% burgonya +8–10%	Nováky et al., 1996	növény-talaj mod.	GCM, M'93a (D'96: lesk., gen.)

Magyarázat: M'88, M'93a és M'00: Mika 1988, 1993a, ill. 2000; R91 és D96: időjárás-generator Racsó et al., 1991, ill. Domonkos, 1996

# A KLÍMAVÁLTOZÁS HAZAI MEZŐGAZDASÁGI KÖVETKEZMÉNYEI

ANDA ANGÉLA

## ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás hatása hazánkban várhatóan a hőmérséklet emelkedésében és a csapadék csökkenésében jelentkezik, bár a változás mértéke meglehetősen bizonytalan. Mivel mindkét elem az élőlények életfeltétele, a mezőgazdaság, mint növényekkel és gazdasági állatokkal foglalkozó ágazat fokozottan érintett az éghajlat bármilyen irányú változásában.

A következmények számbavételét a növényeknél az bonyolítja, hogy a felmelegedés egyik fő okozójaként számon tartott  $\text{CO}_2$  a fotoszintézis alapanyaga, s meghatározza a sztómák nyitottsági fokát is. S mivel a vízgőz diffúziója ugyanazon sztómaréseken keresztül valósul meg, mint ahol a  $\text{CO}_2$  bejut a növénybe, a sztóma mozgás megváltozása a transzspirációját is módosítja.

A megnövekedett  $\text{CO}_2$  által szűkített sztómákon távozó vízgőz mennyisége csökken, mely a növényhőmérsékletet növeli, s az összes biokémia folyamat – többek között a fotoszintézis – intenzitására hat.

Nem ismert, hogy a növény egymással és környezetével szoros kölcsönhatásban lévő életfolyamatai végül milyen eredőhöz (produkciónak) vezetnek. Szimulációs modellfuttatás alapján a sztóma ellenállás növekedése csupán a légköri  $\text{CO}_2$  megduplázásánál kukoricában napi átlagban jelentős ( $1000 \text{ s m}^{-1}$ ). Meglepetésként szolgált, hogy a magasabb  $\text{CO}_2$  szinthez pluszként hozzáített emelt léghőmérséklet ( $+2 \text{ }^\circ\text{C}$  napi átlagban) az ellenállást tovább nem módosította.

Az IPCC évszázadunkra vonatkozó prognózisa szerint az üvegházi gázok koncentráció emelkedése alapján a Föld globális hőmérséklete várhatóan 1,5–4 fokkal emelkedik.

Ebben az előrejelzésben minden egyéb éghajlat meghatározó tényező változatlan.

A prognózis tartalmának, s különösen hatásainak elemzése előtt érdemes áttekinteni azokat az ismereteket, melyeket a légkör üvegházhatásáról tudunk.

Amelyek fokozódása eredményezi a globális felmelegedés napjainkban meglehetősen gyakran idézett fokozódását.

## A FÖLD ENERGIA VISSZATARTÁSÁNAK RENDSZERE: AZ ÜVEGHÁZHATÁS

A Föld – hasonlóan más bolygókhoz és holdjaikhoz – az elenyésző mennyiségű saját energiaforrásként szolgáló radiatív bomlások mellett szinte kizárólag a Nap sugárzási energiájára van utalva. Ez táplálja a Földet, mely saját hőmérsékletének megfelelő sugárzási energiát bocsát vissza az abszolút nulla fokos világűrbe. Az energiaáramlás a magasabb energiatartalmú hely felől halad az alacsonyabb energiaszintű hely felé. Légkör nélküli bolygónál a beérkező és a kisu-

gázzal rendelkező bolygó légköre a sugárzást jobban átengedi, mint a felszín, ezért hőmérséklete alacsonyabb, mint magának a bolygónak a felszínhőmérséklete. A légkörrel rendelkező bolygók energia kisugárzása a gázok jelenléte miatt alacsonyabb, mint amekkorát felszínhőmérsékletük feltételezne. Ez a légköri gázok által „visszatartott” energia a légkör üvegházhatása, mértéke a felszínhőmérséklet és a kisugárzási hőmérséklet<sup>1</sup> különbsége (Major, 2004). Energiaegyensúly esetén a kisugárzási és az egyensúlyi hőmérséklet<sup>2</sup> megegyezik.

A Föld légkörének külső burkára meghatározott feltételeknél érkező energia a szoláris konstans, vagy napállandó. Az állandó értéke számolható a Nap által kibocsátott energia és annak világtűrben megtett útja során bekövetkező változások ismeretében, vagy 1978 óta mesterséges holdak mérési adataiból. Nagysága a meghatározás módjától és a 11 éves ciklusokban jelentkező naptevékenység aktuális fázisától függően hivatkozásonként leggyakrabban 1353–1370 W m<sup>2</sup> közötti (Major, 2004; Varga-Haszonits, 2004 stb).

A kisugárzási hőmérséklet is meghatározható műholdas mérések alapján, melynek Földre vonatkozó értéke –17, –18 °C (mérési bizonytalanság!).

A kisugárzási energiát a Stefan-Boltzman törvény alapján számolhatjuk<sup>3</sup> is.

Az egész Földre vonatkozó globális évi középhőmérséklet egyensúlyi hőmérséklet, a mérések szerint 15 °C, mely alapján az üvegházhatás mértéke:

$$15\text{ °C} - (-18\text{ °C}) = 33\text{ °C} \quad (1)$$

Összehasonlításképpen más bolygók üvegházhatását az IPCC 1990-es jelentése alapján ismertetjük (1. táblázat).

A légkör üvegházhatása az üvegházi gázok jelenlétéhez köthető, bár mértékére egyéb tényezők, pl. a felszín sugárzás visszaverő képessége (albedo<sup>4</sup>) stb. is hatással lehetnek. A gázok közül a vízgőz üvegházha-

tást erősítő tulajdonsága Tyndall óta ismert, melyet 1859-ben a szerző igen közérthetően szemléltetett:

„...ha kivonjuk a levegőből a vízgőzt...biztosak lehetünk benne, hogy minden növény elpusztul, amely érzékeny a fagyra. A szántóföldek és a kertek melege eltávozik a világtérbe, s a Nap olyan szigeten kelne fel, amelyet a fagy tart vasmarkában.”

A vízgőz 20 foknál magasabb melegítő hatása nagyságrenddel haladja meg a többi üvegházi gázét (2. táblázat). Itt szükséges megemlíteni a légköri jelenségek modellezésének vízgőztartalomhoz kapcsolódó pozitív visszacsatolását, mely szerint minél melegebb van, annál nagyobb a párolgás, s ennek a megnövekedett mennyiségű vízgőznek a légköri hőenergia visszatartó képessége is magasabb.

A vízgőz üvegházi hatását tekintve nagyságrendben követő, meglehetősen magas melegítő potenciállal rendelkező üvegházi gáz a talán legtöbbet citált CO<sub>2</sub>, melyet először az 1750-es években Black említett légköri összetevőként. Az 1850-es években sugárzást elnyelő gázként jelenik meg Tyndall közleményében. Arrhenius 1896-ban kapcsolta össze a CO<sub>2</sub> gáz jelenlétét és a légkör felmelegedését. Arrhenius azon eredménye, mely szerint a CO<sub>2</sub> gáz megduplázódása a felszínhőmérsékletet 5,7 fokkal emeli, messze megelőzte korát, s gyakorlatilag napjainkban is elfogadható becslésnek látszik.

Az elmúlt évek publikációiban a CO<sub>2</sub> gáz tartózkodási ideje szerzőnként eltérő, melynek oka a megnövekedett gázkoncentráció melletti változatlan nyelő intenzitás lehet. Ezt az információt a 2. táblázat összeállításánál is figyelembe vettük.

A CO<sub>2</sub> gáz biológiai aktív anyag, a fotoszintézisben mint az egyszerű cukrok alapanyaga megkötődik, amelyet a légzés (biológiai oxidáció) alakít vissza CO<sub>2</sub> gázzá, s juttat a légkörbe. A gáz további természetes forrásai közül jelentős még a magasabb rendű élőlények (állatok és ember) légzése, a

talaj mikrobiológiai folyamatai során felszabaduló CO<sub>2</sub> és az óceáni gáz-felszabadulás. Az óceán a gáz egyben legjelentősebb nyelője is. A természetes források és nyelők a légkör CO<sub>2</sub> koncentrációját a közelmúltbeli ipari forradalomig közel 280±10 ppm szinten tartották. Főképpen az iparban és a közlekedésben felhasznált fosszilis energiahordozók, mint évmilliók alatt képződött széntározók gyors szén mobilizálása jelentősen megemelte az elmúlt évtizedek légköri CO<sub>2</sub> koncentrációját. Ehhez társult még a gáz egyik fontos természetes nyelőjének, az erdőnek, különösen a trópusi esőerdőknek nagymértékű irtása, s az ezzel együtt járó művelési ág változás. Ha a légkör jelenlegi CO<sub>2</sub> szintje stabilizálódna, a gáz jelenlegi 365 ppm-es koncentrációja a század végére kb. 500 ppm-re emelkedne. S ebben a gondolatban az elmúlt évekre meghatározott +0,5% CO<sub>2</sub> év<sup>-1</sup> növekedéssel nem számoltunk! Ha minden CO<sub>2</sub> gázkibocsátást hirtelen megszüntetnénk, koncentrációja mintegy 100–300 évig az ipari forradalomig mért 280 ppm-es szint fölött maradna (*Houghton et al., 2001*).

A metán a szerves anyagok oxigén hiányos környezetben történő mikrobiális átalakítása során keletkezik. A természetben vizes, mocsaras élőhelyeken szabadul fel nagyobb mennyiségben, mely az összes kibocsátás mintegy felét teszi ki. A másik felét az emberi tevékenység (mezőgazdaság, szénbányászat, olaj- és gáz előállítás) juttatja a levegőbe. A kérődzők gyomrából, ürülékéből és a rizstermesztés során tekintélyes mennyiségben kerül a légtérbe, tehát a mezőgazdaság a metán esetében jelentős szennyező. Becslések szerint a gáz évi növekedési üteme mintegy duplája a CO<sub>2</sub>-énak (kb. 1,1%/év).

*Dinitrogén-oxid* keletkezik nitrogén tartalmú műtrágya alkalmazásnál és különböző égési folyamatok melléktermékeként. Bár jelenléte csekélyebb, mint a korábban említett üvegházi gázoké, hosszú tartózkodási ideje miatt számolni kell jelenlétével.

A halogénezett szénhidrogének családja

több mint 100 tagú, egymástól jelentősen eltérő tulajdonságú összetevőkből áll. A gázok koncentrációja a 60-as évektől emelkedett jelentősen, ezért a *Montreáli Egyezmény* felhasználásukat jelentősen korlátozta, mely elsődlegesen nem mint üvegházi gáznak, hanem mint az ózonpajzs elbontásában szerepet játszó anyagnak szolt.

Léteznek a fentiekén kívül kisebb hatásokkal rendelkező üvegházhatású gázok és anyagok is, melyek részletes ismertetésétől jelen dolgozatban eltekintünk (CO, NO<sub>x</sub>, „fekete-szén”).

A légkörben található *aeroszolak* az üvegházi gázok antagonistái, a légkör hűtéséért (is) felelősek. Forrásaik lehetnek természetesek (pl. vulkánkitörések, defláció), vagy emberi tevékenység „eredményei” (pl. kohászat, égetési folyamatok stb). Különösen a szulfát-aeroszolak járulhatnak hozzá a globális felmelegedés hatásának mérsékléséhez (*Hardy, 2004*), melynek mértéke szerzőnként változó, becslése igen magas bizonytalansági tényezővel terhelt.

### „Minél távolabbra nézünk vissza a múltba, annál messzebbre látunk a jövőben” (Churchill)

A története során bolygónk éghajlata nem volt állandó. A jelenlegi hőmérséklet a 140 000 évvel ezelőtti értékkel egyezik. A hőmérséklet ingadozásai a földtörténeti korokban szerzőnként eltérően 6–15 °C-os sávval fedhetők le. A különböző korok időbeli történéseinek vázaltszerű áttekintésére a *Hardy (2004)* által javasolt hat időszakaszt alkalmazzuk.

1. Kb. 1 milliárd évvel ezelőtt a rendkívül magas koncentrációjú légköri CO<sub>2</sub>-ot a fotoszintetizáló szervezetek forrásként kezdték felhasználni, aminek eredményeképpen a légkör üvegházhatása gyengült, s egy igen lassú lehűlési időszak vette kezdetét. A légkörből kivont szén szerves szén formájában raktározódott.

2. Néhány száz millió évvel ezelőtt a

tektonikus tevékenység a Földön felerősödött, aminek eredményeképpen nagy mennyiségű üvegházhatást fokozó  $\text{CO}_2$  gáz került a légkörbe, s hőmérsékletét a jelenleginél  $5^\circ\text{C}$ -kal magasabbra emelte.

3. A tektonikus mozgások 100 millió évvel ezelőtt lecsendesedtek, s a csökkent  $\text{CO}_2$  kibocsátás a hőmérséklet csökkenését idézte elő.

4. Az elmúlt néhány millió évben tízezer éves periodicitással hidegebb és melegebb időszakok váltották egymást. Ezek az időszakok jégkorszakokként, ill. jégmentes periódusokként kerültek be az irodalomba. Megjelenésük magyarázata *Milankovic* névéhez fűződik<sup>5</sup>, mely a Föld pályaelemeinek változásával hozta kapcsolatba az eltérő éghajlatú földtörténeti korok megjelenését (*Gates, 1993*). Ezek ismeretében az utolsó jégkorszak 18 000 évvel ezelőtt volt, melytől a 6000 évvel ezelőttig tartó enyhe szakaszban a hőmérséklet  $5^\circ\text{C}$ -kal lehetett magasabb a mostaninál.

5. A néhány ezer éves, ill. rövidebb ciklusokban fellépő éghajlati változások okai kevésbé ismertek. Többen a Napaktivitással próbálják a történéseket kapcsolatba hozni. Ide sorolható az 1400–1800 közötti „kis jégkorszak” is, melyről már több feljegyzés maradt ránk. Érdemes átgondolni, hogy napjainkban többször kerül napirendre az antropogén tevékenység klímamódosító hatása. Évszázadokkal korábban ez valószínűleg fordítva lehetett, s erre példa éppen a kis jégkorszak is, amikor a hidegebbé vált klíma – főképpen a hűvös nyarak – nem tették lehetővé a korábban megszokott növények előállítását, ezért éhínség tört ki Európában. Voltak az emberi élet számára kisebb veszélyt hordozó, de mégis figyelemre méltó jelenségek, melyek napjainkra eltűntek, pl. a Temze jégtakarója.

6. A közelmúlt (150 év) globális hőmérséklete mintegy  $0,6$ – $0,8^\circ\text{C}$ -kal emelkedett, mely értékét tekintve a földtörténeti korok hőmérséklet alakulásával összehasonlítva túl magasnak nem mondható. Ne feledkezzünk meg azonban arról, hogy a fenti változás

évtizedek produktuma, amelyhez hasonló változást nehezen tudnánk példaként hozni a földtörténeti korok éghajlati történéseiből.

A földtörténet során a léghőmérséklet változékonysága az idő előrehaladtával fokozatosan csökkent, egészen a 10 ezer évvel ezelőtt bekövetkező  $1$ – $2^\circ\text{C}$ -os minimumig, mely idején a hőmérséklete a 400 ezer éves átlag fölött volt (*Major, 2004*). Az idézett szerző által megfogalmazott kérdés lényegét érintő:

„Vajon mi okozhatta a közelmúlt hőmérsékletének korábbiakhoz képesti stabilitását?”

A kérdésre adott válasz megadása úgy tűnik még várat magára.

#### Napjaink hazai légkör-tisztasági helyzetképe Buday-Sántha (2004) alapján

*Az ipari légszennyezés* hazánkban a legnagyobb mértéket a szénre alapozott iparfejlesztés idején, az 1950–70 közötti években érte el. Ennek kezelésére csak a 80-as években történt intézkedés, mely kedvező hatása napjaink levegőtisztasági mutatóiban manifesztálódott (3. táblázat).

Az 1990-ben bekövetkezett rendszerváltás az erőltetett nehézipar és bányászat összeomlását okozta, mely a légköri szennyezés szempontjából nem volt negatív. Az ipar átalakulásával létrejött közép- és kisvállalatok környezetszennyezés szempontjából történő ellenőrizhetetlensége viszont már nem tekinthető pozitív hatásúnak.

Az 1960-as évekig fennmaradó „hagyományos” *mezőgazdasági termelés* (évtizedekkel lemaradva a nyugati államoktól) csak környezeti, levegő tisztasági szempontból volt előnyös. Ezt követte az iparszerű technológiák bevezetése, mely jóval magasabb termelési színvonalú, de környezetvédelmi problémáktól nem mentes (kemizálás fokozódás, talajszerkezet rombolás, talaj savanyodás, szerves-anyag gazdálkodás elhanyagolás, híg trágya és egyéb hulladékok elhelyezése stb.). A környezeti károk az 1980-as

évekre olyan mértéket öltöttek, hogy azok kezelése elodázhatalanná vált (integrált-, s kisebb mértékben biotermelés térhódítása). 1990-ben a politikai helyzet a mezőgazdaságban a családi gazdasági modell visszaállítását célul tűzve a nagygazdaságok felbomlásához vezetett. A hatások elemzése nélkül állíthatjuk, hogy ez a változás csak környezetvédelmi szempontból volt előnyös (biodiverzitás fokozódása, talajbolygatás csökkenés stb.).

### NÉHÁNY KÉTELY ÉS BIZONYTALANSÁG...

A közelmúltig az éghajlat volt az a tényező, melynek alakulása döntően meghatározta egy adott terület népességének alakulását, az ott élők életkörülményeit, lehetőségeit. Az elmúlt másfélszáz évben a kölcsönhatás másik oldala, vagyis az emberi tevékenység légköri összetételt módosító hatása felerősödni látszik. A legnagyobb gondot a beavatkozás következményeinek meghatározhatatlansága jelenti, melyben még a régmúlt éghajlati eseményeinek tanulmányozása sem nyújthat segítséget. A földtörténeti korok éghajlat alakulásának okait csak nagyvonalakban ismerjük. Az előbbieket következtében a természetes eredetű és az antropogén hatások szétválasztása jelenleg még megoldhatatlannak látszik.

A sokak által kiinduló alapként használt 1860 óta mért hőmérsékletek sem tekintendők hibamentesnek. Az adatfeldolgozáshoz felhasznált állomások száma, azok elhelyezése évről-évre változott, s sűrűségük sem megfelelő az eltérő tulajdonságú felszínek összetételét tekintve. A tengeri állomások nagyobb területi arányuk ellenére az összes állomás mindössze 30%-át teszik ki (*Gates, 1993*). A városiasodás, s a mellettük kialakított mérőhelyek „hősziget” hatása miatti magasabb hőmérséklet *Rosenzweig és Hillel (1998)* szerint legalább 0,1 fokkal járult hozzá a globális felmelegedéshez.

Nem ismerjük, hogy az éghajlati rendszer korábban nem tapasztalt, közelmúltbeli stabilitását mi hozta létre, meddig terjed, s mi billentheti ki jelenlegi állapotából.

A légkör-óceán kapcsolatának részletesebb feltérképezése, a felhőzet különböző szintjeiben tapasztalt eltérő sugárzási tulajdonságok pontosabb megismerése számos meglepetés forrása lehet a jövőben. Azt tudjuk, hogy a természetes szén-körforgalom, a levegő, valamint az óceánok és bioszféra közötti szén-dioxid gázkicserélődés többszöröse az ember által kibocsátott CO<sub>2</sub> emisszióknak. A gáz természetben lévő forrásai és a nyelői közti hosszú távú egyensúly alapvető fontosságú a légkör stabil CO<sub>2</sub> koncentrációjának fenntartásában. Az ismert források és nyelők kapacitása durván körvonalazott. De ismerünk-e minden nyelőt? A szénmérleg számítások szerint nem. Óvatos becslések léteznek arra vonatkozóan, hogy a nagy felületű óceánok már eddig is jelentősen mérsékelhették az antropogén eredetű CO<sub>2</sub> gáz légköri arányát, s vele a globális felmelegedést.

A klímamodellekkel kapcsolatos problémák irodalma széleskörű. Különösen a humán dimenzió, a gazdaság és a népesség várható alakulásával kapcsolatos bizonytalanság látszik napjaink legnehezebben kezelhető területének. Már *N. Bohr* is megfogalmazta, hogy „...az előrejelzés készítés nehéz feladat, különösen, ha a jövőre kívánjuk kiterjeszteni azt.”

### VÁRHATÓ KÖVETKEZMÉNYEK – MEZŐGAZDA SZEMMEL

S ezen ismeretek birtokában – hiányosságaival együtt – kell felkészülnünk a globális felmelegedés várható következményeinek számbavételére. A klímaváltozási modellek térbeli leskálázása az utóbbi időkben nagyot fejlődött. Ugyanezt nem mondhatjuk el az időbeli leskálázásról, pedig a növényi életfolyamatokban bekövetkező változások prog-



nözisához nem elegendő a jelenlegi felbontású évszakos (nyári-téli) tendenciák ismerete. Ezen vizsgálatokhoz legalább napi felbontású értékekre lenne szükség.

### Csapadék és víz

A globális felmelegedés egyik várható következménye a hidrológiai ciklus folyamatainak, a víz körforgásának megváltozása. A folyók vízjárása mellett, a csapadékhoz és a párolgáshoz kötött összes jelenség – vizsgált terület földrajzi helyétől függően – eltérő irányban és mértékben módosulhat. Hazánkra a globális felmelegedés várható következményeit *Mika (2003)* korábbi elképzeléseit némiképp módosított prognózisa tartalmazza (3. táblázat).

Magyarországon a csapadék csökkenése csak mérsékelt globális felmelegedésnél konkretizált. De vajon mi lesz fokozottabb globális felmelegedésnél? A kérdés a táblázat alapján jelenleg még költői. Ha elfogadható a múltbeli események alapján történő jövőbeli becslés, akkor akár az elmúlt évtized szárazodási tendenciája útmutató is lehetne az elkövetkező évtized(ek)re. Nálunk a magasabb hőmérséklet a potenciális evapotranszpirációt<sup>6</sup> valószínűleg növeli, nem úgy, mint néhány nyugat-európai országban, ahol a megnövekedett hőmérséklet miatti nagyobb párolgás annyira megemeli a levegő nedvességtartalmát, hogy az a további nedvesség felvételt korlátozza (*Mimikou, 2004*). Valószínűleg a bevételi oldalról az alacsonyabb csapadék miatt a talajnedvesség – különösen a tavaszi nyitó készlet – tovább csökken (többek szerint ez a módosulás már napjainkban is 6–8% körüli). A kiadási oldal, a csökkent rendelkezésre álló készletből még több víz elpárolgását tenné szükségessé. Az eredmény a korábbiaknál fokozottabb öntözési igényben ölt testet. Több hazai és mérsékelt övi határon túli vizsgálat egybehangzó véleménye szerint a csapadék 10%-os mérséklődése az öntözővíz igényt – növényfajtól és környezeti tényezőktől is függően – legalább 7–8%-kal emeli.

A hótakaró jelenléte különösen az áttelelő növényeknél fontos. Hazánkban ezen elem megjelenésénél is csökkenés prognosztizált. *Procknow és Bélanger (2004)* szerint a hó hiánya a legelő legértékesebb fajainak megritkulását eredményezheti. Az ok, hogy az eső és a jég gyakorisága nő a hótakaró helyett, melyek közül egyik sem képes betölteni a hó szigetelő szerepét. A jég bizonyos körülmények között kifagyást okoz. A probléma már öszszel, tél elején a felmelegedés miatt megnövekedett hőmérséklet növény „betelelésére” gyakorolt kedvezőtlen hatásával kezdődik, s a növény fagyűrő képességének romlásával folytatódik. A negatív hatás végül is az állattenyésztés eredményességének romlásában csapódik le.

A szárazodás miatti fajösszetétel változás mellett nem elhanyagolható a zárt gyepek kipusztulás okozta nyitottabbá válása. A gyepek csak az egyik funkciója az állatok szalastakarmánnyal való ellátása, amely mellett talajvédelmi és vízviisszatartó szerepe is jelentős, nem beszélve az esztétikai szempontokról.

A felmelegedés a tengerek vizének hőmérsékletét is növeli a krioszférában<sup>6</sup> kötött víz megolvasztása mellett, mely fokozottabb kiterjedést, s ezzel jelentős tengervízszint emelkedést okoz. Óvatos becslések szerint ennek mértéke leggyakrabban 30–60 cm közötti, de ennél jóval magasabb értékeket is találhatunk az idevonatkozó irodalomban. Ez a sós víz, különösen a folyók torkolatvidékein benyomulva a szárazföldre a különösen jó minőségű termőterületek elrablása mellett szennyezi az amúgy is szűkös édesvíz készletet.

Az édesvíz mennyiségének változása nemcsak az ivóvíz ellátást, hanem az öntözést, s ezzel a növénytermesztés biztonságát veszélyezteti. A természet alkalmazkodik a környezet változásaihoz, így a torkolatvidékek sajátos ökoszisztémája is átalakul. Ennek egyik fájó következménye többek között pl. a mangrove erdők visszaszorulása.

### Hőmérséklet

Hazánkban többek szerint a globális felmelegedést meghaladó mértékű hőmérsékletnövekedés várható. Ezt az utóbbi időben publikált, Európa különböző térségeire futtatott 11 ország 18 intézményének – köztük hazánk – részvételével végzett, s az EU által szponzorált projekt eredményei is megerősíteni látszanak (*Mimikou, 2004*).

Egy földrajzi helyen természetű – és a vadon élő – növények körét főképpen a hely hőmérsékleti (és vízellátottsági) viszonyai szabják meg. A klímaváltozás egyik következménye lehet a vegetációs zónák elmozdulása, mely az egyes növényfajok természetességi határvonalainak északabbra tolódását eredményezi. Durva becslés alapján 1 °C-os globális felmelegedésnél a fajok természetességének határvonala mintegy 200–300 km-rel kerül északabbra, s a tenger szintje felett 100–150 m-rel magasabbra. Átalakulhat a hely ökoszisztémája is. Erre már találunk példát a hazai homokpuszta gyepek vizsgálatánál, ahol a kontinentális flóraelemek és az egyéves, száraz időszakot mag állapotban átvészelő életformájú fajok aránya növekedett (*Kröel-Dulay et al., 1998*).

Egy adott térségben akkor fejlődik kedvezően a növény, ha a hőmérséklet az ún. optimum tartományban van. Ennek értéke fajonként, fajtánként, fejlődési fázisonként stb. folyamatosan változik, s meghatározza a biokémiai folyamatok intenzitását, majd végül a várható termést. *Allen in Core (2002)* szerint minden 2 fokos hőmérsékletnövekedés a növény optimuma felett 10%-os termékenyülés romlással jár. A folyamatban a szója magvainak ezerszem tömege is csökkent. A virágzás-termékenyülés táján tapasztalt fokozott hőmérséklet-érzékenység analóg a növények kritikus vízigényének megjelenésével.

Adott terület kártevőinek mennyisége, kártételük nagysága és összetételük, tekintettel azok erős időjárás érzékenységre, a globális felmelegedéssel biztosan változni

fog. Erre már több hazai negatív példa is van (pl. a vadgesztenye aknázómoly betelepülése és térhódítása).

### CO<sub>2</sub> koncentráció

Elegendő sugárzás és víz jelenlétében az erősen hőmérsékletfüggő fotoszintézis intenzitását az alapanyagként felhasznált légköri CO<sub>2</sub> koncentráció determinálja. A magasabb CO<sub>2</sub> növeli a fotoszintézis, s ezzel a produkció nagyságát. A növények válasza a megkészserezett CO<sub>2</sub> koncentrációra élettanilag eltérő viselkedésük alapján történő besorolásuktól függően más és más<sup>8</sup>. A C<sub>3</sub> kategóriára meghatározott produkció növekedés – a legtöbb termesztett növényünk itt található – széles határok közt (–10 – +80%) változhat. A C<sub>4</sub>-es kategória hazánkban jóval kevésbé népes (de pl. a kukorica ide tartozik) és kevésbé hatékony (~10–15%) széndioxid felhasználású. A C<sub>3</sub>-as és a C<sub>4</sub>-es fajok CO<sub>2</sub> koncentráció változására adott eltérő fotoszintézis-válasza alapján az elterjedésük módosulhat, mégpedig a felmelegedés a C<sub>3</sub>-as növények térhódításának kedvezne. Eddigi megfigyelések a feltételezést nem támasztják alá.

A növényben mind a vízgőz, mind a CO<sub>2</sub> ugyanazon az útvonalon, a sztómákon át mozog, ezért a megnövekedett külső CO<sub>2</sub> koncentráció nemcsak a fotoszintézist, hanem a transzspirációt is befolyásolja. A külső CO<sub>2</sub> szint emelkedésekor a sztómák nyitottsági foka növényfajonként eltérő mértékben nő, valószínűleg a sztóma alatti üreg és a külső szén-dioxid koncentráció közti differencia mérséklődése miatt. Ezzel a növény vízleadása alacsonyabb, vízfelhasználásának hatékonysága pedig akár magasabb is lehet.

A globális felmelegedés előidézte természetminőségi eltérések megjelenésével kapcsolatos publikációk meglehetősen ritkák. Paradicsomnál a megkészserezett CO<sub>2</sub> szint növelte a sejtek keményítő felhalmozását, amely a gyümölcs sárgulását és a héj megvastagodását okozta (*Woods, 1998*).

### Hatások eredője, a termesztés célja: a termés

Tekintettel arra, hogy a termés a környezeti tényezők által befolyásolt különböző életfolyamatok eredőjeként keletkezik, a folyamat tényezőinek komplexitása miatt előrejelzése rendkívül összetett feladat. Még ha a klímamodellek tér- és időbeli felbontása megfelelő is lenne, az életfolyamatok bonyolultsága akkor is megnehezítené azok globális felmelegedés általi változásainak determinálását.

A különböző termés-előrejelző modellekkel kapott terméseredmények összehasonlításától, azok sokfélesége miatt tartózkodunk. A különböző modell futtatásoknál még ugyanazon növényfaj esetében is szerzőcsoportonként nemcsak a prognosztizált termésváltozás nagysága, hanem esetleg annak iránya is eltérő. Hazai vizsgálatok összegzése alapján a globális felmelegedés hatására a C<sub>3</sub>-as növényfajok produkciója – fajtól függően! – meglehetősen széles határok között –10–25%-kal, a C<sub>4</sub>-eseké mérsékeltebben, mintegy +10% alatti értékben módosulhat. Az eredmények értékelésénél nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy azok legtöbbször maximum két hatótényező (hőmérséklet, csapadék és CO<sub>2</sub> duplázódásból kettő) figyelembe vételével kerültek meghatározásra.

### EGY SZIMULÁCIÓS KÍSÉRLET A SZTÓMA-AKTIVITÁSRÓL

A sztómaellenállás párolgásban és fotoszintézisben betöltött döntő szerepe miatt szimulációs modell<sup>8</sup> segítségével óránkénti bontásban próbáltuk számszerűsíteni a globális felmelegedés két tényezőjének, a megnövekedett hőmérsékletnek és a megkétszerezett CO<sub>2</sub> koncentrációnak a sztómák nyitottsági fokára gyakorolt hatását.

A szimulációt 2001 júliusának végén – az átlagosnál melegebb és szárazabb periódusban – a keszthelyi adatokkal, óránkénti

bontásban végeztük. A modell sztóma ellenállás szimulációra való alkalmasságának ellenőrzése korábban történt (*Anda – Lőke, 2003*).

A futtatás két scenáriója az alábbi volt:

– a CO<sub>2</sub> koncentráció megduplázása (660 ppm),

– a CO<sub>2</sub> koncentráció fokozása mellett +2 °C-os napi középhőmérséklet növelés.

A sztóma ellenállást mind a megnövelt CO<sub>2</sub>, mind a vele kombinálva használt magasabb léghőmérséklet megemelte, alacsony napállásnál jelentősebben (1. ábra).

A két eltérő forgatókönyv alapján történt futtatás sztóma ellenállás értékei a várakozástól eltérően sem a napi átlagban, sem a napi menetben nem különböztek. Önmagában a légköri CO<sub>2</sub> koncentráció megduplázása ugyanakkora sztómarés szűkülést eredményezett, mint a megemelt hőmérséklet mellett juttatott kétszeres CO<sub>2</sub> koncentráció. A kontrollhoz képesti napi átlag eltérése mindkét esetben közelítette az 1000 sm<sup>-1</sup>-t. A sztóma ellenállás növekedése olyan jelentős, hogy akár a légköri többlet CO<sub>2</sub> fotoszintézisre feltételezett kedvező hatását is alaposan leronthatja. Megjegyzendő, hogy a futtatásnál a vízellátást a mintaként választott száraz 2001 júliusára való tekintettel nem módosítottuk.

A megnövekedett külső CO<sub>2</sub> koncentráció a sztóma rések szűkítésével párolgás mérsékléshez, s ezzel magasabb növényhőmérséklet kialakulásához vezet. Ez a növényhőmérsékletbeli többlet a továbbiakban az életfolyamatok intenzitását módosíthatja. A kérdés az, hogy vajon a magasabb CO<sub>2</sub> koncentráció képes-e kompenzálni a melegebb növényhőmérséklet életfolyamatokra gyakorolt, eddig kevésbé ismert „mellékhatásait”? A kérdés megválaszolásához további vizsgálatok szükségesek.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka kísérleti része az OTKA 043147 számú pályázat támogatásával készült.

## JEGYZETEK

1 Kisugárzási hőmérséklet az a hőmérséklet, melyen a fekete test csillag körüli keringési ideje alatt kibocsátott hő elegendő az energiaegyensúly kialakításához.

(Fekete test: tökéletes sugárzási tulajdonságokkal felruházott, fiktív test. A ráeső sugárzási energiát teljes egészében elnyeli, s adott hőmérsékleten az elméletileg lehetséges maximális intenzitással sugároz.)

2 Az egyensúlyi hőmérséklet a csillag (Nap) sugárzásából elnyelt és a fekete test által kisugárzott energia egyensúlya esetén kialakuló felszínhőmérséklet.

3 A kisugárzott energia fluxusa,  $\phi$ :

$$\phi = (\varepsilon) \sigma T^4 \quad (2)$$

ahol  $\sigma$ : Stefan-Boltzman állandó [ $5,67 \times 10^{-8} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$ ]

$T$ : abszolút hőmérséklet, K.

$\varepsilon$ : emissziós tényező.

Az emissziós tényező ( $\varepsilon$ ) a test sugárzási tulajdonságainak fekete testtől való eltéréseit számszerűsíti. Fekete testnél az  $\varepsilon = 1$ .

4 Ha a reflektált sugárzás  $r$ , a beérkező összes sugárzás  $G$ , akkor az albedo,  $a$ :

$$a = \frac{r}{G} \quad (3)$$

5 A csillagászati elemek, melyek a besugárzott energia mennyiségét módosíthatják:

– a földpálya excentricitása (az ellipszis alakú pálya „lapultsága”) 100 000 éves periodicitással változik,

– a Föld tengelyének dőlésszög változása 22,1–24,5° között. (Jelenleg: 23,5°) Periódus ideje 42 000 év.

– A földtengely precessziója, a napéjegyenlőségi pontok kúp mentén történő elmozdulása. Periódus ideje 21 000 év.

6 A potenciális evapotranszspiráció a levegő párolgató képességének maximuma. Kizárólag légköri tulajdonságok határozzák meg értékét.

7 Állandó hó- és jégtakaró öve, s a gleccserekben megkötött szilárd halmazállapotú víz.

8  $C_3$ -as típusú növények nagy létszámúak, fotoszintézisük végterméke egy három szénatomot tartalmazó molekula. Ide tartoznak hazánkban a gabonafélék többsége, a burgonya, a zöldségnövények, a gyümölcsök stb. A sokkal kevésbé népes a  $C_4$ -es növény-család (pl. kukorica, cirok, köles és több gyomnövény), ahol a fotoszintézis végterméke négy szénatommal rendelkező egyszerű cukor.

9 A *Goudriaan féle* CMSM modell alapja a sugárzási energia állománybeli sorsának követése, melynek egy része visszaverődik az állományról, a másikat áttereszti az adott réteg, s a harmadikat elnyelik a növények. A sztóma ellenállás,  $r_{\text{leaf}}$  számítását a fotoszintézis intenzitás meghatározásából végzi a modell:

$$F = \frac{1,83 \times 10^{-6} (C_s - C_a)}{1,66 r_{\text{leaf}} + 1,32 r_{b,h}} \quad \text{akkor} \quad r_{\text{leaf}} = \frac{1,83 \times 10^{-6} (C_s - C_a) - 0,783 r_{b,h}}{1,66 F}$$

ahol 1,66: diffuzivitások közti arány (szén-dioxid és víz),

1,83  $\times 10^{-6}$ : a szén-dioxid koncentráció átváltása kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>-re 20 °C-on,

$C_s$  és  $C_a$ : külső- és belső (szabályozó) szén-dioxid koncentráció,

$r_{b,h}$ : a hőre vonatkozó határérték ellenállás.

Részletesen lásd *Anda és Lőke (2003)* hivatkozott anyagában.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) ANDA A. – LŐKE Zs. (2003): A kukorica párolgását meghatározó tényezők, a sztóma ellenállás, a növényhőmérséklet, valamint a fotoszintézis intenzitás számítása szimulációs modellel. Növénytermelés, 52. 3–4: 351–363. pp. (2) BUDAY-SÁNTHA A. (2004): Az agrárgazdaság környezeti hatásai. Környezetügy 2004. Tanulmányok Láng I. tiszteletére. OKT, Friedrich Ebert Alapítvány, 61–75. pp.

(3) CORE, J. (2002): Global Warming Puts the Freeze on Seed Yield. News and Events. <http://www.ars.usda.gov> (4) Gates, D. M. (1993): Climate Change and its Biological Consequences. Sunderland, Sinauer Assoc., 42 p. (5) HARDY, J. T. (2004): Climate Change. Causes, Effects, and Solutions. Wiley and Sons Publ., Chichester, 247 p. (6) HOUGHTON, J. T. – DING, J. – GRIGGS, D. J. – NOGUER, M. – VAN DER LINDEN, P. J. – DAI, X. (2001): Climate Change 2001: IPCC, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 39 p. (7) KRÖEL-DULAY G. – BARTHA S. – WANTUCHNÉ DOBI I. – KOVÁCS-LÁNG E. – COFFIN D. F. (1998): Egy mechanisztikus szimulációs modell alkalmazása száraz homoki gyepek klímaváltozással kapcsolatban dinamikájának predikciójára. In: Dunkel Z. (szerk.): Az éghajlatváltozás és következményei. Met. Tud. Napok, 275–284. pp. (8) MAJOR Gy. (2004): A klímaváltozásról. Környezetügy 2004. Tanulmányok Láng I. tiszteletére. OKT, Friedrich Ebert Alapítvány, 197–205. pp. (9) MIKA J. (2003): Az éghajlatváltozás sajátosságainak becslése a Zempléni-hegység térségére. In: Frisnyák S. – Gál A. (szerk.): Szerencs és a Zempléni-hegység. Szerencs, 41–56. pp. (10) MIMIKOU, M. A. (2004): Impacts of climate change on European hydrological regimes and water resources. The Eggs Articles. <http://www.the.eggs.org> (11) PROCKNOW, S. – BÉLANGER, G. (2002): Will global warming improve crop production? EurekaAlert. <http://www.eurekaalert.org> (12) ROSENZWEIG, C. – HILLEL, D. (1998): Climate Change and the Global Harvest. Potential Impacts of Greenhouse Effect on Agriculture. Oxford Univ. Press, New York (13) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS Zs. (2004): Az éghajlati változékonyság és az extrém jelenségek agroklimatológiai elemzése. NYME Kiadója, Mosonmagyaróvár, 264 p. (14) Woods, C. (1998): News. <http://www.napa.ufl.edu>

1. táblázat

Üvegházhatás mértéke a bolygók légkörének néhány tulajdonságával

A bolygó neve	A légkör Földhöz (1) hasonlított légnyomása	Üvegházi gázok [térfogat %]	Megfigyelt felszín-hőmérséklet [°C]	Hőmérséklet légkör nélkül [°C]	Üvegházhatás mértéke [°C]
Vénusz	90	CO <sub>2</sub> > 90	477	-46	523
Mars	0,007	CO <sub>2</sub> > 80	-47	-57	10
Föld	1	CO <sub>2</sub> kb. 0,4 H <sub>2</sub> O kb. 1,0	15	-18	33

2. táblázat

Az üvegházi gázok melegítő hatása Major (2004) nyomán

Üvegházi gáz neve	Száraz levegő térfogat %	Üvegházhatás fokban	Térfogati üvegház potenciál	Tartózkodási idő (év, nap)
Vízgőz	2–3	21,2	0,4	9–10 nap
CO <sub>2</sub>	0,0345	7,2	1	Változó
Metán	0,00017	0,8	22	12,2±3 év
Dinitrogén-oxid	350 × 10 <sup>-7</sup>	0,8	110	120 év
Ózon	0,001	2,4	–	3 év
CFC-k*	0,5 × 10 <sup>-7</sup>	0,6	50000	Erősen vált.
Osszesen		33,0		

\* a halogénezett szénhidrogének népes családja

3. táblázat

## A légszennyező anyagok kibocsátása

Szennyező gáz neve	Kibocsátott mennyisége (ezer t)		
	1980	1990	1999–2000
Szén-dioxid	92 000,0	72 700,0	60 702,0
Kén-dioxid	16 330,0	1 010,0	590,0
Nitrogén-oxid	273,0	238,0	221,0
Freonok és halonok	5,2*	5,1	0,0
VOC	?	205,0	169,0

\*1985-ös adat

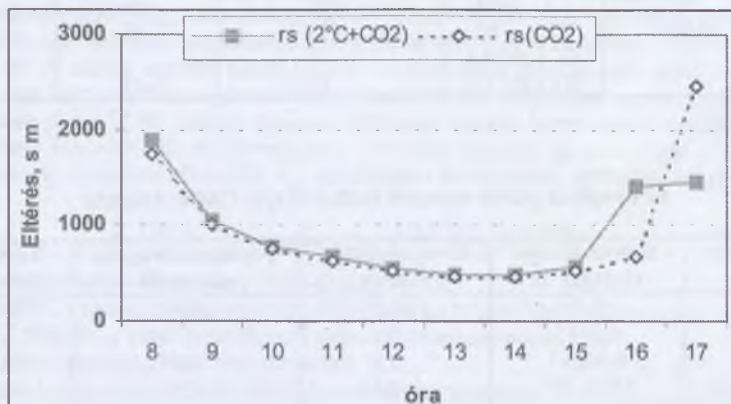
Forrás: KSH, 2000

4. táblázat

## A felmelegedés hazánkra vonatkozó módosított forgatókönyve Mika (2003) szerint

Helyi változás	Globális változás			
	+0,5 °C	+1 °C	+2 °C	+4 °C
Hőmérséklet (K) nyár / nyári félév	+1,0	+1,3	+2,0	+4,0
Hőmérséklet (K) tél / téli félév	+0,8	+1,7	+3,0	+6,0
Csapadék (mm) évi összeg	-40	-66	Bizonytalan	+40 – 400

1. ábra



A sztómaellenállás globális felmelegedés hatására bekövetkező eltéréseinek napi változása egy átlagnál melegebb és szárazabb július végi időpontban, kukoricában (Keszthely)

## AZ ÉGHAJLATI VÁLTOZÉKONYSÁG HATÁSA AZ AGROÖKOSZISZTÉMÁKRA

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az emberiség a számára szükséges élelmet meghatározott éghajlati viszonyok mellett termeli meg. Az ember nem képes arra, hogy az éghajlati viszonyokat az élelmiszertermelés szempontjából kedvező módon befolyásolja, ezért az adott termőhelyen kialakult viszonyokhoz kell alkalmazkodnia. Amikor az ember alkalmazkodott az adott terület éghajlatához, akkor az okoz gondot, hogy nem tudja biztosítani, hogy az adott termőhely éghajlati viszonyai ne változzanak. Ezért az éghajlat alakulását állandóan figyelemmel kell kísérnie, hogy az esetleges változásokra felkészülhessen. Az éghajlat azonban nemcsak feltételrendszerül szolgál a növénytermelésnek, hanem a növények vegetációs periódusának egésze alatt hatást fejt ki a növényekre. Egyes esetekben ez a hatás károsító vagy akár pusztító is lehet. Az éghajlat tehát az élelmiszertermelés alapvető tényezője, amelynek rendszerét és hatását állandóan tanulmányozni kell, hogy az élelmiszerellátást biztonságosabbá lehessen tenni.

### EGY LEHETSÉGES ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS AZ AGROÖKOSZISZTÉMÁK

Az agroklimatológiának – az éghajlat növénytermelésre gyakorolt hatásának tanulmányozásához – abból kell kiindulnia, hogy az éghajlati rendszer az adott területre jellemző éghajlati viszonyokon keresztül fejt ki a hatását (1. ábra). Mindenekelőtt azt kell megvizsgálni, hogy az adott termőhelyen

- (1) milyenek az éghajlati viszonyok,
- (2) milyen változékonyságot mutatnak és
- (3) hogyan hatnak a növényekre.

#### Éghajlati viszonyok és jövőbeli alakulásuk

Az egyes éghajlati elemek mérése és megfigyelése, és ezen elemek által kialakított éghajlati viszonyok tanulmányozása már

a 18. században megkezdődött, a 19. század közepétől pedig intenzíven folyik az európai kontinensen, így hazánkban is. A leghosszabb megfigyelési sorok ezért meghaladják a 200 évet, 100 évnél hosszabb sorok pedig számos megfigyelőhelyen rendelkezésre állnak.

Mégis azt kell mondanunk, hogy ezek a 100–200 éves adatsorok nem nyújtanak elégséges alapot ahhoz, hogy az éghajlati viszonyok időbeli és térbeli alakulásának törvényszerűségeit olyan mélységig megismerhessük, amelynek alapján az éghajlati viszonyokban bekövetkező változások előrejelezhetők lennének.

Ezért az éghajlati viszonyok jövőbeli alakulását illetően kénytelenek vagyunk a lehetséges éghajlati jövőképek minél szélesebb körű felmérésére hagyatkozni, s egy lehetséges éghajlatváltozásra a lehetséges jövőkép-változatok (szcenáriók) ismerete alapján felkészülni.

Abból indulhatunk ki, hogyha

– az éghajlat nem változik, akkor a jelenlegi viszonyokkal számolhatunk a jövőben is,

– ha változik, akkor az lehet folyamatos vagy ugrásszerű.

A folyamatos változásokat a lehetséges jövőképek bizonyos valószínűséggel várható változatai (szcenáriók) alapján határozzuk meg. Ennek alapján a lehetséges éghajlati jövőképek segítségével felmérhetjük azok növénytermelésre gyakorolt hatását is (Varga-Haszonits, 2003).

A scenáriókat három nagyobb csoportba lehet sorolni.

*Logikailag feltételezhető változások.* Folyamatos változást feltételezve az egyes meteorológiai elemek értékeinek meghatározott nagyságú (pl. 1 fokos, 2 fokos stb.) vagy meghatározott arányú (pl. 5%-os, 10%-os stb.) emelkedését vagy csökkenését tételezzük fel. S azt vizsgáljuk, ha ilyen jellegű változás bekövetkezne, az milyen hatással lenne a mezőgazdasági termelés tárgyaira (növények, állatok) és folyamataira (növekedés, fejlődés, produktivitás).

Az éghajlati viszonyok megváltozásának többféle módja lehetséges. Közülük a három alapvető formát a 2. ábrában mutatjuk be.

Az egyik változat a középérték eltolódását jelenti valamilyen irányban, mégpedig anélkül, hogy a szórás változna. A másik esetben a szórás változik, miközben a középérték változatlan marad. Végül a harmadik esetben mind a középérték, mindpedig a szórás megváltozik. Bármelyik változási forma is következne be, a növényekre gyakorolt hatás tekintetében is módosulással lehet számolni. Felmerül az a kérdés, hogy e változatok közül melyik az, amely a hatás szempontjából a legjelentősebb.

A kérdéssel már számos kutató foglalkozott, s voltak olyan kutatók is, akik úgy találták, hogy mezőgazdasági szempontból a változékonyságnak talán nagyobb szerepe van, mint akár magának a változásnak (Abel-

son, 1992; Kane et al., 1992; Katz – Brown, 1992; Wittwer, 1995).

*Analógiás következtetésre alapozott változások.* A rendelkezésre álló 100–200 éves éghajlati adatsorokból a múltban bekövetkezett, s a jelenlegi viszonyoktól valamilyen mértékben vagy arányban eltérő viszonyokat választunk ki. S azt várjuk, hogy ha a jövőben ilyen viszonyok következnenek be, akkor az általuk kiváltott hatás is hasonló lenne ahhoz, amit a múltban tapasztaltunk. Hazánkban pl. az évi középhőmérséklet 1–2 fokos emelkedése esetén az 1943 és 1953 közötti meleg időszak jelenthet analógiát. Ennek tanulmányozása adhat alapot a hatások megítélésére.

*Éghajlati modellekre alapozott változások.* Az éghajlati modellek az alapvető mozgásegyenletekre épülve, valamint a légkör és a különböző környezeti rendszerek közötti összefüggéseket figyelembe véve írják le az éghajlat egyik állapotból a másikba történő átmenetét. Ezt kétféle formában teszik.

Az egyik esetben a jelen állapotból egy jövőbeli állapotba való átmenetet folyamatosan számítják (tranzien modellek).

A másik esetben egy éghajlatot befolyásoló tényező valamilyen jövőbeli állapotát feltételezik (pl. a szén-dioxid tartalom megduplázódása) és meghatározzák a hozzátartozó viszonyokat (egyensúlyi modellek).

Az ugrásszerű változások figyelembe vétele nem lehetséges. Ha ilyen változások egyáltalán előfordulnak, elsősorban a természeti katasztrófák (pl. egy esetleges meteor becsapódás, vulkánkitörés) következményeként várhatók.

## Az éghajlati hatás

Az éghajlat hatása egyrészt különböző formákban nyilvánul meg, másrészt pedig a hatások jellege is eltérő lehet.

*Az éghajlati hatás formái* növénytermesztési szempontból lényegében a következőképpen nyilvánulnak meg (Varga-Haszonits, 2004).



Az éghajlat környezeti feltételrendszer. A növénytermelés a szabad ég alatt, adott éghajlati viszonyok mellett végezhető. Ezért az éghajlat megszabja azokat a feltételeket, amelyek között a termelés végbemegy. Beleértve természetesen azt is, hogy az adott helyen milyen növények termesztethők és az év mely időszakában termesztethők (Varga-Haszonits et al., 2002). Az éghajlat azonban nem állandó, hanem időben és térben folytonosan változik. Ezért az éghajlati változékonyság ismerete nagyon fontos tényező az éghajlat növénytermesztésre gyakorolt hatásának a megítélésében.

Az éghajlat hatótényező rendszer. A meteorológiai viszonyok az adott termőhelyen évről-évre változnak. Az adott éghajlaton belül ezek a változó viszonyok gyorsíthatják vagy lassíthatják a növények növekedését és fejlődését, s növelhetik vagy csökkenthetik a hozamokat.

Az éghajlat kockázati tényező. Az éghajlati extrém jelenségek néha jelentős károkat okozhatnak a mezőgazdaságnak. Egyes esetekben pedig a teljes termést elpusztíthatják. Ezért ezek a tényezők a mezőgazdasági termelés kockázatát is jelentik.

Az éghajlati hatás jellege a meteorológiai tényező és valamely növényi tulajdonság közötti összefüggés segítségével határozható meg. Ezzel kapcsolatban a hatások két fontos jellemzőjére kell felhívni a figyelmet. Az egyik, hogy a hatások lehetnek lineáris és nem-lineáris jellegűek. A hatások másik fontos jellemzője, hogy komplex jellegűek.

A meteorológiai tényezők és a növényi életjelenségek közötti összefüggés. A hatásvizsgálatok első lépése, hogy a meteorológiai tényezők és a növényi életjelenségek közötti kapcsolatot felismerjük, s lehetőleg matematikai formában határozzuk meg.

Az összefüggések lineáris és nem-lineáris jellege. A hatások jelentős része nem-lineáris jellegű, ami azt jelenti, hogy a hatótényező egységnyi megváltozása a következményeknél egységnyinél nagyobb vagy az egységnyinél kisebb változásokat idéz elő, ráadásul

a változások különböző értéktartományokban is különbözők lehetnek.

Az összefüggések komplex jellege. Fontos megemlíteni azt is, hogy az egyes éghajlati elemek kölcsönösen összefüggenek egymással. Ezért egy tényező megváltozása maga után vonja más tényezők megváltozását is.

## AZ ÉGHAJLATI VÁLTOZÉKONYSÁG HATÁSA A NEDVESSÉGI VISZONYOKRA

Adott élőhelyen a gazdasági növények által alkotott kiterjedt növényállományokat agroökoszisztémáknak tekinthetjük. Az agroökoszisztémák nem különböznek jelentősen a természetes ökoszisztémáktól, mert magukba foglalják a természetes ökoszisztémák minden alapelemét és összefüggését (Petr et al., 1985). A különbséget csupán a termelő ember és a társadalom fenntartó és szabályozó szerepe jelenti (3. ábra).

Az agroökoszisztéma elem- és összefüggés-rendszerében a meteorológiai elemek egyrészt, mint az élőhelyhez kötött alapvető tényezők, a növénytermelés éghajlati feltételrendszerét és erőforrását képezik, másrészt – mint időben állandóan változó elemek – a növények élettevékenységére ható tényezők és kockázati tényezők rendszerét alkotják (Varga-Haszonits et al., 2000). A következőkben az éghajlatot mint feltételrendszert és erőforrást fogjuk elemezni az egyik legváltozékonnyabb éghajlati tényező: a nedvesség alapján.

A nedvességi viszonyokat sokféleképpen jellemezhetjük. Használhatjuk erre a célra a vízháztartás bármely összetevőjét, de gyakran alkalmazzák a csapadék és a párolgás egymáshoz viszonyított arányát is. Ha ezt a hányadost úgy határozzuk meg, hogy a lehullott csapadékmennyiséget a potenciális párolgás mennyiségéhez hasonlítjuk, akkor csapadék/potenciális párolgás indexről, vagy egyszerűen csak nedvességi indexről szoktunk beszélni. Ezt az indexet havi adatokra célszerű meghatározni (Varga-Haszonits –

Varga, 2004). A csapadék (P) és a potenciális párolgás ( $E_0$ ) hányadosa, mint nedvességi index (NI) a következő formában írható:

$$NI = \frac{P}{E_0} \quad (1)$$

Az index értéke 1 lesz, ha ugyanannyi csapadék hullott, mint amennyi víz a potenciális párolgás révén eltávozhat a talajból. Az 1-nél magasabb értékek esetén több csapadék hullott, mint amennyit a levegő képes elpárologtatni, ezért az időszakra a víztöbblet a jellemző (nedves időszak). Az 1-nél kisebb értékek esetén pedig kevesebb csapadék hullott le, mint amennyit a levegő képes elpárologtatni, emiatt az időszakot vízvesztesség jellemzi (száraz időszak). Ilyen módon a száraz és nedves időszakok mennyiségileg is jól elkülöníthetők egymástól. Ez a formula, amely relatív vízmérlegnek is tekinthető, mivel a fő vízbeviteli forrást jelentő csapadékot és a fő vízkiadást jelentő párolgást viszonyítja egymáshoz, elsősorban a havi és évi átlagértékek esetében ad megfelelő információt, főleg hosszú sorok esetében.

#### Száraz időszak és nedves időszakok a 20. században

A növénytermesztés szempontjából fontos ismernünk azokat az időszakokat is, amikor az év folyamán kevesebb csapadék hullik, mint amennyit a levegő képes elpárologtatni. Ezek az időszakok évről-évre változnak, hol korábban, későbbben kezdődnek vagy fejeződnek be. Így az egyes növények vegetációs periódusának is hol kisebb, hol nagyobb részét teszik ki.

A havi csapadékmennyiségek és potenciális párolgás mennyiségek ismerete lehetővé teszi, hogy megvizsgáljuk, az év folyamán mikor kezdődnek, meddig tartanak és mikor fejeződnek be a száraz és a nedves hónapok.

A 20. századra vonatkozóan a nedvességi

index havi és évi ingadozásait az 1. táblázatban mutatjuk be.

A táblázatból látható, hogy hazánkban a 20. században a vizsgált állomások mindegyikén nedves jellegűnek volt tekinthető 4 hónap: november, december, január és február. A nedves időszakból a száraz időszakra való átmenet hónapja a március, amely a legtöbb helyen még nedves jellegűnek tekinthető. Szeged azonban, amely az ország legmelegebb és legszárazabb középső, déli területén fekszik, már inkább száraz márciussal rendelkezik. Budapest esetében a száraz március – véleményünk szerint – a városi „hősziget” eredménye. Áprilistól októberig a hónapok száraz jellegűek. Októberben azonban az ország délnyugati területein már megkezdődik az átmenet a nedves időszakra. Tehát az 5 fok feletti időszak, ami a vegetációs periódusnak felel meg, és a száraz időszak az egynyári növények esetében nagyvonalakban egybeesik.

#### A száraz és nedves időszakokat befolyásoló fő tényezők a 20. században

Az időszak száraz vagy nedves jellegét meghatározó potenciális párolgás évi összegeinek és a csapadék évi összegeinek 20. századbeli változását a 3. ábra és a 4. ábra mutatja.

A potenciális párolgás évi összegeinek ingadozása hasonlóképpen alakul, mint a hőmérsékleti ingadozás (Varga-Haszonits, 2003). Különösen jól érzékelhető ez az 1940 és 1980 közötti csökkenési és az 1980 utáni emelkedési tendencia esetében (3. ábra halvány szaggatott vonal). Ugyanakkor az egész századot együttesen szemlélve enyhe lineáris csökkenési tendencia is megfigyelhető (3. ábra vastag folyamatos vonal). Ez a csökkenés 10 évenként mindössze 3 mm-t jelent.

A csapadék évi ingadozásai, bár mutatnak a századon belül észlelhető szakaszokat, mégis inkább csak az 1980 utáni emelkedő tendencia a szembetűnő (4. ábra halvány

szaggatott vonal). A század egészére vonatkozóan valamivel nagyobb csökkenési tendencia mutatkozik (4. ábra vastag folyamatos vonal), mint a potenciális párolgás esetében. Ebben az esetben a csökkenés 10 évenként mintegy 4 mm.

Érdekesség a potenciális párolgás és a csapadékösszegek évi változásaiban, hogy az egész századot tekintve csökkenő tendenciát mutatnak ugyan, a század utolsó két évtizedében azonban mindkét elem tendenciája emelkedővé vált. A párhuzamos változás azt mutatja, hogy mivel a csapadék csökkenésével a párolgás is csökken, a száraz jelleg csak kisebb mértékben növekszik, a növekvő csapadék melletti növekvő párolgás pedig erősíti a nedves jelleget.

Egy adott termőterület éghajlati feltételrendszerének alakulásában figyelembe kell venni – mint arra már korábban rámutattunk (Varga-Haszonits et al., 2000) –, hogy az egyes éghajlati tényezők egymással összefüggő volta határozza meg azokat az éghajlati, jelen esetben nedvességi viszonyokat, amelyek között a növénytermelés folyik. A csapadéknak és a potenciális párolgásnak a hányadosa a csapadék/potenciális párolgás index, vagy nedvességi index a legfontosabb vízbevételi és a legfontosabb vízkiadási forrás hányadosaként a relatív vízmérleget mutatja, ami szoros kapcsolatban van a terméssel.

### A NEDVESSÉGI VISZONYOK ALAKULÁSA ÉS A TERMÉS

A növénytermesztés szempontjából – mint már említettük – a nedvességnek egyrészt abban van a fontossága, hogy az éghajlati tényezők között az egyik legváltozékonnyabb, ezért a növénytermesztés egyik legfontosabb hatótényezője, másrészt abban, hogy ha nagyon kevés van belőle vagy ha nagyon sok, akkor károsító hatású, esetleg a növények teljes pusztulását is okozhatja. A nedvesség tehát a növényekre gyakorolt folyamatos befolyása miatt kiemelten fontos

része az adott termőhely éghajlatára ható tényezőrendszerének, károsító hatása miatt pedig egyik legjelentősebb kockázati tényezője is lehet.

Figyelembe véve a kukorica tenyészidőszakát, az április és szeptember közötti hónapok nedvességi indexeit vehetjük alapul a nedvességi index és a terméshozam közötti kapcsolat vizsgálatához. Az ilyen jellegű vizsgálatokban a terméshozamoknak a meteorológiai hatások által kialakított részét szoktuk számításba venni, amit a trendarány értékével lehet jellemezni. Országos átlagok alapján az 5. ábrán látható összefüggést kapjuk.

A kukorica tenyészidőszaka szinte kizárólag az évnek azt a részét fogja át, amelynek során kevesebb csapadék hull, mint amennyi vizet a levegő képes lenne elpárologtatni, azaz éppen ekkor van az év száraz szakasza. Ebben az időben szokott fellépni erőteljes vízhiány is. Emiatt a vegetációs periódus nedvességi indexe alapján nemcsak a nedvességi viszonyokban évről-évre bekövetkező változékonyságot, hanem a vízhiány termesre gyakorolt hatását is elemezni tudjuk.

Látható az ábrán, hogy az összefüggés nem lineáris, vagyis a különböző nedvességi index intervallumokban az okozott hatás is különböző lesz. Hozzávetőlegesen a 0,45 és a 0,73 indexértékek közötti változások esetén a termésingadozás 10%-on belül marad, s a trendarány pedig 1,0 feletti lesz, ami azt jelenti, hogy a nedvességi hatás termésmennyiségét eredményez. Ha viszont a nedvességi index értéke tovább emelkedik, akkor a magasabb nedvességellátottság hatására a termés már csökkenni fog. Ugyanakkor, ha a nedvességellátottság kedvezőtlenebbé válik, vagyis a nedvességi index 0,45 alá csökken, akkor a kukorica hozama meredeken csökkenni kezd. Ez a csökkenés 0,38 indexértéknél már 10%-os, 0,33 indexértéknél 20%-os, 0,30 indexérték alatt pedig már 30%-os lesz.

Azt mondhatjuk tehát, hogy ha az április-szeptemberi időszakban lehullott csapadék a potenciális párolgás általi vízvesztésnek

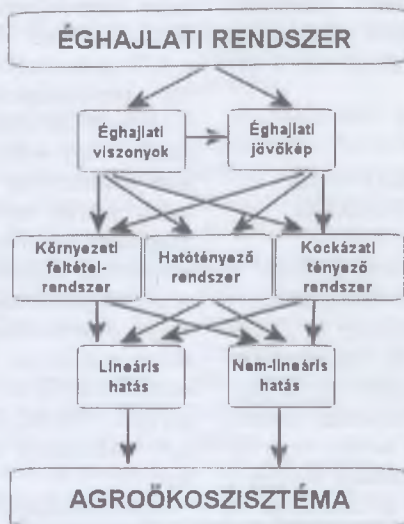
kevesebb mint 45%-át képes csak pótolni, akkor a kukorica terméshozama csökkenni fog. Amikor pedig már csak kevesebb mint 30%-át képes pótolni, a termésveszteség is a trendérték által képviselt terméshozam 30%-a lesz. A nedvességi index tehát mint hatótényező jelentős befolyást gyakorol a kukorica

terméshozamára, mivel ez az index azt mutatja meg, hogy a növényen és talajon keresztül elpárolgott víznek a lehullott csapadék mekkora hányadát képes pótolni. S ahogy az index értéke közeledik a nullához, úgy alakul a hatótényező a növekvő vízhiány miatt egyre inkább kockázati tényezővé.

#### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

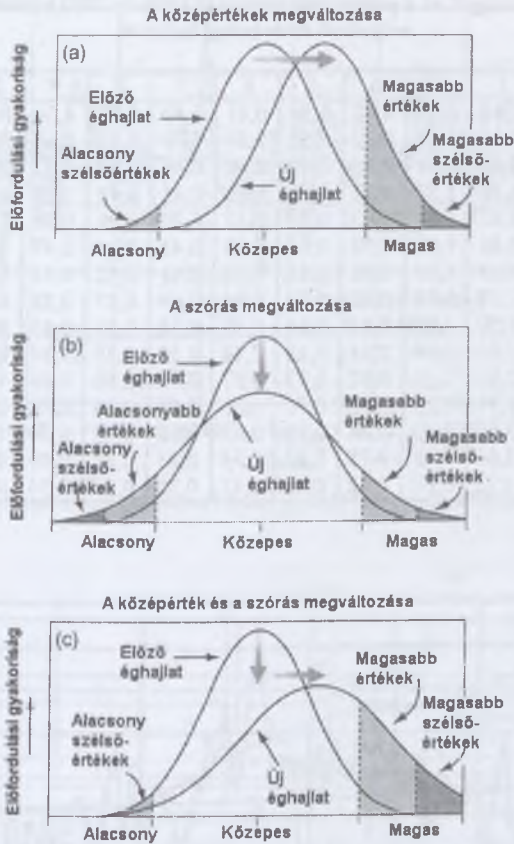
(1) ABELSON, P. H. (1992): Agriculture and Climate Change. Science, 257: 9. p. (2) IPCC (2001): Climate Change. The scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge (3) KANE, S. – REILLY, J. – TOBEY, J. (1992): An Imperial Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture. Climate Change, 21: 17–35. pp. (4) KATZ, R. W. – BROWN, B. G. (1992): Extreme Events in a Changing Climate: Variability More Important than Averages, Climate Change, 21: 289–302. pp. (5) PETR, J. – CERNY, V. – HRUSKA, L. (1985): A főbb szántóföldi növények termésképződése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 406. p. (6) VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scenáriók. „AGRO-21” Füzetek, 31. szám, 9–28. pp. (7) VARGA-HASZONITS Z. (2004): A légköri erőforrások mezőgazdasági jelentősége. „AGRO-21” Füzetek, 35. szám, 59–69. pp. (8) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. (2004): Az éghajlati változékonyság és a természetes periódusok. „AGRO-21” Füzetek, 37. szám, 23–32. pp. (9) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS Zs. (2002): Az agroökoszisztémák és a meteorológiai küszöbértékek által meghatározott időszakok. Acta Agronomica Óváriensis, Vol. 44. No. 2., 103–119. pp. (10) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS Zs. – VAMOS O. – SCHMIDT R. (2000): Magyarország éghajlati erőforrásainak agroklimatológiai elemzése. Mosonmagyaróvár, 225. p. (11) WITTWER, S. H. (1995): Food, Climate and Carbon Dioxide. The Global Environment and World Food production. Lewis Publishers, New York. 236. p.

1. ábra



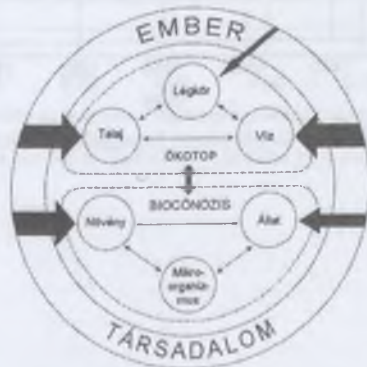
Az éghajlati változékonyság hatása az agroökoszisztémára

2. ábra



Az éghajlati viszonyok változásának lehetséges módjai (IPCC, 2001)

3. ábra



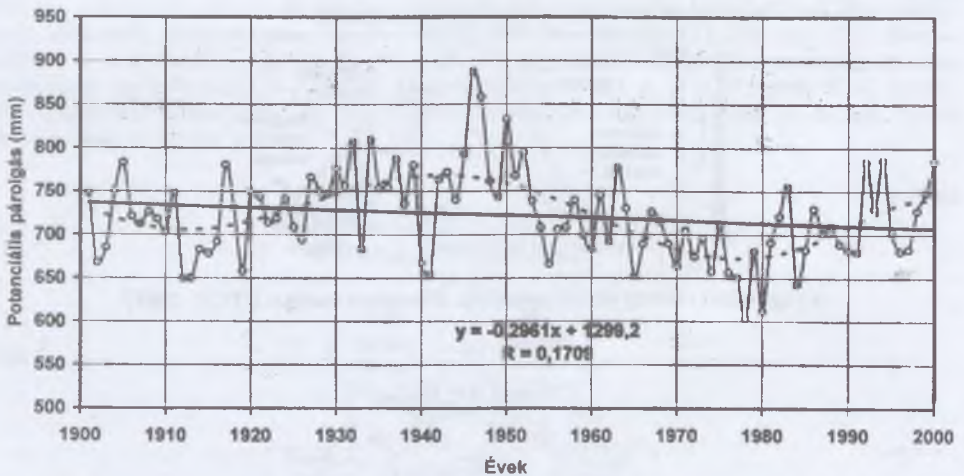
Az éghajlat és az agroökoszisztéma

1. táblázat

A csapadéköszegek és a potenciális párolgás 1901 és 2000 közötti átlagaiból számított nedvességi indexek

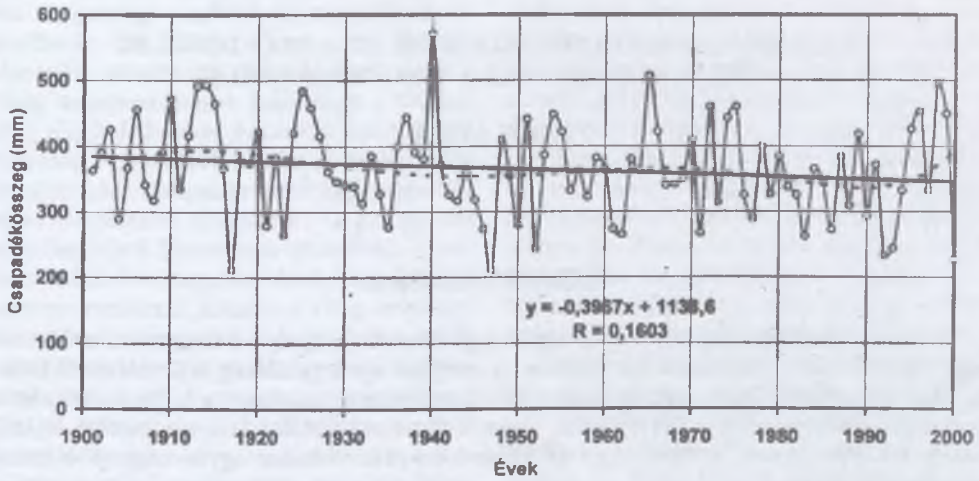
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Év
Budapest	5,85	2,68	0,99	0,62	0,51	0,41	0,30	0,27	0,34	0,63	1,83	4,00	0,57
Debrecen	7,60	3,66	1,14	0,72	0,56	0,53	0,38	0,39	0,40	0,72	1,85	4,69	0,66
Iregszemcse	5,99	3,20	1,21	0,80	0,64	0,55	0,43	0,47	0,52	0,86	2,13	4,40	0,76
Kaposvár	5,87	3,17	1,37	0,94	0,73	0,66	0,48	0,48	0,59	1,02	2,28	4,30	0,86
Kecskemét	5,62	2,81	1,01	0,67	0,50	0,42	0,30	0,29	0,38	0,64	1,81	4,14	0,57
Miskolc	7,65	3,55	1,09	0,70	0,61	0,63	0,43	0,44	0,47	0,74	1,99	5,00	0,71
Nyíregyháza	7,69	3,69	1,07	0,68	0,53	0,52	0,41	0,42	0,43	0,75	1,83	4,81	0,66
Pápa	5,45	2,77	1,26	0,82	0,63	0,54	0,49	0,47	0,58	0,86	2,00	3,94	0,77
Pécs	4,82	2,50	1,05	0,81	0,56	0,49	0,36	0,35	0,43	0,74	1,79	3,50	0,65
Szeged	5,24	2,64	0,96	0,64	0,48	0,44	0,30	0,29	0,34	0,58	1,46	3,50	0,55
Szombathely	5,86	2,84	1,43	0,87	0,77	0,67	0,63	0,60	0,66	1,00	2,24	4,54	0,88
Zalaegerszeg	13,63	1,71	1,23	0,73	0,76	0,66	0,68	0,54	0,76	0,92	1,44	2,89	0,86
Maximum	13,63	3,69	1,43	0,94	0,77	0,67	0,68	0,60	0,76	1,02	2,28	5,00	0,88
Átlag	6,77	2,94	1,15	0,75	0,61	0,54	0,43	0,42	0,49	0,79	1,89	4,14	0,71
Minimum	4,82	1,71	0,96	0,62	0,48	0,41	0,30	0,27	0,34	0,58	1,44	2,89	0,55

4. ábra



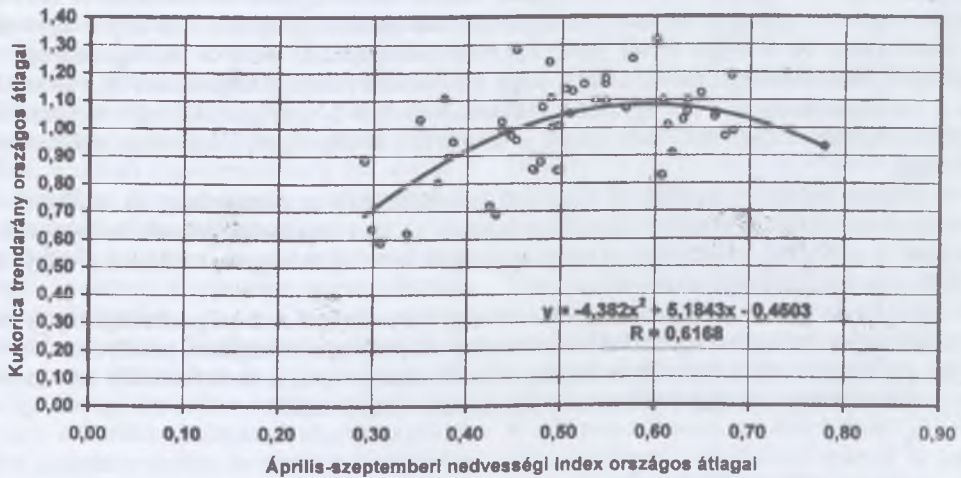
A potenciális párolgás április-szeptemberi összegeinek változása a 20. században

5. ábra



A csapadék április-szeptemberi összegeinek változása a 20. században

6. ábra



Összefüggés a vegetációs periódus nedvességi indexe és a kukorica trendarány között

# A MEZŐGAZDASÁGI FÖLDHASZNÁLAT, A SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMELÉS ÉS A VÍZGAZDÁLKODÁS

NAGY JÁNOS

## ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható mezőgazdálkodás egyik legfontosabb alapelve a természeti erőforrások hosszú távú védelmének biztosítása. A magyar agrárgazdaság fejlesztésénél komparatív előnyként, illetve lehetőségként kell figyelembe venni, hogy a teljes vertikum: a termelés, a feldolgozás, az értékesítés során a piaci szereplők környezetkímélő eljárásokat alkalmazzanak, érvényesítve az agrár-környezetvédelem egyre szigorúbb nemzetközi előírásait.

A jelen mezőgazdasága sokkal többet jelent, mint egyszerű árutermelést. Egyik legfontosabb alapeleme a tájhoz, a környezethez illeszkedő funkció-, tevékenység-, ágazati rendszer és belterjességi fok harmonizációja, vagyis olyan földhasználati rendszer kialakítása, amely magából a környezetből, annak adottságaiból és korlátaiból fakad, ahhoz a lehető legjobban illeszkedik. Egyetlen más gazdasági ágazat sem képes ugyanis a természetet és a tájat olyan mélyrehatóan befolyásolni, mint a mezőgazdaság, a kultúrtáj fő használója. Ebből fakad, hogy a természetvédelem alapvetően rá van utalva a mezőgazdasággal való együttműködésre, másrészt a mezőgazdálkodás teljesítménye, eredménye nagyrészt a környezet, a természeti erőforrások állapotától, minőségétől függ.

A sikeres termelés legfőbb és alapvető követelménye az okszerűség, és azoknak a kölcsönhatásoknak, valamint összefüggéseknek és törvényszerűségeknek az ismerete, melyek az éghajlat, az időjárás, a talajadottságok és tulajdonságok, valamint a talaj- és növényélet között érvényesülnek.

Az okszerű gazdálkodás érdekében szükséges áttekinteni a mezőgazdasági tájak talajadottságait, tulajdonságait, valamint azokat a törvényszerűségeket, amelyek a növények fejlődésére, az eredményes termesztési tevékenységre, a természetendő növények megválasztására, a talajművelésre és trágyázásra vonatkoznak.

## BEVEZETÉS

Amikor Magyarország mezőgazdaságának helyzetéről, a termelés színvonaláról beszélünk, nem tekinthetünk el attól, hogy mekkora az a területi arány, amelyet a világ mezőgazdasági célokra hasznosít, és azok milyen sajátosságokkal rendelkeznek. A földterület használatának alakulása világvizsgonylatban az alábbiak szerint tagolható:

termőterület 11%, legelő 26%, erdő 32%, egyéb 31%. A különböző kontinensek földhasználati arányszámaikat elemezve megállapítható, hogy a legkedvezőbb helyzet Európában alakult ki, mivel a termőterület e kontinensen eléri a 29%-ot, míg a többi kontinensen csupán 6–12% közötti. E rendkívül kedvező arányszám arra utal, hogy Európa termőterülete a világ termőterületének közel 50%-át adja. Ennek közvetlen



következménye az, hogy Európa – legalábbis napjainkig – a Föld éléskamrájának tekinthető, bár utána Észak- és Közép-Amerika következik 24%-os aránnyal. A világ termőterületének használata 1700-ban még alig haladta meg a 2 millió km<sup>2</sup>-t, 1980-ban már 14,3 millió km<sup>2</sup> volt. A mintegy 300 év alatt tehát a termőterületek nagysága több mint hétszeresére növekedett, s a gyarapodás mértéke közel lineárisnak tekinthető. E néhány adatból is megállapítható, hogy Európa szerepe rendkívül jelentős a világ mezőgazdaságában, de egyúttal az is kitűnik – egyéb adatok szerint –, hogy az európai területen rendkívül nagy a magyar mezőgazdasági terület aránya. A XX. században azonban jelentős átrendeződés folyt, a Földön a mezőgazdaságilag hasznosított területek folyamatosan növekedtek, de ez alig mondható Európáról. Hosszú távon előretekintve megállapítható, hogy a különböző kontinensek, de különösen Észak-Amerika jelentős versenytársává lehet az európai mezőgazdaságnak, figyelembe véve a két nagy észak-amerikai állam gazdasági potenciáját. Bár Magyarország mezőgazdasága ebben a nagy nemzetközi piacban nem jut döntő szerephez, azonban figyelemre méltóan hat abban a tekintetben, hogy az ország mezőgazdaságának fenntartására és biztosítására igen nagy gondot kell fordítani, és ebben benne foglaltnak az oktatás és a kutatás magas színvonalú megvalósítása.

Magyarország földhasználat jelenének lényege az alábbiakban foglalható össze. Mezőgazdasági termelésre az ország területének nagy százaléka alkalmas. A régebbi statisztikai nyilvántartásokra és adatokra támaszkodva megállapítható, hogy 1931–1950. évek átlagában az ország területének 60,1%-a szántóterület volt, a gyep aránya ekkor 17,3%, az erdő pedig 12,0% (1. ábra). A fennmaradó 10,6% pedig egyéb célokat szolgál (kert és gyümölcsös, szőlő, valamint művelés alól kivett terület stb.). A területi arányokat a sokrétű kutatások szerint elfogadható módon a termelési szokások határozták meg, noha ez egy tág fogalom, mégis elfogadható, mert

valóban a mindenkori igényeket kielégítő szokások és hagyományok szerint választották meg a használat módját. A háborút követő évtizedekben ez az arány jelentősen módosult a mezőgazdaság átszervezése nyomán. A szántóterület 50,6%-ra, a gyep 13,0%-ra csökkent. Viszont jelentősen megnövekedett az erdő területi aránya: 18,0%, és mintegy kétszeresére nőtt a művelés alól kivett terület aránya (2. ábra). Az utóbbi területhasználat növekedése az infrastruktúra fejlesztésével, valamint a települések által elfoglalt terület növekedésével magyarázható (Németh, 2004).

Napjainkra az arányok tovább módosultak, elsősorban a szántóterület csökkenését kell megemlíteni, 2003-ban már mindössze 48,5%-ra zsugorodott a szántóterületek aránya (3. ábra). Hasonlóképpen lecsökkent a gyepterületek nagysága is (11,4%), viszont tovább növekedett az erdőterületek által elfoglalt terület. A legnagyobb mértékű változás a művelés alól kivett területek arányában ismerhető fel, ugyanis ennek arányszáma 16,9%-ra emelkedett, amely továbbra is az infrastrukturális fejlődés kiszélesedésével magyarázható.

A jövőkép körvonalazása során továbbra is figyelemmel kell kísérni ezeknek az arányoknak a módosulását, várhatóan a szántóterület további csökkenésével lehet számolni. E jelenség természetesen bizonyos határig elenyészlyozható a természeti szintek növelésével, a minőség javításával. Nem lehet eltekinteni a vetésszerkezet várható átalakulásától sem, amely részben magával az életminőség átalakulásával jár együtt. A korszerű táplálkozás általánossá válásával módosulhatnak a különböző növények vetésterületi arányai és ezen keresztül változás állhat be a különböző célú földhasználat arányszámaiban is.

## KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A MEZŐGAZDASÁG

A mezőgazdasági termelés az az ágazat, amely legerősebben kitett a különböző tényezők hatásainak. A talajnak, mint termé-

szeti tényezőnek a szerepe általánosan ismert, s abban jelentős változás nem állapítható meg, sőt, a korszerűen alkalmazott tápanyag-gazdálkodás megoldásával talajaink állapota – hosszú időtartam alapján ítélkezve – javul. Mindez nem mondható el a másik nagy környezeti tényezőről, az éghajlatról. Az éghajlat nagyfokú *változékonysága* a termelés egyik leghatékonyabb kockázati tényezője, amellyel folyamatosan számolni kell a korszerű mezőgazdaság keretén belül is. Évtizedeken, esetleg évszázadokon át az éghajlat állandóságát tételezték fel, amely természetesen ellent mond minden természeti törvénynek, hiszen miként a Föld mint égitest, úgy maga a légkör is folyamatos átalakuláson megy keresztül, csupán a változás üteme rendkívül csekély. Ez a magyarázata annak, hogy korábban a klímát állandó tényezőnek tekintették. Napjainkra ez a nézet módosult, egyre gyakrabban esik szó az *éghajlat megváltozásáról*. Bár ennek oka ma még egyelőre tisztázatlan, azonban különböző statisztikai eljárások segítségével a módosulás egyes jelenségekre vonatkozóan szignifikánsan bizonyítható. A változás okát jelenleg az *üvegházhatású gázok felhalmozódásával* szokás magyarázni, aminek ugyan van fizikai alapja, azonban kizárólagosan ez nem tekinthető olyan effektusnak, amely az éghajlat olyan mértékű változását okozná, amelyet a közeljövőre valószínűsítenek. Az üvegházhatású gázok mennyisége igen nagy mértékben növekedett, s ezek közül kell kiemelni a szén-dioxidot. A múlt század második felében (1870) a CO<sub>2</sub>-térfogatarány 280 ppm volt. Az iparosodás következtében ez az érték hamar növekedett, 1900-ra már elérte a 300 ppm-et, a múlt század közepén a földi átlag 330 ppm fölötti volt, míg a múlt század végére, vagyis a jelenlegi időszakra már 360–370 ppm az átlagérték. E nagyfokú emelkedés – egyes magyarázatok szerint – a légkör üvegházhatásának növekedését eredményezte, melynek nyomán megindult a globális felmelegedés folyamata, amelyet 1901–2000. év közötti időszakra +0,6 – +0,8 °C-ban állapítottak

meg, amely a kultúrnövények termesztési határát a sarkok felé toltta el. Bár az emelkedés nem folytonos, azonban e hosszú időre vonatkoztatott tendencia kétségtelenül bizonyítható.

Magyarországon a nemzetközileg elfogadott felmelegedés mértéke bizonyítható, amely önmagában alapvetően még nem veszélyezteti a növénytermesztést, sokkal problematikusabb a mezőgazdaság számára az, hogy az emelkedéssel egyidejűleg fokozódnak a hőmérsékleti szélsőségek mind a pozitív, mind pedig a negatív irányba. A felmelegedéssel magyarázható a telek és az átmeneti évszakok lerövidülése. A hőmérsékletemelkedés mellett sokkal kedvezőtlenebb hatásként ismerhető fel a *csapadék nagyfokú csökkenése*. Bár hazánk mindig is a mérsékelt égöv kontinentális klíma határán helyezkedett el, ahol a nyári aszályos helyzetek gyakorisága jelentős méreteket öltött. A csapadék Magyarországon főként az ország középső és déli területein évi átlagban mintegy 50 mm-t csökkent 100 év alatt, amely a növényi vízigényekhez mérten rendkívül nagy. Emellett egyre inkább hosszabbodtak a csapadéknélküli időszakok, és váltak gyakoribbá az aszályos évszakok (Szász, 1988). Az aszály, mint a legsúlyosabb vízhiány, gazdasági katasztrófát jelent a növénytermesztésben. A csapadék időbeni és területi változékonysága az ország területén különböző, így a szárazság, illetve az aszályhajlam is változó (4. ábra). A feltételezett éghajlatváltozásnak ez a megnyilvánulása rendkívül hátrányosan hat főként a vízigényesebb kultúrák termesztésére. A kultúrnövények vízellátását elsősorban az atmoszferikus csapadék biztosítja, a csapadék a termést meghatározó egyik legfontosabb tényező. A hazánk területére lehulló csapadék a növények vízigényének közepes mértékű kielégítését biztosítja (Németh, 1996).

Felmerül a kérdés, miként védekezhetünk ez ellen a kedvezőtlen klímamódosulással szemben.

Az aktív védekezési eljárások közül ki kell emelni az öntözés kérdését. A Föld

népességének rohamos növekedése az élelmiszertermelés nagyarányú növelését követeli meg, amelynek alapvető feltétele az öntözéses gazdálkodás fokozott fejlesztése. A világ megművelt mezőgazdasági területének mintegy hatodrésztét öntözik és ezen terem meg az élelmiszerszükséglet egyharmada. Az öntözés iránti igény a földrajzi elhelyezkedés szerint a Föld egyes területein nagy eltéréseket mutat. A feltétlen öntözés zónájában eredményes növénytermesztés a legtöbb növényfaj esetében kizárólag öntözéssel lehetséges. Itt az öntözés a növénytermesztés lehetőségét teremti meg. A feltételes öntözés zónájában a legtöbb termelt növényfaj esetén öntözés nélkül is lehet eredményes termelést folytatni. Az öntözés ezeken a területeken csökkenti a hozamok ingadozását, növeli a mennyiségét, értékét és legtöbb esetben javítja a termék minőségét.

Magyarországon a szemiárid éghajlati viszonyok között a növény és a talaj vízháztartási folyamatában ugyanis a fogyás (párolgás) folyamatos, a pótlódás (csapadék) viszont az időjárás szeszélye szerinti adagokban és időeloszlásban érkezik. Ennél fogva a talaj nedvességekészlete és a talajvíz szintje állandóan változik, és gyakran túllépi a növénytermesztés számára kedvező határértéket, amikor szabályozásra (öntözés) van, vagy lenne szükség. Bebizonyosodott, hogy mind a belvizes állapot, mind az aszály gyakorisága nőtt, az intenzív növények vízérzékenysége is nagyobb lett, ami gyakran termékpiacon zavarokat okozott. A hozam ingadozása nem annyira a biológiai alapok hiányán, mint inkább a szakmai ismereteken múlik. Rendkívül megnőtt, a növénytermesztési technológiák eszközigényessége mellett, az ismeretek magas színvonalú kielégítése. Az érdekeltek körének sokszínűbbé válása miatt a szakmai szemléletformálás, a hiteles, szakszerű és friss szakismert iránti igény nőtt. Az információk értékét csak fokozták az olyan időszakú körülmények, mint a fenntarthatóság érvényesülése, az európai harmonizáció végrehajtása, valamint a környezetvédelem szigorodása.

Természetesen az intenzív öntözéses gazdálkodás sikerét nem csak az öntözés, de a vízgazdálkodás más elemei is döntően befolyásolják. A termelés mennyiségi mutatóit, a szinte rekordokat hajszó technológiákat felváltották a minőségi piaci megjelenést támogató, a kockázatsökkentő, majd a fenntartható technológiák. A minőségorientált termelési szemlélet a fajhoz, a fajtához, a fenofázishoz, de leginkább a termék piaci követelményeire igazítja az öntözést. Ebből a szempontból óriási eredménykülönbségek jöhetnek létre azonos területi- és talajadottságok között. A különbség létrejöttét a szaktudás és a technológiai elemek közötti különbségek tudatos és azonnali alkalmazása alapvetően meghatározza.

A mezőgazdasági termelés célja növényi hozam előállításának nélkül, hogy ez csökkenjen a talaj termékenységét, kedvezőtlen vagy csak nehezen és költségesen javítható változásokat idézne elő a talajban. A termékenység a talaj legfontosabb tulajdonsága, mely lehetővé teszi a víz, a levegő és a felvehető növényi tápanyagok együttes jelenlétét. A talaj több természeti erőforrás integrálásával életteret nyújt a mikroorganizmusok tevékenységének, termőhelyet ad a növényeknek. A termőföld a legfontosabb megújuló természeti erőforrás. Racionális hasznosítása, termékenységének megóvása, fokozása a gazdálkodó egyik alapvető feladata.

Az öntözés tervezése, kivitelezése során naprakész információkra, sőt előrejelzésre van szükség. Ez utóbbi csak modellezéssel oldható meg (Lelkes, 2002). Figyelembe kell venni a víz kémiai jellemzőit, ezek hatását a talaj tulajdonságaira, a növényzetre, valamint az öntözőtelep létesítményeire a várható üzemelési évek alatt. Az öntözés kedvező hatása a talaj vízgazdálkodását érinti, és annak közvetítő szerepén keresztül érvényesül a növényzetben.

A csapadékmennyiség, illetve a talajban tárolt nedvességekészlet a trágyaszükségletet és a trágyahatást is módosítja. A trágyahatás az optimális vízellátáshoz közeledve nő,

majd a káros víztöbblet beálltával csökken (Szász, 1972; Bocz, 1976; Ruzsányi, 1992). A talajtulajdonságok befolyásoló hatása elsősorban a talaj termékenységétől, a termőrétteg vastagságától, vízháztartásától függ (Sarkadi, 1975; Győrffy, 1976).

Kutatási eredményeink bizonyítják, hogy a kukoricahibridek kiváló termésstabilitása is csak megfelelő vízellátottsági érték mellett érvényesül. Rendkívül fontos a tápanyag ellátottság, a tápanyag- és vízellátottság összhangja, mert ezáltal tud érvényesülni a pozitív kölcsönhatás. A genotípusok öntözővíz reakcióját jól jellemzi az 1 mm öntözővízre jutó szemterméstöbblet (5. ábra). Az eredmények igazolják, hogy az öntözéssel kukoricatermesztésben a tápanyag ellátottság döntő tényező. Öntözéssel természetesen a nagyobb termés magasabb tápanyagszintet igényel (Nagy – Huzsvai, 2003).

Jelenleg Magyarországon az öntözés mind ökonómiai, mind műszaki szempontból megítélve rendkívül nehéz helyzetben van, ennek ellenére szükségesnek tűnik e komplex probléma technológiai és ökonómiai felülvizsgálata és a rendelkezésre álló vízkincs gazdaságos hasznosítása.

Az országunk földrajzi helyzetéből adódó szemiariid talajok művelésének általános célja a talaj nedvességtartalékával való takarékoskodás, a nedvességtakarékos módok és talajművelési rendszerek alkalmazása (Nyíri, 1997). Az aszálykárok mérséklésének legfontosabb eleme a természetes csapadék talajban történő tárolása, megőrzése, amely függ a talaj tulajdonságaitól, de nagymértékben befolyásolható az okszerű talajműveléssel. A talajművelési eljárások megválasztásánál tehát a növény igényeinek megfelelő talajállapot kialakítása mellett a választott talajművelési rendszer vízmegőrzésben betöltött szerepe is figyelemmel kell lennünk. A talaj megfelelő művelése a nedvességmegőrzés egyik legáltalánosabb módszere (Szász, 1997).

Az őszi alpműveléssel kialakított talajállapottal elősegítjük az őszi és a téli csapadék talajba szivárgását, a nedvesség talajban

tározódását. A talajművelés hatására növekszik a vízvezetést szolgáló pórusok száma és aránya, a víz gyorsabban szivárog be a talajba. A nagyobb vízvezető-képesség növeli a talajba jutó víz mennyiségét, csökkenti a felületi elfolyást, a talaj több vizet tárol, mélyebben ázik át (Stefanovits, 1992). A talaj mélyebb rétegeiben raktározott nedvességtartalom a növények nyári vízigényének fedezetévé válhat, s általa a nyári aszálykár mérsékelhető.

A tavasztól őszig terjedő időszakban a víz megőrzésére kell törekednünk. Mérések igazolják a forgatás nélküli talajművelés kedvezőbb nedvességmegőrző tulajdonságát, a hagyományos ekére alapozott művelési móddal szemben (6. ábra). A talajadottságokhoz megfelelően alkalmazkodó lazító és mulcs művelési rendszerek mérséklik a talajnedvesség veszteségét, jelentősen hozzájárulnak a talaj kedvező nedvességforgalmának fenntartásához (Farkas, 2004).

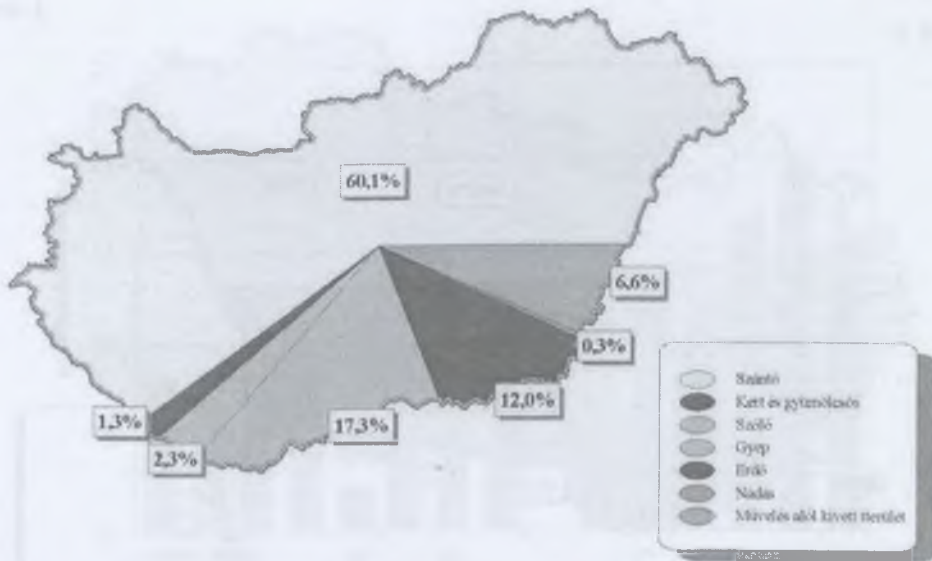
A 2004-es év vizsgálati eredményei igazolják a forgatásos alpművelés előnyét a sekély forgatás nélküli talajelőkészítéssel szemben. Átlagos és kedvezőtlen csapadék ellátottságú években az őszi szántás biztosította a legmegfelelőbb feltételt a kukorica növekedése és fejlődése számára, a betakarított szemtermés nagysága rendszerint meghaladta a tavaszi alpművelésben részesült parcellákét. Kedvező csapadékellátottság esetén, különösen abban az esetben, ha a vetés időszakában érkezett elegendő csapadék, a tavaszi forgatásos alpművelés terméseredményei elérhetik, illetve meghaladhatják az őszi szántás eredményeit (7. ábra).

2004-es év talajvizsgálati eredményei magyarázatot adnak a tavaszi alpművelésben elért magasabb terméseredményekre. A talajművelési kezelések talajának nitrogénellátottsága a terméseredmények között megállapított sorrendet követte. A 0–100 cm-es talajszelvény  $\text{NO}_3\text{-N}$  tartalma a vetés után a tavaszi szántott kezelésben volt legmagasabb (kontroll parcella 80,9 kg N/ha/100 cm; műtrágyázott parcella 214 kg N/ha/100 cm).

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BOCZ E. (1976): Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (2) FARKAS Cs. (2004): A művelés és a talajállapot hatása a talaj nedvességforgalmára. In: Birkás M. – Gyuricza Cs. (szerk.): Talajhasználat–Műveléshatás–Talajnedvesség. SZIE Földműveléstani Tanszék Kiadványa, Gödöllő, 61–81. pp. (3) GYÓRFFY B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártudományi Közl., 35: 239–266. pp. (4) KSH (2003): Mezőgazdasági statisztikai évkönyv, 2003. Budapest (5) LELKES J. (2002): Öntözésről felsőfokon. Agrárágazat, 3. 15. (6) NAGY J. – HUZSVA L. (2003): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözött termesztésben. Növénytermelés, 52. 5. 533–541. pp. (7) NÉMETH T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogén forgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest (8) NYÍRI L. (szerk.) (1997): Az aszálykárak mérséklése. Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest (9) RÁTONYI T. – MEGYES A. – NAGY J. (2002): Csökkentett menetszámú talajművelési technológiák értékelése. In: Jávor A. – Sárvári M. (szerk.): Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumában, Növénytermelés., DE-ATC, SZIE, Debrecen, 211–218. pp. (10) NÉMETH T. (2004): Precíziós gazdálkodás. Bábolnai Nemzetközi Gazdanapok, 2004. szeptember 7–8. (előadás) (11) RUZSÁNYI L. (1992): Főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei, Debrecen (12) SARKADI J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (13) STEFANOVITS P. (1992): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest (14) SZÁSZ G. (1972): A talajfelszín közelében képződő csapadékmennyiség meghatározása. Időjárás, 76: 208–222. pp. (15) SZÁSZ G. (1988): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (16) SZÁSZ G. – TÓKEI L. (szerk.) (1997): Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest

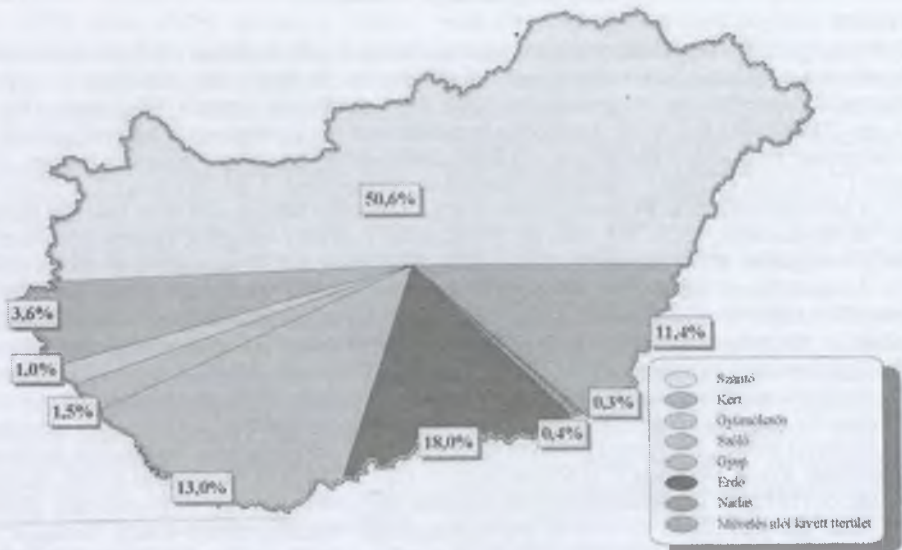
1. ábra



Magyarország földhasználata

Forrás: KSH, 1931–1950

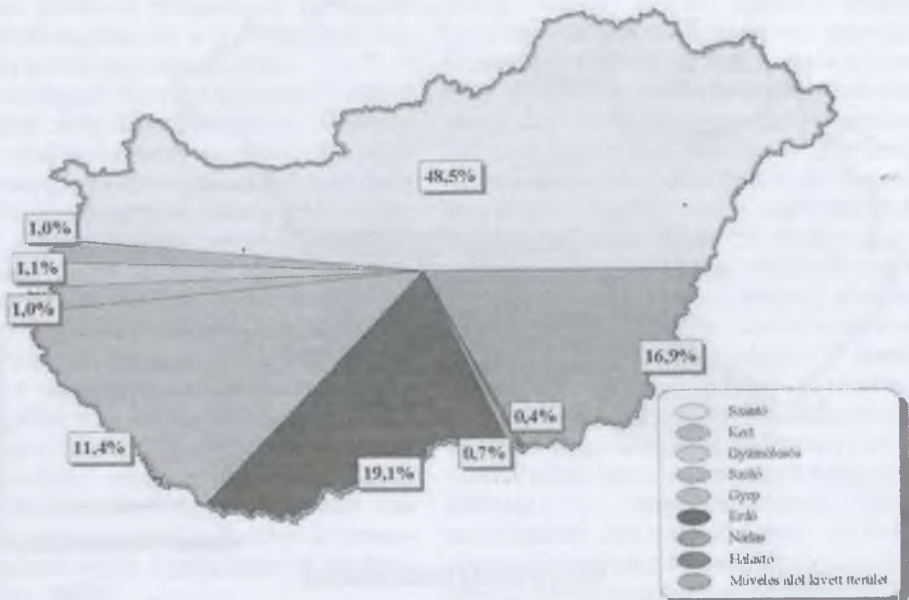
2. ábra



Magyarország földhasználata

Forrás: KSH, 1988

3. ábra



Magyarország földhasználata

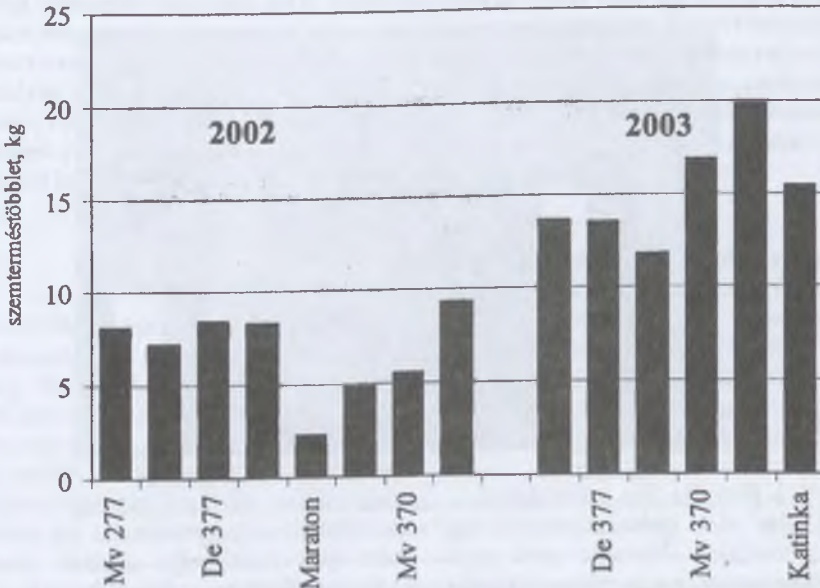
Forrás: KSH, 2003

4. ábra



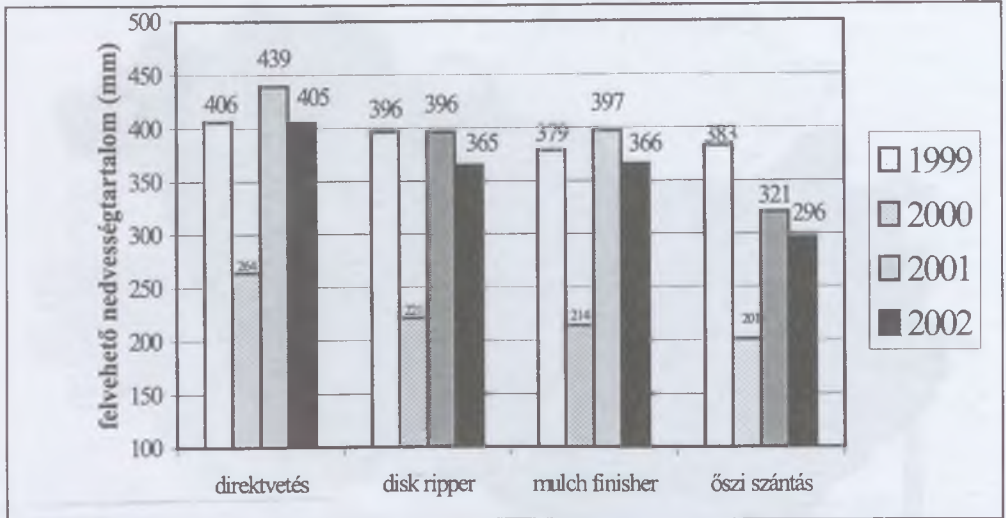
A nyári hónapok (VI–VIII.) vízellátottsági értékei, Szász-féle egyenlettel számolva

5. ábra



1 mm öntözővízre jutó szemtermés a műtrágyakezelések átlagában (Debrecen, 2002–2003)

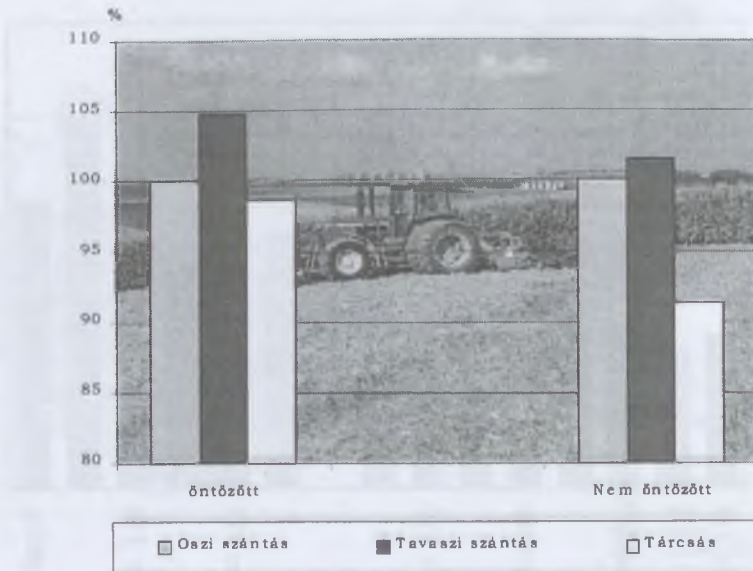
6. ábra



A növény számára felvehető nedvesség mennyisége a 2 méteres talajszelvényben hagyományos és forgatás nélküli talajművelési kezelésekben (Csárdaszállás, 1999–2002)

Forrás: Rátonyi et al., 2002

7. ábra



Talajművelés hatása különböző kukorica hibridek termésére, 120 kg N/ha+PK (Látókép, 2004)



# A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A NÖVÉNYTERMESZTÉSRE

JOLÁNKAI MÁRTON

## ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországi tényként fogadható el, hogy a napjainkig tartó felmelegedés Kelet-Európában, az elmúlt másfél évszázadban, mintegy 1 °C hőmérséklet-emelkedést okozott, továbbá, hogy Magyarországon az elmúlt évszázad során az éves csapadék átlagosan 83 mm-rel csökkent, a növénytermesztésben kritikus 500 mm-es szint alatti csapadék előfordulása gyakoribbá vált.

Az őszi búza, kukorica és napraforgó evapotranszpirációs vízigénye olyan időszakokban a legnagyobb, amikor a 40 éves csapadékatlag szerint a térségben a legkisebb a vízellátottság.

A cukorrépánál a hosszú tenyészidő és jó vízhasznosító képesség révén evapotranszpirációs vízmérlege egészen júliusig pozitív lehet, vízigénye augusztusban tetőzik, ezt követően az érés és a transzlokáció időszakában is jelentős marad, egészen a betakarításig.

Nem igaz az a vélekedés, hogy a szárazabb körülmények kedvezőbb növényvédelmi helyzetet eredményezhetnek, mert a gyomnövények közül több faj is képes a kultúrnövényeket meghaladó szárazságtűrésre, továbbá a rendelkezésre álló víz megszerzéséért folytatott versengésben fokozottabban károsíthatják a termesztett növényállományt.

Aszályos időszakban bekövetkező rövidebb, csapadékos szakasz a kultúrnövényen már nem képes segíteni, a rövidebb életciklusú kórokozó létfeltételeit azonban nagymértékben javítja, továbbá a kórokozó terjedéséhez hozzájárulhat az aszály sújtotta, legyengült kultúra csökkent védekező képessége is.

## BEVEZETÉS

A termőhelyi viszonyok nagymértékben meghatározzák a növénytermesztési tevékenység feltételeit. A számos befolyásoló tényező közül némileg pontatlan összefoglaló kifejezéssel a „talaj-klimatikus” viszonyokat tekinti a mezőgazdaság olyan tényezők összességének, amelyek hatását nem, vagy csak kis mértékben képes szabályozni, és amely hatások ugyanakkor alapvetően meghatározni képesek a termelés célját, a termesztendő növény fajtát, fajtáját, az alkalmazható agrotechnikai műveleteket és

magát a tevékenység gazdaságosságát. *Varga-Haszonits et al. (2000)* szerint az éghajlat erőforrás, mégpedig az egész emberiség legjelentősebb erőforrása, amelyet hasznosítani lehet, de egyúttal az éghajlat magába foglal olyan tényezőket is, amelyek többféle szempontból is kockázati elemet jelenthetnek.

Napjainkban sok szó esik a globális klímaváltozás hatásairól, azon belül is az esetleges felmelegedésről, valamint az időjárási anomáliák előfordulási gyakoriságának növekedéséről. A jelenségek tanulmányozása, az esetleges hatások mérlegelése, a klí-

mamodellezés munkái jelenleg is folynak. A tények elemzése igen sokrétű prognózisokra ad lehetőséget. Két tényrel – legalábbis Magyarországon, illetve a Kárpát-medencében – mindenképpen számolnunk kell. Az egyik a napjainkig tartó felmelegedés. Mint az 1. ábra szemlélteti, Kelet-Európában az elmúlt másfél évszázad során mintegy 1 °C hőmérséklet-emelkedés következett be. A felmelegedés okai nem teljesen tisztázottak, nevezetesen az, miszerint földtörténeti ciklikus jelenségről, avagy antropogén eredetű klímaváltozásról van szó, a tény azonban tény, egy felmelegedési folyamat részesei vagyunk.

Van egy másik tényező is, amelynek tendenciája ugyancsak eltérő okokra vezethető vissza, de amely ugyancsak tényként kezelendő: Magyarországon – a 2. ábra tanúsága szerint – az elmúlt évszázad során az éves csapadék átlagosan 83 mm-rel csökkent. Sokszor szó esik a csapadék anomáliáiról is, ez azonban nem feltétlenül igazolható; mint az ábra is mutatja, egyik évről a másikra bekövetkező 2–300 mm-es csapadékingadozásra az elmúlt évszázad során több alkalommal is volt már példa. Tény azonban, hogy a növénytermesztés szempontjából kritikus 500 mm-es szint alatti csapadék előfordulása gyakoribbá vált: ez 1901 és 1950 között 6 alkalommal, 1951 és 2000 között 10 alkalommal fordult elő.

A klímaváltozás tényadatai mellett figyelmet szükséges fordítani az időjárás alakulására, azon belül is annak regionális vonzataira. A VAHAVA program keretei között a növénytermesztési munkacsoport arra vállalkozott, hogy értékelje Magyarország nagytájainak növénytermesztését néhány szántóföldi kultúra példáján, a növénytermesztési tevékenység egészének szempontjából.

## A TANULMÁNYOZOTT TERÜLET

A tanulmány előkészítő munkálatai során a növénytermesztési munkacsoport az ország növénytermesztési viszonyainak klimatikus

szempontjait vizsgálta. A 3. ábra az agroökoszisztémák nagytájak szerinti potenciálját szemlélteti *Csete László* munkája nyomán. A hét nagytáj közül szemléltetésképpen kiemeltük a Dunai Alföldet. E terület, mint nagytáj, a középtájak átlagában az ország legnagyobb növénytermesztési potenciáljával rendelkezik. Ezen belül maguk az egyes középtájak igen nagy különbségeket mutatnak; maximális termelési potenciálja (27) egyedül a Mezőföldnek van, ezt követi a Bácskai-hátság (22) és a Dráva menti síkság (21). A további két terület ennél szerényebb adottságokkal rendelkezik. A növénytermesztési munkacsoport összesen 5 nagyobb területet tanulmányozott: a Tiszai-Alföldet, a Dunai-Alföldet, Észak Magyarországot, a Kisalföldet, valamint a Dunántúlt, beleértve a Dunántúli-középhegységet, valamint a Nyugat-magyarországi peremvidéket is.

A prognosztizált terméshozamokon alapuló termelési potenciál lényegében összhangban áll az agrár-környezetvédelmi program által elfogadott agrártermelési és környezetterzékenységi besorolásokkal. A 4. ábra térképe szemlélteti hazánk agrártermelési alkalmasságának, környezeti érzékenységének, illetve területhasználati minősítésének adatait.

A mezőgazdasági termelésre való alkalmasság és a környezeti érzékenység szempontjait egyesítő térképet mutat be a 4. ábra. Általánosságban megállapítható, hogy a fokozottabb érzékenységet mutató, avagy veszélyeztetett területek zöme amúgy sem tartozik a mezőgazdasági termelésre feltétlenül alkalmas területek közé. Végülis megállapítható, hogy az ország területének a fele sorolható az agrártermelésre feltétlenül alkalmas területek közé, a védelmi meghatározottságú terület relative szerény, a többi hasznosítását pedig ún. kettős funkciójú területként szükséges megoldani.

A természeti adottságok egyik legfontosabb tényezője a talaj. A talaj nem csak a növénytermelés fizikai közege. A talaj multifunkcionális rendszer, amely lényegében a földtani alapok, így a litoszféra, a hidroszfé-

ra és az atmoszféra kölcsönhatásának eredményeképpen jön létre, és amely a bioszféra hordozója. Magyarország talajainak áttekinthető térképét az 5. ábra szemlélteti.

## A VIZSGÁLT NÖVÉNYEK KÖRE

A növénytermesztés vizsgálatánál négy növény, az őszi búza, kukorica, napraforgó, valamint a cukorrépa értékelését végeztük el. Választásunkat az első három növényfaj esetében egyrészt a VAHAVA módszertani megállapodása, másrészt a növények termőterületi aránya indokolta. A negyedik növényt, a cukorrépát azért választottuk, mert klimatikus szempontból talán az egyik legérdekesebb növénye a térségnek. A 6–9. ábrák szemléltetik a vizsgált növények evapotranszpirációs vízmérlegének alakulását a 40 éves csapadékátlag bázisán.

Ahhoz, hogy a vizsgált növények életfeltételeit jobban megismerhessük, nem haszontalan, ha áttekinthetjük egy-egy ábra segítségével a sokévi havi csapadékátlagok bázisán az adott növényfajok evapotranszpirációs vízmérlegeit. A 6. ábra a búza evapotranszpirációs adatait szemlélteti. A búza vízellátottsága lényegében két szabályos szakaszra osztható, a téli félévre, vetéstől márciusig, a szárbaindulásig, amikor is a rendelkezésre álló csapadék folyamatosan meghaladja az evapotranszpirációs igényt, illetve márciustól betakarításig, amikor folyamatos, és egyre növekvő deficit alakul ki. Átlagos évjáratban a két vegetációs szakasz vízmérleg többlete, illetve hiánya – feltételezve az optimális talajművelés révén elraktározható vízmennyiséget – nagyjából kiegyenlíti egymást. Aszályos évben azonban, mint az 2003-ban is tapasztalható volt, a tavaszi csapadékhiány általában olyan mértékű volt, amit az egyébként normális előző téli félévi csapadékból a növényzet nem volt képes pótolni. Sokéves vizsgálatok igazolják, hogy az őszi gabonák vízellátásának legkritikusabb időszaka az április–júniusi évnegyed.

Az egyényári növények esetében a terme-

lési biztonságot nagymértékben befolyásolja a korai fenofázisok, valamint a generatív szakasz vízellátottsága. A 7., 8. és a 9. ábra a kukorica, a napraforgó és a cukorrépa evapotranszpirációs vízigényét mutatja be.

Látható, hogy mindhárom egyényári növény evapotranszpirációs vízigénye olyan időszakokban a legnagyobb, amikor a 40 éves csapadékátlag szerint a térségben a legkisebb a vízellátottság. A kukorica vízigénye már májustól deficitbe kerül, július–augusztus folyamán viszont már csaknem kétszerese az átlagos csapadék mennyiségének. A napraforgó vízigénye nagyjából hasonló a kukoricáéhoz, azzal a különbséggel, hogy eltérő tenyészideje, valamint vízfelvételi dinamikája révén e növényfaj vízdeficitje júliusban a legnagyobb, viszont szeptemberre ez a helyzet megfordul. Ismeretes, hogy sok esetben a nyári vízhiányból éppen csak kilábaló napraforgó érésében immáron a nyárvégi csapadékos időszak jelenthet újabb élettani problémát. A cukorrépa vízforgalma igen sajátos a másik két növényfajhoz viszonyítva. Hosszú tenyészideje és jó vízhasznosító képessége révén evapotranszpirációs vízmérlege egészen júliusig pozitív lehet átlagos csapadékeloszlású évben. Vízigénye augusztusban tetőzik, de ezt követően sem csökken rohamosan. Lényegében az érés és a transzlokáció időszakában is jelentős marad, egészen a betakarításig. A 2003. év valójában a kukorica szempontjából volt a legkritikusabb az egyényári növények közül, ugyanis a júniusi vízhiány sok területen, főleg a gyengébb vízgazdálkodású talajokon termékenyülési problémákat okozott, amin a csapadékosabb júliusi időszak már nem tudott segíteni.

## NÖVÉNYVÉDELMI HELYZET

A szélsőséges időjárási viszonyok eltérő módon képesek befolyásolni a növényvédelmi helyzetet. Alapjában véve a gyomok, a kórokozók és a kártevők életfeltételeit ugyanazok a klimatikus és időjárási ténye-

zők alakítják, mint az általuk károsított, illetve velük kompetícióban lévő kultúrnövényekét.

Általában az az elfogadott vélekedés, hogy az aridabb körülmények kedvezőbb növényvédelmi helyzetet eredményezhetnek. Ez azonban nem igaz, sem ebben a formában, sem pedig a kártétel egyes egyedi eseteit tekintve sem. Néhány ellenpéldával megvilágítva; az aszályosabb körülmények ugyan vízhiányt jelentenek a gyomnövények számára is, azonban ezek közül több növényfaj is képes a kultúrnövényeket meghaladó szárazságtűrésre, továbbá a kevesebb rendelkezésre álló víz megszerzéséért folytatott kompetíció révén fokozottabban károsíthatják a természetett növényállományt. Tipikus példája volt ennek a 70-es években az Alföld déli régióiban a fenyércirok (*Sorghum halepense*) megjelenése és térnyerése az akkor gyakori kukorica monokultúrákban.

Hasonló példák ismeretesek a gombás megbetegedések között is. Míg általában elfogadott, hogy aridabb körülmények között kisebb az epidémiák veszélye (ez pl. igaz lehet általában a lisztharmat (*Erysiphe spp*) előfordulásánál), ugyanakkor ismeretes, hogy míg egy aszályos időszakban bekövetkező rövidebb ideig tartó csapadékos szakasz magán a kultúrnövényen nem képes segíteni, a rövidebb életciklusú kórokozó létfeltételeit azonban nagymértékben javítja, továbbá annak terjedéséhez hozzájárulhat az aszály sújtotta, legyengült természetett kultúra csökkent védekező képessége is. Erre tipikus példa az őszi búzában károsító, 4–5 évente előforduló szárrozsdá (*Puccinia graminis*) megjelenése és kártétele.

Lehetne hasonló példákat sorolni a rovarok gradációjával kapcsolatosan is. Magyarország napjainkban talán legsúlyosabb rovarkártétele, amelynek megoldása még mind a mai napig megnyugtatóan nem rendezett, a kukoricabogárhoz (*Diabrotica virgifera virgifera*) kapcsolható.

Mint ismeretes, a kukoricabogár új betelepülőnek számít Európában. Gradációja nyomon követhető és csaknem minden pont-

ján beazonosítható. 1992-ben, a jugoszláv háború idején érkezett egy tengerentúli élelmiszer segélyszállítmánnyal a Belgrád melletti Zimony repülőterére. Terjedése koncentrikus körben, az időjárási viszonyoknak megfelelően évi 40–80 km-es sebességgel folyik. A 10. ábra térképén látható, hogy a rovarkártevő terjedésében a Dunai Alföld speciális szakaszt jelentett. Mint ismeretes, az 1999. év rendkívüli időjárású volt; nevezetesen az aszályos tavaszt egy igen nagy csapadékú nyár követte. A kukoricabogár számára ez teremtett lehetőséget, hogy az addig csak Dél-Magyarország keskeny sávjában megjelenő rovar egy év leforgása alatt a teljes Dunai Alföldet birtokba vegye. Ez egyúttal távolsági rekordot is jelentett, amire azóta sem került sor, mert abban az évben a terjedési táv meghaladta a 120 km-t. Természetesen a terjedés folyamatos napjainkig. Ma már Magyarország egésze fertőzött, továbbá a terjedés is több dimenziójúvá vált; nevezetesen továbbhurcolás révén a rovar megjelent Franciaországban és Észak Olaszországban is.

## TERMÉNYMINŐSÉG

A klimatikus viszonyok és a termőhely szerepe a terményminőségben klasszikusan az őszi búza példáján tanulmányozható. Magyarország lényegében a XIV. századtól, Zsigmond korától folyamatosan exportál búzát. A magyar búza piacképességét, jó hírnevét minősége alapozta meg, amely elsődlegesen a termőhely talaj-klimatikus viszonyainak volt következménye.

A 11. ábra egy, a bécsi gabonatózsdé számára készített XIX. századi térképnek a mai Magyarország területére vetített adaptációját szemlélteti. Az 1850-es vámunió létrejöttét követően ugyanis teljesen szabaddá vált a magyar gabona exportja az Osztrák Császárság teljes területén belül. A mintegy másfél évtized alatt felfutó nagyvolumenű export hamar világhossá tette, hogy az, hogy „magyar” nem elegendő értékmérő, hiszen a

Kárpát-medencét betöltő csaknem negyed millió négyzetkilométer területű ország nem minden tájáról származik jó minőségű termék. Ekkor kapott megbízást *Treyer* a bécsi gabonatözsde-től egy kereskedelmi és malomipari tapasztalatok alapján való „minőségi térkép” elkészítésére. A térkép 1885-ben készült el, és minőségi kategóriáit tekintve, lényegében még ma is érvényesnek tekinthető.

Természetesen a minőség fogalmába számos olyan értékmérő is beletartozik, amelyek egyrészt a termőhely, másrészt az időjárás hatása alatt változhatnak. Az 1. táblázat adatai a búzaminőség néhány fontosabb mutatójának átlagértékeit mutatják be öt eltérő évjáratban.

## VÁLASZADÁSI JAVASLATOK

### A gazdálkodó szintjén szükséges intézkedések

Magyarországon a mezőgazdasági tevékenység, ezen belül a növénytermesztés napjainkban lényegében „kétszintes”. Ez annyit jelent, miszerint a művelésbe vont szántóterület mintegy háromnegyedén folyik valamilyen szakmai szintű, és valamilyen gazdasági, vagy egyéb irányultságú tervszerű tevékenység. A fennmaradó több mint egymillió hektáros területen mindössze alkalmi tevékenység folyik, amely a legtöbb esetben csak a jogszabályilag előírt művelési kötelezettség több-kevesebb sikerrel történő betartását (imitálását) jelenti. Mindkét gazdálkodási forma rejt magában gazdasági és környezeti veszélyeket.

A gazdálkodó szintjén szükséges intézkedések, amelyek képesek megelőzni, vagy enyhíteni a klímaváltozásból fakadó kedvezőtlen hatásokat véleményem szerint – fontossági sorrend nélkül – a következők: a birtokviszonyok rendezése, a föld nyilvántartások ellenőrzése, karbantartása; gazdálkodók számára világos és legalább középtávon stabil gazdaságpolitika (állami prioritá-

sok megfogalmazása, működtetési rendszerek kialakítása); országos szaktanácsadási és monitoring hálózatok üzemeltetése, és a gazdálkodók azokba történő integrálása.

A gazdálkodók szintjén számos biológiai, termesztési és technológiai fejlesztést lenne célszerű elvégezni. Ugyancsak fontossági sorrend nélkül: a klimatikus viszonyokhoz jobban alkalmazkodó stressztűrő növényfajták használata, víztakarékos és talajvédő földművelési módszerek alkalmazása, a gazdaság természeti adottságainak megfelelő erő- és munkagépek vásárlása

### Regionális fejlesztési koncepciók klímaváltozással kapcsolatos tényezői

Megyei és regionális agrárszervezetek megerősítése és azok állami koordinációja. A helyi gazdálkodók és önkormányzatok kezdeményezéseinek támogatása. A regionális fejlesztések során szükséges a természeti, a környezeti, a gazdasági és a társadalmi tényezők egyensúlyban tartása. Fokozottabb szükség lenne a helyi növénytermesztési hagyományok figyelembevételére, a hagyományos növényi kultúrák és vetés-szerkezetek alkalmazására. Javítani kellene meglévő regionális intézményeink: növény- és talajvédelmi hálózatunk, fajtakísérleti hálózatunk, vízügyi és meteorológiai stb. szervezeteink működési feltételeit.

A regionális tényezők közé tartozik a Kárpát-medence klimatikus szempontból Magyarországhoz hasonló régióival történő egyeztetés, és a teendők, stratégiák összehangolása is.

### Szakképzés, szaktanácsadás, felvilágosító munka

Magyarországon a növénytermesztés oktatási, szaktanácsadási vertikuma létezik, azonban annak koordinációja, működési feltételei esetenként problematikusak. A legnagyobb gondot véleményem szerint az

alap- és középfokú szakképzés, valamint a teljes vertikumot érintő gyakorlati képzés, szaktanácsadás és tájékoztatás jelenti. Szükséges lenne a régiók középfokú intézményeinek megerősítése, azok helyi és speciális szakmai funkcióinak rehabilitálása. Ugyancsak szükséges lenne a felsőfokú képzés racionalizálása is. Az egyetemek és főiskolák ma „túltermelési” válságban vannak. Nem lehet cél ma Magyarországon a minden áron való felsőfokú képzés, különösen akkor nem, amikor az alapok lassú eróziójának lehetünk tanúi. Az egyetem, az *universitas* feladata csak részben a felsőfokú képzés. Másik, talán ennél fontosabb feladata a tudományos kutatás, és ennek eredményeinek közzététele. Valójában az egyetemeknek kellene az oktatás, a szaktanácsadás és az ismeretterjesztés központjaivá válni.

Fontos szerepe lehetne az agrárkamarának, valamint a társadalmi szervezeteknek, és természetesen az előző szakaszban is ismertetett országos hálózatok regionális szerveinek. Ugyancsak szükséges lenne a szakmai ismeretekkel ellentétes, populáris és

gyakran militáns, anarchista szemléletek revíziója, az ilyen nézeteket terjesztő szervezetek és intézmények állami támogatásának felülvizsgálata.

### Az agrártámogatási prioritások

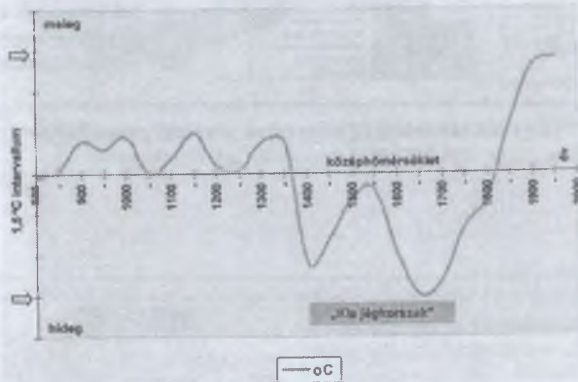
Az agrárpolitika célkitűzéseinek meghatározása, befolyásolása nem e rövid tanulmány feladata. Mindazonáltal célszerű lenne, ha e néhány gondolat hozzájárulhatna az agrártámogatási rendszer prioritásainak kialakításához. Mindössze kulcsszavakban: Magyarországon ma támogatást kellene élveznie mindannak a tevékenységnek, amely hozzájárulhat a klímaváltozás, illetve az időjárási anomáliákból fakadó termelési bizonytalanság megelőzéséhez, vagy csökkentéséhez. Támogatásra volna szükség az ország jelentős részén folytatott növénytermesztési tevékenység szakmai alapjainak erősítéséhez, az oktatás, kutatás, szaktanácsadás és ismeretterjesztés intézményeinek fenntartásához.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANDA, A. (1998): Water loss and microclimate of two maize (*Zea Mays* L.) hybrids. *Acta Agronomica Hungarica*, 46 (2) 121–133. pp. (2) ANTAL J. (2000): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest (3) BERZSENYI Z. (1979): Összefüggés vizsgálaton alapuló döntések a növényvédelemben. *Gazdálkodás*, XXIII. 12. (4) BIRKÁS, M. – SZALAI, T. – GYURICZA, C. – JOLÁNKAI, M. – GECSE, M. (2000): Subsoil compaction problems in Hungary. *Advances in Geocology*. 32, 354–362. pp. (5) BOCZ E. – PEPÓ P. (1984): Az őszi búza fajták öntözési reakciójának vizsgálata csernozjom talajon. *Növénytermelés*, Tom. 33. No. 4. 337–349. pp. (6) CZELNAI R. (2003): Klímaváltozás: IPCC konszenzus – hazai feladatok. „AGRO-21” Füzetek, 32. sz., 3–10. pp. (7) CSETE L. – LÁNG I. (2004): Agroökoszisztémák, regionalitás és biodiverzitás. „AGRO-21” Füzetek 37. sz., 186–204. pp. (8) DEBRECZENI B. – DEBRECZENI B-né (1983): A tápanyag- és a vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (9) FRANK J. (1999): A napraforgó biológiája, termesztése. Mezőgazda Kiadó, Budapest (10) GYÁRFÁS J. (1925): Sikeres gazdálkodás szárazságban. *Pátria* (11) GYÓRFFY B. – BAJAI-KOLTAI Á. (1972): Növénytermesztési kísérletek eredményei és összefoglaló adatai. Martonvásár (12) GYÓRI, Z. – GYŐRINÉ, M. I. – SZILÁGYI, Sz. (2002): Complex evaluation of winter wheat quality parameters. In: *Proceedings of the Alps-Adria Scientific Workshop*. Ed.: Gyuricza Cs. (13) IPCC (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. IPCC, Cambridge University Press 881. p. (14) IVÁNY K. – KISMÁNYOKY T. – RAGASITS I. (1994): Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest (15) HAJDÚ M. (1987): Termőföld-természeti erőforrás. In: Hajdú M. (szerk.): *A szántóföldi növénytermesztés átalakulása Magyarországon*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 62–87. pp. (16) JOLÁNKAI M. (2003): A talajművelés. *Agrofórum* 14/3. 2. p. (17) KISMÁNYOKY T. – KISS L. (1998): A különböző szervezetrágyák és a műtrágyázás hatása gabonák termésére tartamkísérletben. *Növényter-*

melés, 47. 313–326. pp. (18) KISS, J. – EDWARD, C. R. (2003): Spread of western corn rootworm. <http://www.gau.hu/nvt/home.htm> (19) LEHOCZKY É. – REISINGER P. (2002): Precíziós eljárások alkalmazása kompetíciós vizsgálatoknál. Magyar Gyomkutató és Technológia, 3 (2): 49–59. pp. (20) MIKA J. – BARTHOLY J. – SZEIDL L. – SZENTIMREY T. (2001): Éghajlati idősorok szélsőségeinek alakulása Magyarországon. Légkör, 45. 4. 9–13. pp. (21) Ruzsányi L. (1991): A növények elővetemény hatásának értékelése vízháztartási szempontból. Növénytermelés, 40: 1. 71–78. pp. (22) SCHMIDT, R. – SZAKÁL, P. – KERÉKES, G. – BENE, L. (1998): Soil compaction studies in tramline sugarbeet cultivation. Proceedings of International Conference on Soil Condition and Crop production, Gödöllő (23) SZABÓ M. (1977): Őszi búzafajták termés-stabilitásának, ökológiai alkalmazkodó képességének vizsgálata termékenként kisparcellás kísérletekben. OMFI, Budapest (24) SZALAI Gy. – VARGA-HASZONITS Z. (1980): Az őszi búza terméshozamának előrejelzése csapadék- és hőmérsékleti adatok alapján. Növénytermelés, 29. 1. 37–43, pp. (25) SZÁSZ, G. (1988): Agrometeorológia: Általános és speciális. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (26) VARGA-HASZONITS Z. (2004): 2003. Időjárási adatai. MTA, Budapest (27) VÁRALLYAY Gy. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány, XLVI. (7) 799–815. pp. (28) VAHAVA (2003): A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az erre adandó válaszok. <http://www.vahava.hu>

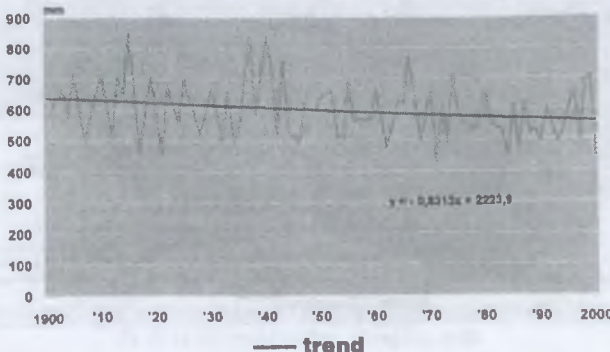
1. ábra



Az éghajlatváltozás trendje Közép-Európában, 800–2000

Forrás: Varga-Haszonits nyomán

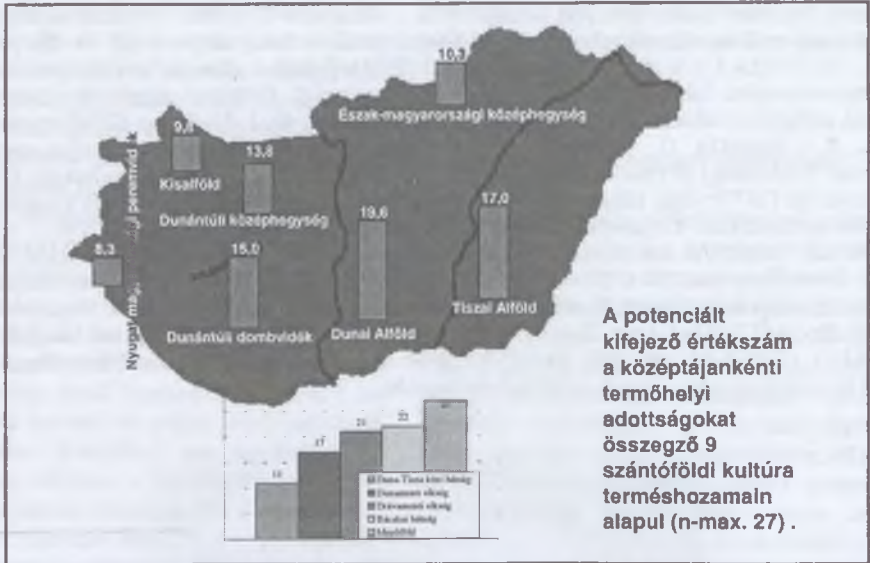
2. ábra



Az éves csapadék alakulásának trendje Magyarországon, 1901–2000

Forrás: Varga-Haszonits nyomán

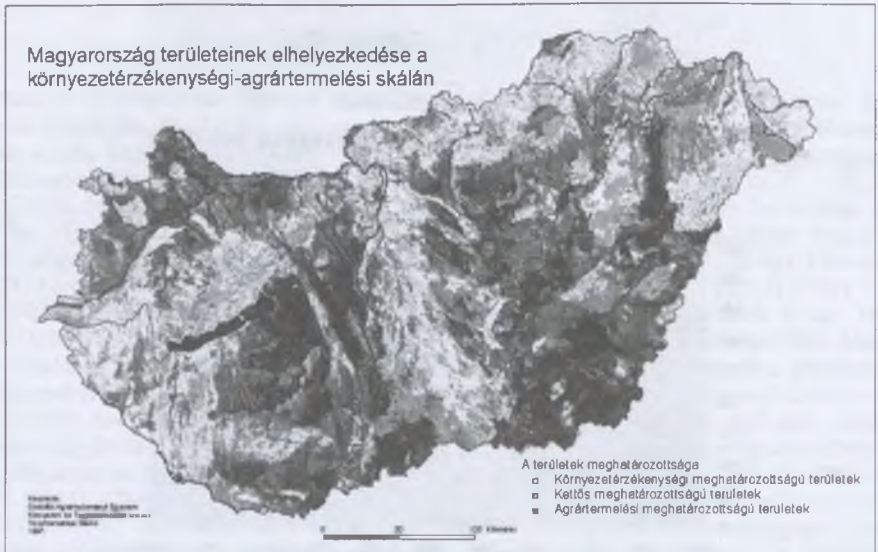
3. ábra



### Agroökoszisztémák nagytájak szerinti potenciálja

Forrás: Csete – Láng, 2004

4. ábra

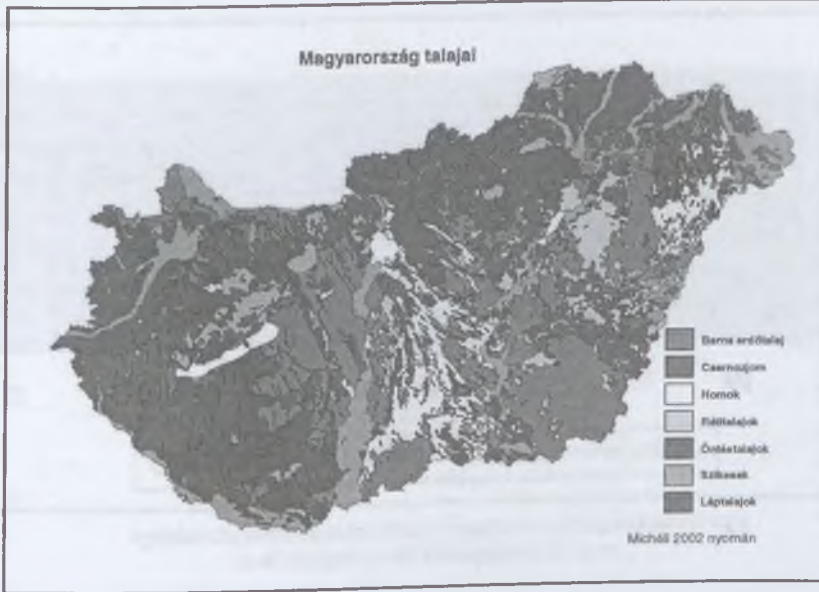


### Magyarország agrártermelési övezetei

Forrás: SZIE-KTG



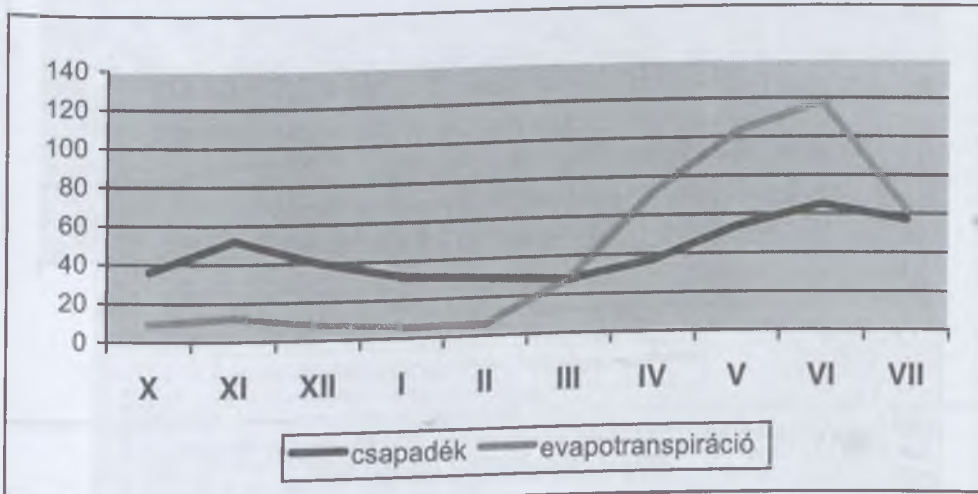
5. ábra



Magyarország genetikus talajtérképe

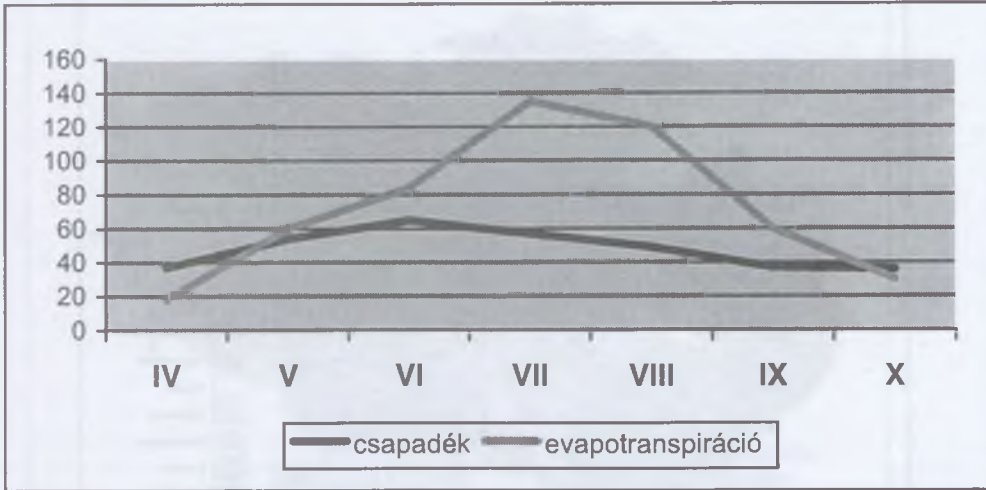
Forrás: Michéli, 2002

6. ábra



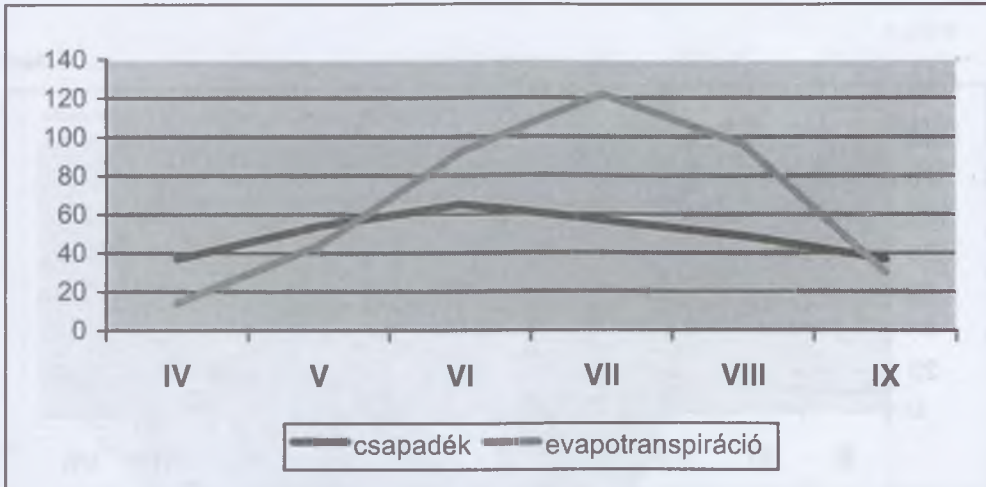
A búza (*Triticum aestivum*) evapotranszpirációs vízmérlege  
40 éves csapadékkátlag alapján, mm

7. ábra



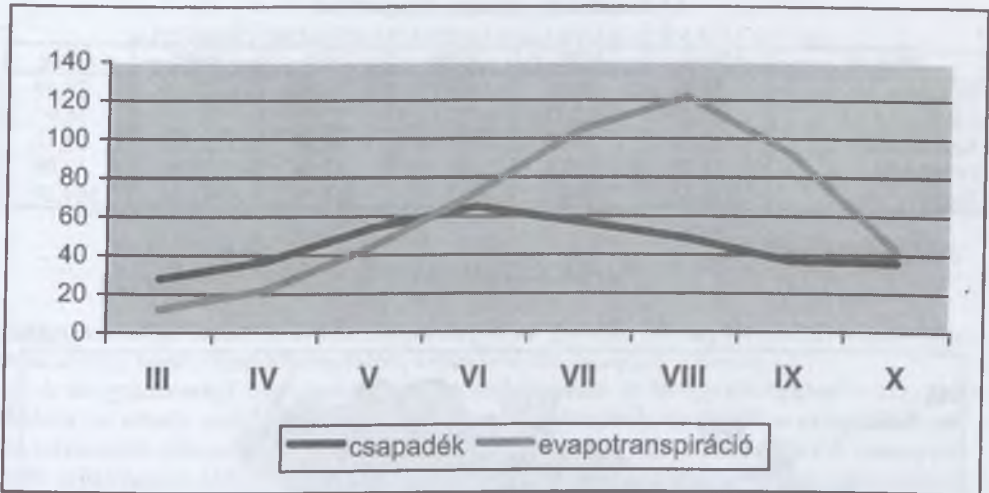
A kukorica (*Zea mays*) evapotranszpirációs vízmérlege  
40 éves csapadékátlag alapján, mm

8. ábra



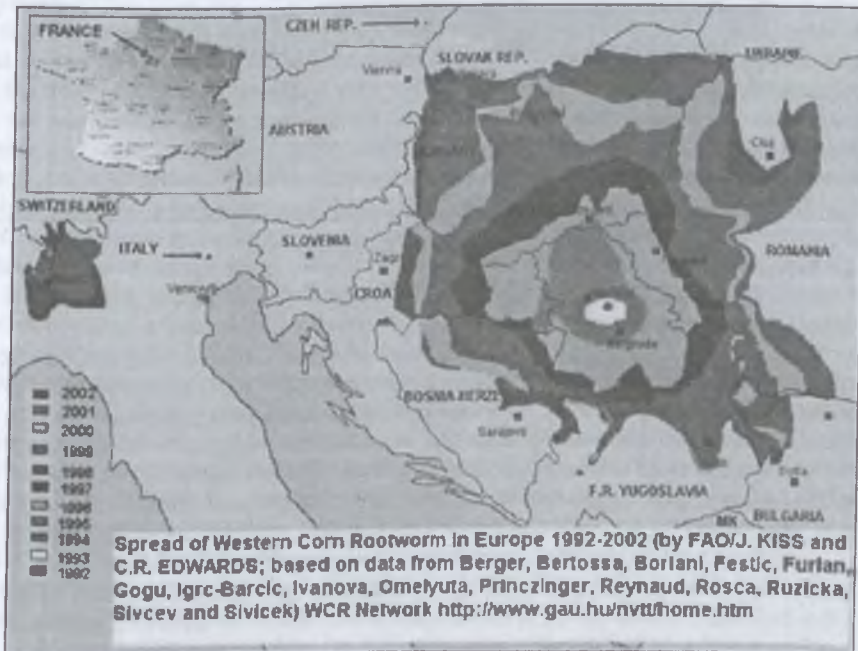
A napraforgó (*Helianthus annuus*) evapotranszpirációs vízmérlege  
40 éves csapadékátlag alapján, mm

9. ábra



A cukorrépa (*Beta vulgaris*) evapotranszspirációs vízmérlege 40 éves csapadékátlag alapján, mm

10. ábra



Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) terjedése Európában

Forrás: Kiss – Edwards, 2003

1. táblázat

## A búzaminőség országos átlagértékei

Mutató	1998	1999	2000	2001	2002	Átlag
Hl tömeg, kg	78,90	76,08	81,78	80,40	81,31	79,69
Sütőipari érték	56,80	55,93	56,79	53,89	61,44	56,97
Nedves sikér, %	28,10	29,79	28,15	27,67	31,87	29,12
Fehérje, %	12,70	13,16	12,75	12,54	13,86	13,00
Hagberg, sec	276,00	270,47	315,07	266,99	393,09	304,20

Forrás: FVM, 1998–2002

11. ábra



## Magyarország búzaminőség térképe

Forrás: Treyer nyomán

# A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI ÉS VÁLASZAI A TISZÁNTÚL SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMELÉSÉBEN

PEPÓ PÉTER

## ÖSSZEFOGLALÁS

A gyakorlati és kutatási eredmények alapján a globális klímaváltozással kapcsolatosan az alábbi legfontosabb javaslatok, fejlesztési elképzelések tehetők.

1. A magyarországi növénytermelésben determináló és integráló faktor a víz. Hazánkban az elmúlt másfél évszázadban jelentős változások történtek a szántóföldi növénytermesztés klimatikus feltételeiben. A változások trendje a csapadék évi mennyiségének csökkenését (40–150 mm-rel kevesebb) és az évi átlaghőmérséklet növekedését (0,2–0,6 °C-kal magasabb) mutatja. A változások mellett megnőtt az időjárási szélsőségek gyakorisága is. Ezekhez a klimatikus változásokhoz a szántóföldi növénytermesztésnek megfelelő stratégiát kell kidolgozni a versenyképesség és hatékonyság megőrzése céljából.

2. A növénytermelés jelenlegi és jövőbeli fejlesztésének alapját a szakmai konszenzuson nyugvó közép (3–5 év) és hosszú távú (5–10 év) fejlesztési tervek kidolgozása jelentheti, melyek felölelik az agronómiai, műszaki, technológiai, nemesítési, minőségbiztosítási, környezetvédelmi, logisztikai, ökonómiai, marketing, vidékfejlesztési aspektusokat, összefüggéseket. E fejlesztési terv nélkül minden intézkedés, beavatkozás, szabályozás ad hoc jellegű marad, ellentétes lesz mind az ágazat, mind a nemzetgazdaság érdekeivel. A nemzeti fejlesztési terv megfelelő politikai akarat nélkül elképzelhetetlen.

3. A globális klímaváltozáshoz történő alkalmazkodás – az eddig elért hatalmas kutatási-tudományos adatbázis, szaktudás felhasználása, alkalmazása mellett – olyan nemzeti programos kutatások elindítását követeli meg, amelyek interdiszciplináris jellegűek, lehetővé teszik az ökológiai, biológiai és agronómiai feltételek közötti interaktív kapcsolatok feltárását. Feltételezhető, hogy ezeknek az országos programoknak az eredményeként a szántóföldi növénytermesztés fejlesztési alapkoncepciójában részben vagy teljesen paradigmaváltásra lesz szükség.

4. Országos programok indítása szükséges ahhoz, hogy a szántóföldi növénytermesztés környezeti feltételei javuljanak a kedvezőtlenebbé váló klimatikus feltételek ellenére. Ezek a programok magukban kell hogy foglalják az öntözésfejlesztést, a meliorációt, a talajok vízgazdálkodását javító kultúrtechnikai, agronómiai és műszaki beavatkozásokat (passzív és aktív beavatkozások a szántóföldi növények vízgazdálkodásába). Az állam gazdasági szerepvállalása, közgazdasági támogatása, valamint az EU források bevonása nélkül e fejlesztéseket az ágazat önmagában megvalósítani nem képes.

5. Áttekintendő az ország vízgazdálkodásának teljes rendszere, jobban, hatékonyabban kell az ország felszíni és felszín alatti vízkészletével gazdálkodni. Lehetővé kell tenni, hogy a vízkészlet felesleget megfelelően képesek legyünk raktározni a kedvezőtlen, vízhiányos időszakokra. Ki kell alakítani a térségi öntözési rendszereket hazánk klimatikusan legérzékenyebb, ugyanakkor legtermékenyebb alföldi, löszhátai, csernozjom területein.

6. A műszaki-technikai-technológiai fejlesztési programok hatékonyságát, sikerét megfelelő szakismeretek biztosíthatják. Ehhez a kutatási feltételek bővítésén túl az agrár közép- és felsőfokú oktatás fejlesztése szükséges. A bonyolultabb, fejlettebb termeszéstechnológia megvalósítása megfelelő felkészültségű szakembereket igényel.

7. A technológiai fejlesztések fontos tényezőjét jelenti a művelési ágazatok megfelelő arányának kialakítása. Kedvezőtlen klimatikus és edafikus feltételek esetén indokolt lehet a művelési ág változtatás. Fontos feladat a szántóföldi növények faj- és fajtaszerkezetének kialakítása. A nemesítésben még nagyobb szerepet kell hogy kapjon a fajták, hibridek abiotikus stresszhatásokkal szembeni toleranciájának növelése, különös tekintettel a szárazságtűrésre.

8. Olyan víz-, energia-, környezetkímélő növénytermesztési technológiák komplex továbbfejlesztése szükséges a jövőben, amelyek figyelembe veszik a termőhelyi és fajtaspecifikus igényeket. Ezen technológiai elemek közül determinatív, meghatározó jelentősége van a szakszerű tápanyagellátásnak. A korszerű, környezetkímélő, optimális tápanyag visszapótlással a növényfajok, fajták szárazságtűrése javítható a jobb fajlagos vízhasznosítás eredményeként. A korszerű tápanyagellátás magába foglalja a műtrágyázás korszerű módszerei mellett a szervestrágyázást, a növényi maradványokkal való szervesanyag-gazdálkodást is.

9. Az adaptív, a változó klimatikus feltételekhez alkalmazkodó növénytermesztési technológiák további elemei közé tartozik a szakszerű vetésváltás, talajművelés, vetés-technológia, növényvédelem és betakarítás is.

10. A növénytermesztési technológiák műszaki, technológiai, biológiai fejlesztése, a szakismeretek bővítése mellett alapvető fontosságú a globális klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban az agronómiai optimumok biztosítása, a növénytermesztési technológiák minőségorientált továbbfejlesztése és gyakorlati megvalósítása.

## A TISZÁNTÚLI SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMELÉS

A mezőgazdaság a hazai GDP-nek fokozatosan csökkenő hányadát adja az elmúlt évtizedek során, amely már a fejlett országok hasonló mutatóihoz közelít, ennek ellenére a szerepe, jelentősége még mindig alapvető fontosságú, részben a hazai lakossági, ipari szükségletek, részben az export árualapok előállításai miatt.

Hazánk agroökológiai potenciáljának felmérése (Láng István et al., 1983) azt bizonyította, hogy hazánk klimatikus és edafikus feltételei rendkívül változatosak a relatíve kis területe ellenére. Az agroökológiai feltételek alapvetően megfelelőek, ill. részben kedvezőek a mezőgazdasági, benne a növénytermesztés fejlesztésének.

A hazai szántóföldi növénytermesztés egyik meghatározó területét jelenti a Tiszán-

túl. A Tiszántúl agroökológiai feltételei rendkívül változatosak mind éghajlati, mind talajaitani szempontból egyaránt. Természetesen valamennyi éghajlati elem jelentős mértékben hat az adott növényfaj növekedésére, fejlődésére, azonban hazánkban, különösen a Tiszántúlon a víznek, a vízellátásnak kiemelkedő jelentősége van.

Hazai és külföldi kutatások sora bizonyítja azt, hogy megfelelő agrotechnikai színvonal esetén nemcsak a termésszint magasabb, hanem a termésszabotosság is jóval kedvezőbb. Kétségtelen tény, hogy a hazai szántóföldi növénytermesztésben tapasztalható kedvezőtlen tendenciák elsődlegesen az intenzitás csökkenésére, a nem megfelelő input felhasználásra vezethetők vissza, a kedvezőtlen folyamatoknak azonban más összetevői is vannak. A szántóföldi növénytermesztésben arra szükséges törekedni, hogy az agroökológiai, biológiai és agro-

technikai tényezők harmonikus összhangját valósítsuk meg.

Változások tapasztalhatók az időjárás alakulásában is. A globális klímaváltozás lokális hatása jelentős mértékben érzékelhető a hazai szántóföldi növénytermesztésben, amely a csapadék mennyiségének csökkenésével, a hőmérséklet növekedésével, az időjárási tényezők szélső értékei gyakoriságának és abszolút értékeinek fokozódásával jellemezhető. Különösen erőteljesen jelentkeznek ezek a negatív hatások az amúgy is szélsőségekre hajló, kontinentális tiszántúli területeken. Az időjárási, éghajlati változások trendje, tartóssága sztochasztikusan ugyan becsülhető, teljes bizonyossággal azonban nem állapítható meg. Ennek ellenére a hazai növénytermesztésnek elemi érdeke az, hogy ezekre az éghajlati, időjárási változásokra megfelelően felkészüljön, olyan alternatív technológiai modellek kerüljenek kidolgozásra, melyek a lehető leghatékonyabb adaptációt biztosítják.

Egy adott terület klimatológiai feltételei olyan átlagértékekkel jellemezhetőek, amelyek jelentősen különböző egyedi értékeket, esetlegesen szélsőségeket reprezentálnak. Növénytermesztési, agronómiai szempontból a növények növekedésére, fejlődésére, termésképződésére, termésbiztonságára és minőségére elsődlegesen a csapadék és hőmérséklet értékei, azok tenyészidőszakon belüli és kívüli eloszlása, a szélső értékek gyakorisága, abszolút értékei gyakorolják a legnagyobb mértékű hatást.

Szász Gábor vizsgálatai azt bizonyították, hogy az elmúlt évtizedekben jelentős mértékben megnőtt a száraz évek előfordulási gyakorisága, döntően az átlagos évjáratok rovására, azaz az időjárási szélsőségek gyakorisága fokozódott. Az 1860–1900 közötti periódusban az átlagos évjáratok gyakorisága 45%-ot tett ki, a száraz és csapadékos évjáratok azonos gyakorisággal (22,5%, 22,5%) fordultak elő. Napjainkban (1981–2000) erőteljesen megnövekedett a száraz évek bekövetkezésének gyakorisága (52,6%) az átlagos évjáratok rovására (26,3%), azaz

hazánkban gyakorlatilag minden második évben szárazságra kell számítani. Saját vizsgálataink szerint a mintegy 130 éves vizsgálati időszak alatt az éves csapadék mennyisége Debrecenben 130 mm-rel, Nyíregyházán 152 mm-rel, Szegeden 48 mm-rel, Keszthelyen 149 mm-rel, Mosonmagyaróvárott 38 mm-rel csökkent. A hőmérsékleti adatok feldolgozása azt bizonyította, hogy mind az éves, mind a téli és nyári félév átlaghőmérséklete 0,2–1,0 °C-kal növekedett az elmúlt 130 év alatt.

## A VETÉSSZERKEZET

A művelési ágak, ill. azon túlmenően a növénytermesztés vetésszerkezetének kialakításában a termelési hagyományok, a felhasználási célok, a klimatikus feltételek mellett fontos szerepet játszanak a talajtani adottságok is. A Tiszántúlra a rendkívül változatos talajbeli adottságok a jellemzőek, gyakorlatilag az erodált dombvidéki váztalajok kivételével valamennyi fontosabb talajtípus megtalálható. A talajok víz-, hő-, levegő- és tápanyaggazdálkodása, kultúrállapota, talajbiológiai élete fontos szerepet játszik az időjárási anomáliák kedvezőtlen hatásainak mérséklésében, tompításában.

Elemzéseket végeztünk az elmúlt harminc évre (1970–1999) vonatkozóan a Tiszántúl legfontosabb növényi kultúrái vetésterületének, termésátlagának alakulására vonatkozóan. A Tiszántúl térségébe – közigazgatási és statisztikai megfontolások alapján – az alábbi megyéket soroltuk:

- Hajdú-Bihar
- Szabolcs-Szatmár-Bereg
- Békés
- Csongrád
- Jász-Nagykun-Szolnok,

annak ellenére, hogy bizonyos megyék területe más agroökológiai régióba is átnyúlik (elsősorban Solnok és Csongrád megyék esetében). Az elemzéseink azt bizonyították,

hogyan az elmúlt három évtizedben (1970–1999 között) a nagy területű növényfajok vetésterülete eltérő mértékben változott mind országosan, mind az egyes tiszántúli megyékben. Jelentős változást a lucerna vetésterületének mintegy 30%-os csökkenése jelentett, ami összefüggésben volt az állatállomány erőteljes mértékű visszaesésével. A termésátlagok valamennyi vizsgált növényfaj esetében dinamikusan nőttek az 1970-es évtizedről a '80-as évekre, míg az 1990-es években részben az agrotechnikai „erőzió”, részben az időjárási hatások miatt visszaesés következett be. Mind a termésátlagok növekedése, mind azok csökkenése az egyes növényi kultúráknál eltérő mértékű volt, összefüggésben azok technológiai intenzitás igényével.

A globális klímaváltozás hatásai hazánk egyes agroökológiai tájkörzeteiben, az egyes növényfajoknál, az egyes vegetációs periódusokban jelentős mértékben eltérő módon jelentkeznek. Ezeket az eltérő időjárási, klíma hatásokat az adott tájkörzeten belül a talajtípusok víz-, tápanyag-, hő-, levegőgazdálkodási tulajdonságai, az adott tábla kultúrállapota, a biológiai alapok (a termesztett fajta, hibrid) adaptációs képessége, agronómiai tulajdonságai, reakciói, valamint az alkalmazott agrotechnika egyes elemei individuálisan, de elsősorban interaktív módon, kölcsönhatásaikban számottevően befolyásolják, módosítják. A bemutatásra kerülő kutatási eredményeink a Tiszántúlra jelentős mértékben jellemző, a mezőgazdasági termelés szempontjából kiemelkedően fontos talajokra, elsősorban csernozjom talajtípusra, részben réti talajra vonatkoznak, melyeket az eredmények értékelésénél feltétlenül figyelembe szükséges venni. A Tiszántúlon előforduló egyéb, növénytermesztési szempontból kevésbé kedvező talajtípusok (homok és szikes talajok) esetében a kapott eredmények csak indirekt módon, elsősorban a trendek, változások, hatások irányainak figyelembe vételével alkalmazhatók.

Hazánk kontinentális éghajlata jelentős mértékű szélsőségeket hordoz magában a

fontosabb meteorológiai paramétereket (csapadék, hőmérséklet stb.) illetően. Különösen igaz ez a megállapítás az alföldi területekre. Az elmúlt százötven évben jelentős mértékben megnőtt a száraz évszakok előfordulásának gyakorisága. Az évszak növények növekedésére, fejlődésére gyakorolt hatása rendkívül összetett, bonyolult, számos egyéb tényező által befolyásolt folyamatok, jelenségek összessége. Különösen jelentős évszakhatást lehet azoknál a növényeknél megállapítani, amelyek vegetációs periódusa hosszú és rendkívül eltérő időjárású évszakokat foglal magába. A hatások erőssége attól függően is különbözhet, hogy a negatív vagy pozitív meteorológiai tényezők milyen hosszúságú időtartam alatt fejtették ki hatását. A növény életében bekövetkezett időjárási anomáliákat, stresszhatásokat a későbbi szakaszok kedvező időjárása többé-kevésbé kompenzálhatja, teljes egészében a negatív hatásokat azonban nem eliminálhatja. Az egymás után bekövetkező kedvezőtlen időjárási hatások pedig kumulatív, egymást erősítő módon érvényesülhetnek a búza termésképződési folyamataiban.

## AZ ŐSZI BÚZA TERMELÉSE

Az őszi búza termésmennyiségét hazánk kontinentális éghajlata kisebb-nagyobb mértékben módosítja, befolyásolja. Az időjárási elemek hatása interaktív és kumulatív módon jelentkezett, amelyet adott ökológiai és agrotechnikai feltételek mellett realizálható gyakorlati terméspotenciálhoz (10 t/ha) viszonyítottunk. A kontroll kezelésben az 1985–2003. periódusban a fajták átlagában az időjárás kedvezőtlen hatásának tulajdonítható terméskiesés 57,7% volt, míg az optimális műtrágyázással ezt a veszteséget jelentősen mérsékelni lehetett (35,5% terméskiesés átlagosan a 10 t/ha szinthez képest). A sikértartalom és valorigráfos érték közötti közepes erősségű korrelációt bizonyos évszakok jelentős mértékben eltérítettek, módosították. Különösen száraz, aszá-



lyos évjáratban lehetett tapasztalni azt, hogy a nagy sikértartalom (36–43%) ellenére a valorigráfus értékek kedvezőtlenül (39–59) alakultak, feltételezhetően a sikérváz nem megfelelő kialakulása miatt. A főkomponens analízis szerint a sikértartalmat a májusi és júniusi hőmérséklet határozta meg, a májusi csapadék és a júliusi hőmérséklet pedig módosította. Az összetett minőségi mutató, a valorigráfus érték a sikértartalomtól – részben – eltérően reagált az időjárási tényezőkre. A főkomponens analízis szerint a májusi és júniusi hőmérséklet hatása volt a legerőteljesebb a valorigráfus értékre. E hónapok magas hőmérsékleti értékei rontották a búza-fajták valorigráfus értékét.

A fajtagmegválasztásnál – a rendkívül változó ökológiai, elsősorban klimatikus feltételeket figyelembe véve – nemcsak az adott fajta potenciális termőképességét, termésmínőségét szükséges figyelembe venni, hanem a fajta termésstabilitását is.

A vetésváltás, az elővetemény szakszerű megválasztása olyan természetstechnológiai elem, amelynek segítségével egyrészt más agrotechnikai ráfordítások kedvezőbb hatékonysággal érvényesülnek, ill. az inputok csökkenthetők a termésmennyiség és -mínőség kockázatát nélkül, másrészt – kedvezőtlen esetben – jelentősen növelheti a ráfordítások szükségességét, harmadrészt pedig lehetőséget nyújt a kedvezőtlen agroökológiai feltételekhez történő jobb adaptációra. Kedvező, az őszi búza szempontjából optimálisához közeli évjárat esetében a kedvezőtlen előveteményhatások mérsékeltebben jelentkezhetnek (elsősorban a kedvezőtlen vízellátás hatásai mérséklődnek), míg aszályos évjáratban ezek a különbségek markánsan, erőteljesen manifesztálódnak.

Az őszi búza tápanyagokat igénylő és azokat jól hasznosító növényi kultúra. A makro-, mezo- és mikroelemek hiánya a termés mennyiségének csökkenéséhez, minőségének romlásához vezethet. A búza tápanyagellátásában az irodalmi adatok a harmonikus visszapótlás (NPK) fontosságára

hívják fel a figyelmet, hangsúlyozva a nitrogén meghatározó szerepét. A búza trágyázásának nehézségét, problémáját éppen az jelenti, hogy a legfontosabb tápelem, a nitrogén optimálisnál kisebb vagy nagyobb adagja termés-csökkenést okozhat. Az optimális N-trágyaadag meghatározása az őszi búza esetében azért különösen nehéz, mert a vegetációs periódus során a növény rendelkezésére álló, műtrágyából és talajból származó nitrogén-készletet jelentős mértékben befolyásolja a talaj mikrobiológiai aktivitása, valamint módosítják a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai. Külföldi és hazai kutatások egyaránt azt bizonyították, hogy a trágyázás terméstopplettét, hatékonyságát mind az ökológiai, mind az agrotechnikai tényezők egyaránt befolyásolják. A szakszerű trágyázással nem csak a búza termésmennyiségét növelhetjük jelentősen, hanem a termésbiztonságát – bizonyos korlátok között – is javíthatjuk.

Az agroökológiai tényezők (időjárás, talaj) befolyásolják az őszi búza növényvédelmi helyzetét. A talajadottság – más tényezőkkel (elővetemény, talajművelés stb.) együtt – elsősorban a gyomosodás mértékét, a gyomdinamikát, a gyomösszetételt módosítja, de bizonyos hatással lehet a búza állati kártevőinek fellépésére is. A betegségek megjelenését a fajta rezisztenciális tulajdonságai, az agrotechnikai beavatkozások mellett jelentős mértékben befolyásolják a vegetációs periódus időjárási viszonyai. A biotróf és nekrotróf betegségek megjelenésére, terjedési dinamikájára az időjárási tényezők hatása jelentős lehet, amely meghatározza egyrészt a védekezések számát, az alkalmazott fungicidet, a védekezés hatékonyságát (terméstopplettét).

Az őszi búza gyakorlatilag nem tartozik az öntözött növények közé hazánkban. Kivételes esetben kerülhet sor a búza öntözésére: egyrészt „életmentő” jelleggel rendkívüli aszály esetén, amikor az állományt a megsemmisülés veszélye fenyegeti, másrészt olyan térségi öntöző telepeken, ahol az öntözés állandó költségeinek csökkentése lehet a

célunk. A búza öntözését hagyományos és idényen kívüli öntözési rendben végezzük. A klímaváltozás hatására az öntözés szerepe, jelentősége átértékelődhet a búza-termesztésben, elsősorban az intenzív technológiák alkalmazása esetén. Az őszi búza öntözése aszályos évjáratban bi- (búza-kukorica) és trikultúra (búza-kukorica-borsó) vetésváltási rendszerben közel azonos terméstöbbletet (1,3–1,4 t/ha) eredményezett, amely meglehetősen mérsékeltnek tekinthető. Átlagos, ill. csapadékos évjáratokban gyakorlatilag nem vagy minimális (0,2–0,3 t/ha) terméstöbbletet lehetett megállapítani őszi búzánál.

### A KUKORICA TERMELÉSE

A Tiszántúlon termesztett másik meghatározó jelentőségű szántóföldi növény a szemes kukorica. Az őszi búzával összehasonlítva a kukoricának klimatológiai „kitettsége” még jelentősebb, hiszen tényészidejének determinatív jellegű fenofázisai az időjárás szempontból rendkívül változékony, számos esetben aszályos nyári hónapokra esnek. Bizonyos esetekben ez az aszályos évjárat a kukorica termésének szinte teljes megsemmisüléséhez vezethet. Különösen vonatkozik ez a kontinentális klímahatású, szélsőséges Tiszántúlra. Az időjárás hatások termésmennyiségre gyakorolt hatását jelentős mértékben befolyásolhatja a kukoricatermesztésben alkalmazott vetésváltás. A kedvezőtlen klimatikus hatásokhoz való alkalmazkodás egyik lehetséges eszköze a megfelelő hibridmegválasztás jelenti.

A kukorica – szemben a kalászos gabonafélékkel – egyedi produktivitású növény, ami az állományregulációs képesség jóval mérsékeltőbb szintjét jelenti a kukorica esetében. Alapvető fontosságú éppen ezért, hogy a genotípushoz, a talajhoz, az agrotechnikai elemekhez, ill. a termőhely várható vízháztartási helyzetéhez (tavaszi induló talajvízkészlet, várható tenyészidőbeli csapadék) igazítsuk a tőszámot.

A kukorica termésmennyisége növelésének egyik legfontosabb agrotechnikai eleme a megfelelő tápanyagellátás. A kukorica bár jól hasznosítja a talajban található tápanyagokat, nagy vegetatív és generatív tömegének képzéséhez jelentős mennyiségű mesterséges tápanyagvisszapótlást, trágyázást is kíván. A trágyázás hatását, hatékonyságát azonban a kukorica esetében az adott tenyészév vízellátása jelentős mértékben determinálja.

A vízellátás, öntözés a kukoricatermesztés másik determinatív eleme. Öntözés nélkül a különböző vetésváltási változatok között aszályos évjáratban 1–3 t/ha, átlagos évjáratokban 1 t/ha, csapadékos évjáratban 0,2–0,5 t/ha terméskülönbségeket lehetett megállapítani a monokultúras termesztéssel összehasonlítva. A műtrágyázás hatása száraz, aszályos évjáratokban a csernozjom talajon is rendkívül mérsékelt volt a vízhiány következtében. Átlagos és csapadékos évjárat típusokban a bi- és trikultúra vetésváltási rendszerekben mérsékelt műtrágyahatást (1–1,5 t/ha terméstöbblet a kontrollhoz viszonyítva) lehetett tapasztalni, amely összefüggésben van a csernozjom talaj kedvező tápanyagtökéjével és tápanyagszolgáltató képességével. Valamivel nagyobb terméstöbblet (3 t/ha) adódott a monokultúras kukoricatermesztési változatban. Aszályos évjáratokban a kukorica öntözés hatására monokultúrában 4–6 t/ha, bikultúrában 2–4 t/ha, trikultúrában 3–5 t/ha terméstöbbletet adott. Sújtó aszályos évjáratban az öntözés terméstöbblete elérte a 7–10 t/ha-t. Megfelelő tápanyagellátással, de főleg szakszerű öntözéssel a kukorica termésszintje 11–12 t/ha értéken tartható csernozjom talajon klimatikus, évjáraton felteletektől függetlenül.

A kukoricatermesztésben már jelenleg, de a jövőben még jelentősebb problémákat idéz(het) elő az évjáratok szárazabbá és melegebbé válása a növényvédelem területén (gyomirtásban a melegkedvelő, főleg  $T_4$  gyomok, állati kártevők, pl. amerikai kukoricabogár stb. megjelenése és terjedése).

## A NAPRAFORGÓ TERMELÉS KILÁTÁSAI

A napraforgó alapvetően melegkedvelő, szárazságtűrő növényfaj. Jó adaptációs képessége miatt széleskörűen termesztett kultúra a Tiszántúlon, elsősorban a gyengébb talajadottságú területeken, bár az utóbbi évtizedben a jobb termőképességű réti csernozjom, sőt csernozjom talajokon is megjelent. A kiváló tulajdonságú csernozjom talajon végzett kisparcellás kísérletekben relatíve kedvező, bizonyos esetekben kiváló terméseredményeket kaptunk, melynek szintjét az évjárat módosította. Száraz évjáratokban a betegségek nagyon alacsony szinten jelentek meg a napraforgó állományokban, amely kiváló terméseredmények realizálását tette lehetővé. Csapadékos évjáratokban 1,5–2,5 t/ha, átlagos évjáratokban 2,2–4,2 t/ha, száraz évjáratokban 3,2–5,5 t/ha terméseredményeket adtak a kísérleteinkben vizsgált napraforgó hibridek. A klímaváltozás tehát a napraforgó esetében nem járt olyan drasztikus következményekkel, mint elsősorban a kukorica, ill. részben az őszi búza esetében.

A kukoricához hasonlóan a napraforgónál is a klímaváltozás hatására jelentős átalakulás történt a gyomösszetételben. Ennek hatására – a hagyományos T<sub>4</sub> és G<sub>1</sub>, G<sub>3</sub> gyomnövények mellett – jelentősen megnőtt a me-

legkedvelő, nagymagvú T<sub>4</sub> gyomok aránya, amelyek a preemergens gyomirtó szerekkel nem vagy nehezen irthatók. Ezt a problémát csak tovább súlyosbítja az, hogy a száraz tavaszi időszakban a preemergens herbicidek hatékonysága rendkívül gyenge.

## A CUKORRÉPA ÉS BURGONYA TERMELÉSE

A Tiszántúlon a cukorrépa és burgonya termesztésének hagyományai vannak. Míg a cukorrépa korábban és jelenleg is a legintenzívebb termesztett növények közé tartozott és tartozik (korszerű gépek, eszközök, tápanyagellátás, vetéstechnológia, növényvédelem stb.), addig a burgonya az elmúlt évtizedekben került át a homokterületekről (extenzív-átlagos ráfordítási szint) a legjobb csernozjom talajokra és egyúttal vált intenzív input felhasználású növénné. Mindkét növény intenzív termesztéstechnológiát igényel tehát, amelynek több elemének továbbfejlesztése, finomítása lehetséges és szükséges, alapvető, kardinális változást azonban az öntözhető területek növelése jelentheti a növényi kultúrák esetében. Különösen indokolja ezt az elmúlt évtizedekben tapasztalt klímaváltozás, amelynek negatív hatása sokkal erőteljesebben jelentkezik ezeknél a nagy vízigényű, vízfelhasználású kultúráknál.

## A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSAI ÉS VÁLASZAI A KISALFÖLD SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMELÉSÉBEN

KÉSMÁRKI ISTVÁN – KAJDI FERENC – PETRÓCZKI FERENC

### ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgált alapvető éghajlati elemek (csapadék, hőmérséklet, szárazsági/ariditási index, napsütéses órák) alapján egyértelműen nem igazolható a gyors éghajlatváltozás. Kétségtelen viszont, hogy a térségben az időjárási szélsőségek, mindenek előtt az átlaghoz viszonyított csapadékhiány, 1987-től gyakoribbá váltak. A csapadékhiány a gyenge termőhelyi adottságú területeken (sekély termőréteg, mérsékelt talaj tápanyag-szolgáltató képesség, alacsony talaj szervesanyag tartalom), alacsony agrotechnikai színvonalon fokozottabb termés kiesést indukál, különösen akkor, ha a hőmérséklet emelkedése tovább folytatódik. Amennyiben ez még a szélsőségek gyakoribbá válásával is párosul, akkor elsősorban a gyengébb termőhelyi, ökológiailag érzékenyebb területek károsodnak. A valószínűsíthető károk megelőzése komplex felkészülést igényel, melynek fontosabb elemei az alábbiak:

1. A szántóföldön a 15%-nál meredekebb lejtőkön a művelési ág megváltoztatása ajánlható, pl. energiaerdő létesítése, míg a sekély termőrétegű (30–50 cm), erodált vagy időszakos vízborítású területeket célszerű évelő fűvek és pillangósok társításával gyesíteni.

2. A növénytermesztés szerkezetében célszerű csökkenteni a nagy vízigényű növények (burgonya, cukorrépa) arányát; a kukorica területek egy részét cirokfélék termesztésbe vételével lehet kiváltani; kisebb birtokméretek mellett is indokolt a polikultúrás szerkezet („több lábbon állás”, a szélsőségek kivédése érdekében); a talajtermékenységre pozitív hatást gyakoroló növények területi részesedését ajánlott növelni (évelő pillangósok, hüvelyesek, „zöld ugar”); a parlagterületeket meg kell szüntetni.

3. A talajművelésben a téli csapadék befogadását, raktározását biztosító alpművelést a X–XI. hónapban el kell végezni, és nem maradhat el a tarlóhántás és -ápolás. Ahol lehet, a talajtakarásos művelési módokat ajánlatos alkalmazni.

4. A trágyázásban a szervesanyag-visszapótlás minden formáját fokozni szükséges; az istállótrágya kezelés, érlelés és kijuttatás szakszerűségének fokozása indokolt, és legalább 200–240 kg/ha/év adagig növelni kell a műtrágya-kijuttatás mennyiségét, felszámolva a műtrágyázás ellenes laikus közhangulatot.

5. A fajtahasználatban sokat segíthetne a fajtakísérleti állomások számának növelése; a búza és a kukorica fajtacsoportok teljesítményei nem igazolják, hogy vetésterületük nagy részén korai fajtakat kellene termesztetni; a melegigényes fajoknál (kukorica, cirok, szója, napraforgó) a meleg periódus állandósulása, netán fokozódása esetére a hosszabb tenyészidejű fajtak területi részesedését indokolt növelni; a melegebb, szárazabb periódusra olyan fajtakkal lehet felkészülni, melyek az indokolt tőszám csökken-

tését egyedi produkció-növeléssel kompenzálják (pl.: többszővésre hajlamos kukorica hibridek, kalászorsó növelésre képes gabonafajok); továbbá a szárazságtűrés fokozása és jó öntözési reakciót mutató fajták nemesítése, valamint az ilyen fajtajelöltek külön történetű értékelése; meggondolandó a fajtaminósítás néhány szempontjának átértékelése (tájankénti szereplés), új szempontok figyelembe vétele (különleges minőség, öntözési reakció, terméstabilitás, alkalmazkodóképesség).

6. A növényápolásban alapvető a természetes vízbázisok kapacitásának megőrzése, az időszakosan képződő vízfelesleghez pedig bővíteni kell a tározókapacitást; a szántóterület minimum 10–15%-ára rövid időn belül olyan üzemképes öntözőkapacitást szükséges létrehozni, amely az V., VI., VIII. hónapokban képes legalább 100 mm/ha vízszolgáltatásra; a víz- és energiatakarékos öntözési módok preferálása, beleértve a talaj-növény vízgazdálkodását regisztráló műszerpark és előrejelző rendszer fejlesztését is; meggondolandó a terméstabilizáló (átlagos csapadékig kiegészítő) és a hozamnövelő öntözés szétválasztása; újból létre kell hozni egy öntözési kutatóbázist, amely az országban legalább 3 liziméter-állomással rendelkezik; a gyomszabályozásban fel kell készülni újabb behurcolt (adventív) fajokra; a herbicid-takarékos és a mechanikai módok elterjedését gyorsítani szükséges.

7. A munkavégző kapacitásokban a szélsőségek gyakoriságának fokozódásával az egyes munkafázisok (vetés, betakarítás) optimális ideje lerövidül, ehhez a jövőben nagyobb gépkapacitás szükséges (vető- és betakarító gépek, szállító járművek); az úgynevezett „tagi utak” és a kapcsolódó műtárgyak katasztrofális állapotán változtatni kell.

8. A tároló-, tartósító kapacitásokban a termeléshez szükséges vízmennyiség részbeni biztosítását szolgálhatják a víztározók, melyeket a folyók, patakok időszakosan nagyobb vízhozamánál fel lehet tölteni; a tárolókapacitás bővítését a nagyméretű termésgazdálkodás indokolja.

9. A termelés vezérléséhez, kezeléséhez szükséges szaktudás terén bővíteni és egységesebbé kellene tenni az agrometeorológiai és a talaj kémiai, fizikai vizsgálataival kapcsolatos adatbázist (a definíciók egységes értelmezése, közlése is fontos, pl. szárazsági index, a talaj hasznosítható vízkapacitása, tápanyagtartalma, tápanyagszolgáltató-képessége); a meghatározott birtokméret vagy termelési érték kezelését szakirányú képesítéshez kell kötni.

10. A fenntarthatóság (sustainability) és a jövedelmezőség összhangjában éghajlatmódosulás esetén az eddigieknél is fontosabb a komparatív ökológiai előnyök kihasználása (mesterséges inputok mérséklése); a szélsőségek gyakoribbá válása indokolja a melioráció kiterjesztését (a Rábaköz és a Kemeneshát savanyú talajain, a 300 m feletti területeken az eróziós károk csökkentésére, a folyók mentett oldali részén, vízrendezés a Hanság peremvidékén); a jövedelmező gazdálkodáshoz nagy segítséget jelentene a tájgazdálkodó hálózat újraépítése.

## BEVEZETÉS

A globális klímaváltozás lehetőségét, várható, többnyire kockázatos hatásait a tudomány jelezte, számszerűen is körvonalazta a nagy nemzetközi szervezeteknek, az államok kormányainak. A figyelmeztetések hatására tudatosult az emberi léte jelentős veszély

valószínűsége, elfogadottá vált az üvegházhatás növeléséhez hozzájáruló gázok csökkentése, az elővigyázatosság elve (precautinary principle) alapján az ún. „éghajlati szcenáriók” 25–50 évre történő kivetítése (szcenárió: a latin scenarium szóból származtatott, jelentése az itt használt értelemben a várható események részletekre is kiterjedő leírása).

Hazánkban minden érintett tudományterület kezdettől fogva foglalkozik az éghajlatváltozással és annak hatásaival. Kiemelt jelentőségű e tekintetben a mezőgazdaságot, ezen belül is a növénytermesztést sújtó negatív hatások valószínűsítése, a várhatóan bekövetkező károk elhárítása, mérséklése.

A Nyugat-dunántúli térségben, különösen annak növénytermesztési szempontból legérzékenyebb részén, a Kisalföldön éppúgy, mint országosan, a melegebbre és szárazabbra forduló éghajlati anomáliák kivédésére elsőként az öntözés kínálkozik. A térség felszíni vizekben gazdag. Vízhözamukat azonban az Alpok vízgyűjtő területein lehulló csapadék szabályozza és a hozzánk beérkező vízmennyiséget csak a mindenkori államszerződéses szavatolják. Felkészülésünk tehát nem korlátozódhat csupán az öntözési lehetőségek kihasználására, hiszen nem számíthatunk a mindenkori vízmennyiség tetszés szerinti igénybe vételére.

*A Kisalföld az ország északnyugati részén, az ÉSZ 47°15'–48°-ig és Greenwich-től keletre a 16°30'–18°20' által határolt területen helyezkedik el. Közigazgatásilag ide tartozik Győr-Moson-Sopron megye 97%-a, Komárom-Esztergom megye nyugati része és Vas megye északkeleti térsége. Területe 5300 km<sup>2</sup>, a nagy tájegységeink közül a legkisebb. Összes területéből a legtöbb Győr-Moson-Sopron megyére jut, 4220 km<sup>2</sup>. A terület kisebb tájegységekre tagolása a XX. században többször változott, ma 3 középtájrú osztása elfogadott (Komárom-Esztergomi síkság, Győri-medence, Marcalmedence). A kistáj beosztás további 7 régiót különböztet meg.*

*A terület 70%-a síkság (Tszf.: 100–200 m), 26%-a dombvidék (Tszf.: 200–300 m), 4%-a hegység (Tszf.: 300 m-nél magasabb). A domságok fedőrétege változatos (többnyire lösz), a Sopron körzetében található hegyvidék eruptív eredetű. A Fertő-tó régebbi, nagyobb kiterjedésű parti sávjában (Hanság) a fedőréteg kotu és tőzeg. 1992. okt. 25-ig a Mosoni-síkságon és a Szigetközben gyakori volt az új fedőréteg (nyers,*

karbonátos öntés) képződés, ami a Duna elterelésével megszűnt.

*A Kisalföld felszíni vizekben gazdag, teljes egészében a Duna vízgyűjtő területéhez tartozik. Fő folyói: Duna, Mosoni-Duna, Rába, Rábca, Marcal, Lajta, Répce. Vízhözamuk váltakozó, öntözésre alkalmas. Termékeny völgyeikben az altalajvíz termést befolyásoló szerepe közepes, illetve magas vízállásnál ± irányban egyaránt megjelenik (lásd még később a Szigetközről írottakat). Kedvező altalajvíz nívónál az úgynevezett „csökutas” vízkivétel és öntözés lehetséges.*

A térség jelentős állóvize a Fertő-tó, melynek hazánkhoz tartozó vízfelülete 10–87 km<sup>2</sup> között változik, mivel kicsi a vízgyűjtő területe és a csapadék évi mennyisége egyre kevesebb. Öntözési szempontból említést érdemelnek még a csatornák (közülük legnagyobb a Hansági-főcsatorna), a több mint száz, különböző méretű anyagnyerő helyen feltörő vízzel megtelt bányató, melyek az öntözés mellett rekreációs célokra is hasznosítottak. A felszíni vizek az MSZ-12749 szerint a II–IV. osztályba sorolhatóak.

*A térségben három klimatikus hatás érvényesül:*

- Szubatlanti (Alpokalja, Rába- és Rábca vízgyűjtője),
- Mediterrán (évjáratonként különböző gyakorisággal bármelyik kisebb tájegységben megjelenhet),
- Kontinentális (évjáratonként eddig a legnagyobb gyakorisággal megjelent, teljes területet érő hatás).

A Kisalföld meteorológiai viszonyait a területen található mérőállomások adataival jellemezzük (1–3. táblázat).

Az 1–3. táblázatok adataiból megállapítható, hogy 1951–80 között minimális hőmérsékletemelkedés és kisebb csapadékmennyiség csökkenés következett be, ami térségenként változott. Figyelemre méltó, hogy a térségben, a Komárom-Esztergomi síksághoz közel eső Tata kivételével, már a XX. század második felétől csapadékmeny-

nyiség csökkenést regisztráltak! A szélsőségek időben és térben megjelenő változatoságára azonban éppen Tata szolgált példát, mert 2003-ban itt hullott a legkevesebb csapadék az országban, mindössze 294 mm. A szárazságra vonatkozó adatokat a 4. és 5. táblázat foglalja össze.

*A szárazsági index 30 éves adatait bemutató 4–5. táblázat alapján az alábbi következtetések vonhatók le:*

- a szárazság általában a Kisalföld nagy részét magába foglaló Győr-Moson-Sopron és Komárom-Esztergom megyékben lép fel,

- a szárazsági index 46–84%-kal nagyobb értékű a IV–IX. hónapok közötti tenyészidőben;

- a tenyészidőben nagy valószínűséggel fellépő szárazság a tavaszi vetésű, hosszú tenyészidejű növényeket (burgonya, cukorrépa, napraforgó, kukorica) veszélyezteti;

- a X–VI. hónapok közötti kisebb szárazsági indexek az őszi vetésű áttelelő és az évelő kultúrák (őszi kalászosok, őszi káposztarepce, biborhere, őszi keverékek, lucerna, vöröshere) hozamait mérsékelten veszélyeztetik;

- a szárazsági index értékei a VII–VIII. hónapokban a legnagyobbak, öntözés szempontjából valószínűleg ebben az időszakban van leggyakrabban a mértékadó vízigényes időszak.

*A Kisalföldön minden genetikai főtípusba tartozó talajféleség előfordul, így az I–VI. termőhelyi kategóriák is képviseltetik magukat. Közülük leggyakoribbak a II. és III. kategóriába soroltak.*

*Győr-Moson-Sopron megyében legnagyobb kiterjedésűek a réti jellegű talajok (réti öntés, réti csernozjom) és az erdőtalajok (minden altípus jelen van). A Fertő-tótól délkeletre telkesített láptalajok (kotu), míg a Győri-medence keleti és déli térségében gyengén humuszos talajok jellemzők. A megye déli részén, a kisebb folyóvölgyekben, savanyú öntéstalajok találhatóak. A Szigetközben és a Mosoni-Dunától déli irány-*

*ban többretegű nyers- vagy réti jellegű öntéstalajok az uralkodók. Kémhatás tekintetében: a megye északi részén semleges vagy lúgos (karbonátos) talajok uralkodnak; a Rába, Rábca, Marcal mentén a kémhatás 4–6 pH körül alakul, nagyobb területeken melioratív meszesítésre szorul. A talajok fizikai félesége a legtöbb területen vályog, agyagos vályog és könnyebb, különböző szervesanyag-tartalmú homok. A talajok vízgazdálkodása a termőréteg vastagságától és a felszíni vizek távolságától függ. A legkedvezőtlenebb vízgazdálkodású területek Sopron környékén, a Hanság peremén, a Kemeneshát északi részén és Győrtől keletre találhatóak. A Mosoni-síkságon gyakori a felszín közeli kavicsréteg. A talajok szervesanyag-tartalma, a kotus területek kivételével, a genetikai típusra jellemző értékek alsó szintjén van. A 150 m-nél magasabban fekvő területeken a talajok a „B” szintig erodáltak.*

*Komárom-Esztergom megyében a 150 m alatti területeken a Dunától délre réti-, öntés- és különböző szervesanyag-tartalmú talajtípusok jellemzőek. A Dunántúli-középhegység északi lejtőit különböző mértékig erodált karbonátos erdőtalajok uralják. Szántóföldi növénytermesztésre kiválóan alkalmas talajok a Komárom-Esztergomi-síkságon és Komárom-Mocsa térségében találhatóak.*

*Vas megye északi részén, a folyóvölgyekben változó kémhatású, de többnyire savanyú réti öntéstalajok találhatóak. A legkedvezőtlenebb talajviszonyok a Cser-Kemeneshát tájegységben alakultak ki, ahol a sekély, savanyú termőréteg alatt vastag kavicsréteg van. A megye északnyugati részére erdőtalajok jellemzőek.*

*Összefoglalóan a következő megállapítások tehetők*

- szántóföldi növénytermesztésre alkalmas összefüggő területek a Mosoni-síkság, Győri-medence, Komárom-Esztergomi-síkság, Rábaköz, Kapuvári-sík, Csorna és vidéke, Szigetköz, Sopron-Vasi-síkság;

– a térség szántóföldi növénytermesztésre alkalmas területei a II–III–IV. termőhelyi kategóriákba sorolhatók;

– a jobb minőségű szántóterületek szervesanyag-tartalma többnyire a genetikai típus alsó értékeivel jellemezhető.

Amennyiben az éghajlat melegebb-szárazabb lesz, a felszíni vizektől távolabb eső területeken a talaj-aszály fokozódni fog, az altalajvíz mélyebbre húzódik, csökken a csökkenés öntözés lehetősége, még a jó kapilláris vízemelő képességű talajokon is mérséklődik az altalajvíz talaj-aszályt csökkentő szerepe.

Ezek alapján tehát számítani kell a szervesanyag-tartalom további csökkenésére, a talaj pufferkapacitásának mérséklődésére. Mindezek mellett az időjárás szélsőségek pedig fokozni fogják a termőhely környezeti érzékenységét.

## A SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMELÉS ÁLLAPOTA

Az ezredforduló után a térség összes szántóterülete 350 000 ha-ra tehető, amiből Győr-Moson-Sopron megye 2004-ben 230 000 ha-ral részesedett. A Kisalföld a *Csete és Láng (2004)* által ismertetett ökoszisztéma-potenciál szerint is értékes tájegységünk. Számításaik szerint a középtájak közül a maximálisan megszerezhető 27 ponttal első helyen szerepel a Mezőföld. A Kisalföld középtájainak „helyezése” a következő:

4. Komárom-Esztergomi síkság	21 pont
6. Győri-medence	19 pont
15. Marcal-medence	11 pont

(a 3 középtáj átlagos pontszáma 17,0; szemben a 34 középtáj 13,4-es átlagértékével). Az eddig ismertetett viszonyok között termesztett főbb növények területi és hozam adatait a 6. táblázatban foglaltuk össze.

További általános megállapítások

– a szántóterület egy része évről-évre paragon marad (a 4 megye termőterületének átlagában a vetetlen terület aránya 5,1% volt);

– minden szakmai felvilágosító munka ellenére hiányosságok vannak a víz- és energia-takarékos talajművelés kivitelezésében;

– a vetésszerkezetben csökkent azon fajok részesedése, melyek jó hatásúak a talajtermékenységre, pozitív elővetemény értékűek;

– az öntözési kapacitások (terület, vízmenyiség) nincsenek kihasználva, a hektáronként kijuttatott 100–150 mm-es idénynormák még az ún. „termésstabilizáláshoz” sem elegendők;

– a rendkívül lecsökkent mennyiségű istállótrágya kezelése, kijuttatása szakszerűtlen;

– a térség ökológiai adottságaihoz képest mérsékelt hozamokhoz is kevés a kijuttatott műtrágya;

– az alapvető agrotechnikai hiányosságok növelik a klimatikus anomáliák kiváltotta termés-csökkenéseket.

## MOSONMAGYARÓVÁRI KÍSÉRLETI ADATOK

*Mosonmagyaróvár* (ÉSZ 47°53', Greenwich-től keletre 17°18') környéke és a Mosoni-síkság tipikus alföldi domborzatú terület. Tengersizint feletti magassága 110–120 m. Annak ellenére, hogy az Alpok keleti nyúlványához közel fekszik, éghajlata kontinentális, gyakoriak a szélsőségek.

A fontosabb meteorológiai adatokat a 7–9. táblázatokban foglaltuk össze, a tendenciákat az 1–2. ábrák szemléltetik.

A mosonmagyaróvári mérési adatokat vizsgálva összefoglalóan megállapítható, hogy a Mosoni-síkságon a csapadékmennyiség csökkenése már az 1960-as évektől tart. 1993-tól a száraz-nedves évek aránya a 110 éves átlaghoz viszonyítva 10:2. A hőmérséklet emelkedése csak az 1980-as évektől állapítható meg. A 110 éves átlaghoz viszonyítva 1993–2004 között 11 olyan év volt, amikor az évi középhőmérséklet 0,1–0,9 °C-kal meghaladta a 9,8 °C-ot. Jelentősen nőtt a



napfényes órák száma is, ami együttes következménye a csapadékmennyiség csökkenésének és a hőmérséklet emelkedésének.

A talajviszonyokra jellemző, hogy a genetikai típust és a termőréteg vastagságát tekintve a terület még néhány 100 m<sup>2</sup>-en belül is heterogén. Alapvetően a Duna-öntésen kialakult réti öntés-, többretegű humuszos öntés- és csernozjom réti öntés talaj váltakozik foltookban. A termőréteg 50–120 cm, alatta 700–900 cm vastag, különböző szemcse-összetételű durva kavics, homok, iszap helyezkedik el, jelezve, hogy a Duna mikor, milyen energiával szállította hordalékát. A talajvizsgálati eredményeket a 10. táblázat mutatja be. A táblázatból megállapítható, hogy a terület alapvetően alkalmas minden hazánkban honos művelhető növényfaj számára.

Kísérleti munkánkból az őszi búza, kukorica és lucerna (mindhárom faj termesztése jelentős a Mosoni-síkságon) fajtakísérletek terméscsökkentő adatait mutatjuk be a 11–13. táblázatokban. A 11. táblázatban szereplő 47, különböző éréscsoportba tartozó őszi búzafajta terméseredményeivel kapcsolatos megállapításaink

– mindegyik éréscsoportnál meghatározó volt a IV–VI. havi csapadékmennyiség, amennyiben egyik hónapban sem esett 30 mm-nél kevesebb eső;

– az egyes fajtacsoportok teljesítménye között nincs lényeges különbség;

– minden fajtacsoportban a fajták közötti terméskülönbség meghaladja az évszaktól okozta általános termésdifferenciát, tehát a jó fajtaválasztás alkalmas a csapadék-különbségek okozta negatív hatások mérséklésére.

*A kukorica (12. táblázat) terméseredményeivel kapcsolatos megállapításaink*

– mindegyik fajtacsoportnál meghatározó volt az V–VI–VII. hónapokban hullott csapadékmennyiség;

– a hosszabb tenyészidejű fajtacsoport minden évben nagyobb termést ért el, valószínűleg a nagyobb hőmérséklet és a napfénytartam-növekedés hatására következett be;

– jelentős a fajták közötti termésingadozás, de az éréscsoportok közötti átlagos különbséget jól követi:

FAO 200–300 = 4,0–8,0 t/ha

FAO 300–400 = 3,9–9,2 t/ha

FAO 400–500 = 4,1–12,4 t/ha;

– nagy jelentőségű a jó fajta megválasztása;

– ha az átlaghőmérséklet a közeljövőben 10 °C/év felett állandósul, akkor a hosszabb tenyészidejű fajták nagyobb területi részese-déssel szerepelhetnek a térségben.

*A lucerna terméseredményeivel kapcsolatos megállapítások*

– a takarmány lucerna termését egyértelműen az éves csapadék mennyisége határozza meg;

– a csapadékosabb év a rákövetkező szárazabb év termés-csökkentő hatását is mérsékelte (1996–97, 1998–99);

– a fajták közötti éves termésingadozás lényegesen kisebb, mint az áttelelő és az egynyári szántóföldi fajoknál, ezek szerint a lucernafajta megválasztása is kevesebb kockázattal jár.

## AZ ALTALAJVÍZ TERMÉSRÉ GYAKOROLT HATÁSÁVAL KAPCSOLATOS VIZSGÁLATOK

A mosonmagyaróvári karon 3 évtizede folynak az altalajvíz mozgásával kapcsolatos vizsgálatok, ezek egyik helyszíne a Szigetköz.

A Szigetköz a Kisalföld északi részén elterülő tájegység, a Duna és a Mosoni-Duna folyók ölelésében. Összes területéből 20 000 ha-on szántóföldi művelést végeznek. A szántóterületen többnyire genetikailag fiatal, mézben gazdag öntéstalaj található. Kialakulására a Duna vízjárása, a szállított kőzet-törmelék és szervesanyag döntő hatással volt. A termőréteg vastagsága 0–300 cm közötti, viszonylag kis területen is változó vastagságú és rétegződésű. Az altalajvíz mélységi

elhelyezkedése, mozgása a Duna vízhozamától, a mederfenék mélységétől, a vizsgált terület Dunától való távolságától függ. Az altalajvíz mozgását több száz mérőkút segítségével lehet nyomon követni.

A fontosabb szántóföldi kultúrák hozamai és az altalajvíz elhelyezkedése közötti összefüggéseket 1980–1994 között vizsgáltuk. Az eredmények egy részét a 14. és 15. táblázatban foglaltuk össze.

A 14–15. táblázatok alapján az alábbi megállapítások tehetők

– száraz években, ha az altalajvíz nívója 2,0 m alá süllyed, a napraforgó kivételével mindegyik vizsgált faj hozama csökken;

– csapadékosabb években (586–636 mm/év) a kapillárisan emelhető víz hatása a hozamokra szintén pozitív, de a maximális hozamnövekedés átlag 5%-os.

#### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J. et al. (2004): A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. „AGRO-21” Füzetek, 33. sz., Budapest (2) BIACS P. et al. (2004): A magyar mező- és erdőgazdaság feladatai a klímaváltozás tükrében. „AGRO-21” Füzetek 33. sz., Budapest (3) BOCZ E. (1997): A hazai növénytermesztésnek és fejlődésének fenntarthatósága. DATE, Debrecen (4) BOCZ E. (2004): Vízellátottsági és öntözési jelzés. XXXIII. évf. Zárójelentés, Debrecen (5) CSETE L. – LÁNG I. (2004): Agrárökoszisztémák, regionalitás és biodiverzitás. „AGRO-21” Füzetek, 37. sz., Budapest (6) DOMONKOS P. (2004): Éghajlat előrejelzés 2005–2025 időszakra: „AGRO-21” Füzetek, 33. sz., Budapest (7) FEKETE I. (2004): Újszerű megközelítés a hosszú távú előrejelzésben. „AGRO-21” Füzetek, 33. sz., Budapest (8) GLICK, D. (2004): Földünk vészjelzései – Változó Föld. National Geographic Magyarország 2 (9) 38–67. pp. (9) HANCZ G. (2005): Hűvösebb évet hagyunk magunk mögött. Kisalföld 60 (4) (10) HARGITAI M. (2004): Ütközőzónában. National Geographic Magyarország 2 (10) 76–77. pp. (11) HARGITAI M. (2004): Jövőtudás. National Geographic Magyarország 2 (11) 112–116. pp. (12) HARGITAI M. – LADÁNYI L. (2004): Azért a víz az úr. National Geographic Magyarország 2 (9) 68–77. pp. (13) JOLÁNKAI M. et al. (2003): Az éviárat hatása az őszi búza termésére és minőségére. „AGRO-21” Füzetek, 31. sz., Budapest (14) KAJDI F. et al. (2003): Fajtakísérleti eredmények, Mosonmagyaróvár, 1996–2003. Kézirat. Mosonmagyaróvár, NYME MÉK Növénytermesztési Intézet (15) KÉSMÁRKI, I. (1997): Interaction of Water and Plant Production in the Region of Szigetköz. Előadás, 1997. 22–27 June. International Conference on Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry, Braunschweig (16) KÉSMÁRKI, J. – KAJDI, F. (1997): Interaction of Water and Plant Production of the Region of Szigetköz. Hungarian Agricultural Research. Journal of the Ministry of Agriculture, Hungary 6 (2) 4. p. (17) KÉSMÁRKI I. – KAJDI F. (1998): A víz és a növényi produkció kapcsolata a Szigetközben. Előadás. 1998. dec. 8–9. MTA Konferencián (18) KÉSMÁRKI I. et al. (2004): A globális klímaváltozás hatása a szántóföldi növénytermesztésre a Dunántúl északi részén és javaslatok a további intézkedésekre. Tanulmány. Mosonmagyaróvár (19) PALKOVITS, G. – SCHUMMEL, P. (1991): Növénytermesztési kutatási eredmények a Szigetközben. Acta Agronomica Óváriensis 34. (1) (20) KOLTAY G. (2003): A talajvíz és a talajnedvesség, valamint a tápanyagellátás hatása a növénytermesztési hozamokra a Szigetközben. Doktori (PhD) értekezés. Mosonmagyaróvár (21) KOVÁCS F. (2004): Az üvegházhatásért talán nem az ember a felelős. Előadás a Mindentudás Egyetemén (22) KSH (2004): A KSH jelenti 2000–2004. évek 1–4. számai, KSH Házi nyomda, Budapest (23) KSH (2000, 2001, 2002, 2003): Statisztikai Tájékoztató. A KSH Győr-Moson-Sopron Megyei Igazgatóságának kiadványai (24) LADÁNYI L. (2004): Újabb jégkorszak következik? Kisalföld, 2004. 03. 06. (25) LÁNG I. (2003): Bevezető gondolatok „A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok” c. MTA-KvVM közös kutatási projekthez. „AGRO-21” Füzetek, 31. sz., Budapest (26) LÁNG I. – CSETE L. (1992): Alkalmazkodó mezőgazdaság. Agricola Kiadó, Budapest (27) MIKA J. (1988): A globális felmelegedés regionális hatásai a Kárpát-medencében, Időjárás, 1988. 92. (28) MIKA J. (1991): Nagyobb globális fölmelegedés várható magyarországi hatásai. Időjárás, 1991. 96. (29) MIKA J. (2003): Regionális éghajlati forga-

tökönyvek: Tények és kétségek. „AGRO-21” Füzetek, 32. sz., Budapest (30) MONTAIGNE, F. (2004): Földünk vészjelzései 2. – Élővilág. National Geographic Magyarország 2 (10) 54–75. pp. (31) MORELL, V. (2004): Földünk vészjelzései 3. – Múlt és jövő. National Geographic Magyarország 2 (11) 94–111. pp. (32) NÉMETH I. (2004): Klímaváltozás és a magyarországi mezőgazdaság. „AGRO-21” Füzetek, 33. sz., Budapest (33) NYUSZTAY M. (2005): Európa ma az áldozatokra emlékszik. Népszabadság 63 (3) 2. p. (34) RADÓ S. (1963): Magyarország gazdaságföldrajza. Gondolat Kiadó, Budapest (35) SCHÄR, C. et al. (2004): The sole of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Nature 427. (36) SZENTGYÖRGYI Zs. (2003): Lobbik, modellek szorításában, heves viták a klíma változásának hátteréről. Népszabadság, 2003. 11. 15. (37) VARGA-HASZONITS Z. (1987): Meteorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (38) VARGA-HASZONITS Z. (2000): Magyarország éghajlati erőforrásainak agroklimatológiai elemzése. Mosonmagyaróvár, LÓRIPRINT Kiadó (39) VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati szcenáriók. „AGRO-21” Füzetek, 31. sz., Budapest (40) VARGA-HASZONITS Z. et al. (2003): A havi és az évi középhőmérsékletek alakulása a 20. században Magyarországon. Acta Agronomica Óváriensis 45 (2) Mosonmagyaróvár (41) VERMES L. (2004): Agroökológia és vízgazdálkodás. „AGRO-21” Füzetek, 37. sz., Budapest

1. táblázat

Az évi középhőmérséklet 30 éves átlagai, 1901–2000 között,  
a térség 3 mérőállomásának adatai alapján

30 éves periódusok	Evi középhőmérsékletek, °C			
	Mosonmagyaróvár	Pápa	Szombathely	Országos átlag
1901–1930	9,8	10,6	9,3	10,3
1911–1940	9,9	10,7	9,4	10,4
1921–1950	10,0	10,7	9,6	10,6
1931–1960	10,1	10,6	9,6	10,5
1941–1970	10,0	10,3	9,4	10,3
1951–1980	9,8	10,0	9,2	10,0
1961–1990	9,7	9,9	9,3	9,9
1971–2000	9,9	10,1	9,6	10,1

2. táblázat

A hőmérséklet és a csapadék havi értékei megyénként, az 1951–80. évek átlagában

Hónapok	Megyék					
	Gvőr-Moson-Sopron		Komárom-Esztergom		Vas	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm
Január	-1,3	30	-1,3	40	-1,7	29
Február	0,9	34	1,0	36	0,3	25
Március	5,1	32	5,3	32	4,2	37
Április	10,4	42	10,7	46	9,4	43
Május	15,3	51	15,2	56	14,1	65
Június	18,9	75	19,1	77	17,8	81
Július	20,3	63	20,4	75	19,1	86
Augusztus	19,7	60	19,9	57	18,6	69
Szeptember	15,7	40	16,0	51	14,9	50
Október	10,3	41	10,8	45	9,5	48
November	5,2	56	5,4	64	4,3	52
December	1,0	41	0,9	49	0,3	32
Átlag/összesen	10,1	565	10,3	627	9,2	616
eltérés az 1901–1950. évektől	0,1	-8	0,2	7	-0,1	-8

3. táblázat  
A megyei mérőállomások 10–30–50 éves csapadék adatai 1901–80. évek között, a szélsőségek feltüntetésével

Időszak	Mérési helyek			
	Moson- magyaróvár	Szombathely	Pápa	Tata
	Csapadék, mm			
1901–10	609	729*	688*	562
1911–20	595	685	655	573
1921–30	598	579**	617	578
1931–40	610	672	644	634*
1941–50	604	658	675	549**
1901–50 (50 év átlaga)	603	665	656	578
1951–60	629*	660	673	580
1961–70	589	685	670	597
1971–80	524**	583	596**	606
1951–80 (30 év átlaga)	581	643	646	594
Változás az 1951–80 időszakban***, %	96	97	98	105

\* a legcsapadékosabb évtized – \*\* a legszárazabb évtized – \*\*\* az előző 50 évhez viszonyítva

4. táblázat  
A csapadék és a szárazsági index értékei 1901–80 között

Megyék	Éves csapadék			Levegő éves párologtató képessége, mm	Szárazsági index				
	Mennyiség, mm	Relatív megoszlás, b			Évi	IV–IX. hó	X–VI. hó	Relatív értékei, %	
		IV–IX. hó	X–VI. hó					IV–IX. hó	X–VI. hó
Gy-M-S	565	59	41	902	1,6	2,31	1,34	172	100
K-E	631	58	42	884	1,4	2,24	1,22	184	100
Vas	616	64	36	745	1,2	1,61	1,10	146	100
Veszprém	709	60	40	809	1,1	2,24	1,22	184	100

5. táblázat  
A szárazsági index alapján legkedvezőtlenebb időszakok 1951–80 között

Megyék	A legkedvezőtlenebb évek és a szárazsági index	A legkedvezőtlenebb hónapok és a szárazsági index	A legkedvezőtlenebb időszakok és a szárazsági index	
			IV–IX. hó	X–VI. hó
Gy-M-S	1967 (2,42) 1978 (2,39)	IX. (2,50) VII. (2,38) VIII. (2,30)	1952 (3,65) 1961 (3,28) 1962 (3,23)	1968 (2,58) 1964 (1,70) 1973 (1,68)
K-E	1967 (2,20) 1968 (2,18)	VII. (2,30) IX. (2,22) VIII. (2,87)	1961 (3,93) 1952 (3,90) 1962 (3,45)	1968 (2,24) 1960 (1,54) 1954 (1,50)
Vas	1971 (2,11) 1952 (1,64)	VIII. (1,67) IX. (1,60) IV. (1,49)	1952 (2,91) 1976 (2,21) 1973 (2,05)	1968 (1,86) 1973 (1,73) 1958 (1,46)
Veszprém	1967 (2,33) 1953 (1,89)	VIII. (1,82) VII. (1,72) VI. (1,72)	1961 (3,97) 1952 (3,09) 1964 (2,62)	1968 (2,57) 1964 (1,52) 1961 (1,47)

6. táblázat  
Főbb szántóföldi kultúrák területi- és hozam adatai Győr-Moson-Sopron megyében,  
2000–2003 között

Évek	Közigazgatási terület							
	Országos				Győr-Moson-Sopron megye			
	Növényfajok területe (ezer ha)							
	búza	kukorica	napraforgó	lucerna	búza	kukorica	napraforgó	lucerna
2000	1048	1245	320	165	58,5	38,5	12,6	8,2
2001	1209	1285	321	158	63,0	41,5	11,3	8,6
2002	1112	1238	421	161	63,3	42,1	11,2	8,6
2003	1117	1179	514	154	65,5	45,4	14,4	9,5
Hozamok (t/ha)								
1996–2000	3,79	5,67	1,57	4,99	3,88	5,62	1,77	5,57
2000	3,60	4,15	1,62	4,24	3,65	4,35	1,81	5,22
2002	3,51	5,05	1,86	4,48	3,75	4,49	1,98	4,41
2003	2,64	3,95	1,90	3,46	3,21	4,46	2,23	5,00

Műtrágya felhasználás	országosan, 2003-ban:	78,0 kg/ha
	Győr-Moson-Sopron megyében, 2003-ban:	156,0 kg/ha
Szervestrágya felhasználás	országosan, 2003-ban:	1,0–1,1 t/ha
	Győr-Moson-Sopron megyében, 2003-ban:	1,1–1,2 t/ha

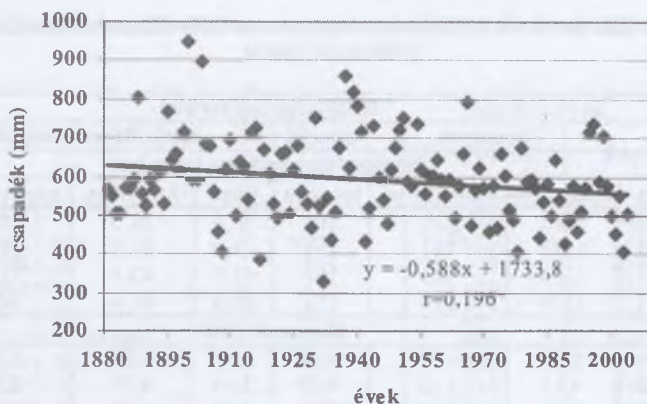
7. táblázat  
Az évi csapadék és középhőmérséklet alakulása Mosonmagyaróváron, 1881–2004 között

Időszak	Csapadékmennyiség, mm		Évi középhőmérséklet, °C	
	évi átlag/összes	ingadozás	évi átlag	ingadozás
1881–1990	597**	327–947	9,8	7,9–11,4
1901–1950	594*	327–947	9,9	7,9–11,4
1961–1990	555*	407–791	9,7	8,6–11,6
1980–1998	567*	426–736	9,9	8,6–11,6
1993–2003	571*	406–736	10,6	8,9–11,7
1993	510*		10,0	
1994	573*		11,6	
1995	715**		10,2	
1996	736**		8,9	
1997	588*		9,9	
1998	676**		10,6	
1999	575*		10,6	
2000	501*		11,7	
2001	453*		10,4	
2002	549*		11,5	
2003	406*		10,8	
2004	506*		10,2	

\* szárazabb időszak az 1901–50. évek átlagához viszonyítva

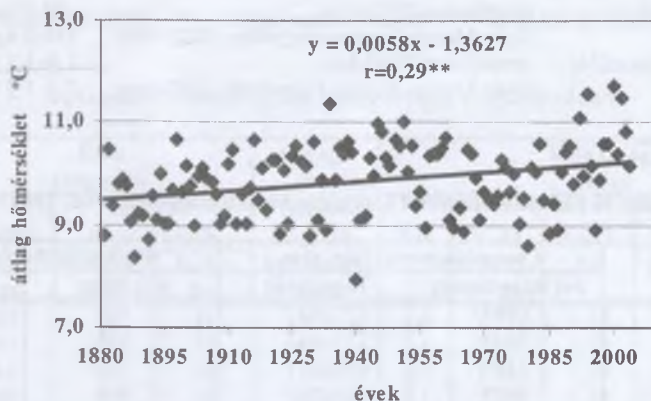
\*\* nedvesebb időszak az 1901–50. évek átlagához viszonyítva

1. ábra



Az éves csapadék trendje Mosonmagyaróváron az 1881–2004 közötti időszakban

2. ábra



Az éves középhőmérséklet trendje Mosonmagyaróváron az 1881–2004 közötti időszakban

8. táblázat

A napsütéses órák alakulása Mosonmagyaróváron, 1901–2004 között

Időszak	Napsütéses órák száma/év	
	évi átlag	ingadozás
1901–1950	1916	1820–2131
1987–1998	1957	1993–1997
1995–2003	2000	1863–2342
1996	1863	
1997	2131	
1998	1973	
1999	1907	
2000	2120	
2001	1939	
2002	1879	
2003	2342	
2004	1888	

9. táblázat

Fontosabb meteorológiai adatok Mosonmagyaróváron, 1999–2004 között

Hónap	csapadék (mm)			napfényes órák száma			hőmérséklet (°C)		
	1999	2003	2004	1999	2003	2004	1999	2003	2004
Január	12,2	37,9	37,5	53,3	63,7	96,5	-0,3	-1,5	-2,1
Február	48,7	0,8	42,7	70,8	127,4	80,8	0,8	-1,8	2,2
Március	18,8	3,2	64,8	144,3	177,7	115,6	7,0	6,0	4,4
Április	63,8	24,9	49,4	187,5	209,5	166,1	11,6	10,2	11,6
Május	49,8	57,0	58,8	260,8	294,6	237,9	16,1	18,0	13,9
Június	98,3	59,4	95,8	238,4	330,9	240,9	18,6	22,3	18,0
Július	67,8	62,9	17,2	260,0	278,1	246,6	21,3	21,4	20,1
Augusztus	50,8	40,1	11,6	239,7	332,1	282,9	19,1	23,3	20,6
Szeptember	27,9	18,4	31,1	198,2	228,7	205,8	17,9	15,9	15,5
Október	27,4	57,0	39,3	139,5	125,1	115,7	10,5	7,9	11,6
November	62,6	21,9	40,4	48,1	94,4	54,4	3,4	6,8	5,2
December	47,1	22,3	17,2	66,1	79,5	44,7	0,7	0,7	0,9
Összesen	575,2	405,8	505,8	1906,7	2341,7	1887,9			
X–III. hó	225,8	233,3	246,2						
IV–IX. hó	358,4	262,7	263,9						
Átlag							10,56	10,77	10,15

10. táblázat

A mosonmagyaróvári kísérleti területek talajvizsgálati eredményei

Vizsgált paraméterek	Mértékegység	A felső 0–40 cm talajréteg vizsgálati eredményei
pH érték	KCl	7,09–7,18
Kötöttség	K <sub>A</sub>	48,0–60,0
CaCO <sub>3</sub>	%	16,0–22,0
Humusz	%	3,15–3,65
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	mg/kg	8,10–38,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	153,0–286,0
K <sub>2</sub> O	mg/kg	146,0–370,0
Mg	mg/kg	299,0–422,0
Na	mg/kg	64,0–92,0
Zn	mg/kg	2,30–3,10
Cu	mg/kg	4,80–6,10
Fe	mg/kg	17,0–24,0
Mo	mg/kg	0,01–0,03
B	mg/kg	0,25–0,41

11. táblázat

Az őszi búza termése Mosonmagyaróváron 1998–2004 között,  
a fajtakísérleti eredmények alapján (nedv. tart.: 13%)

Érécsoport	Évek	Szemtermés a fajták átlagában, a fajták közötti ingadozás feltüntetésevel		
		t/ha	%	ingadozás, t/ha
A (korai)	1998**	9,51	130	8,67–10,62
	1999*	7,91	108	7,02–8,86
	2000*	6,89	94	5,86–7,99
	2001*	5,69	78	4,88–6,61
	2002*	7,51	103	6,57–8,80
	2003*	6,39	87	5,53–7,16
	2004*	6,03	85	3,91–7,14
	1998–2004	7,13	100	–
B (középérésű)	1998**	9,45	130	7,38–10,87
	1999*	7,72	106	5,82–8,89
	2000*	6,93	96	5,56–8,27
	2001*	5,78	80	5,04–6,48
	2002*	7,55	104	6,35–8,89
	2003*	6,07	84	5,30–6,98
	2004*	8,12	110	6,72–9,06
	1998–2004	7,37	100	–
C (középkései)	1998**	9,20	124	8,25–10,55
	1999*	7,41	100	5,63–9,02
	2000*	7,19	97	6,71–7,47
	2001*	6,73	91	5,19–8,01
	2002*	7,40	100	6,65–8,14
	2003*	6,59	89	6,19–7,16
	2004*	6,91	94	5,12–8,61
	1998–2004	7,35	100	–

\* száraz évek átlaga (A + B + C) = 6,91 t/ha = 100%

\*\* csapadékos évek átlaga (A + B + C) = 9,39 t/ha = 136%



12. táblázat

A kukorica termése Mosonmagyaróváron 1998–2003 között,  
a fajtakísérleti eredmények alapján (nedv. tart.: 14%)

FAO-index (vizsgált fajták, fajtajelöltek száma)	Évek	Szemtermés a fajták (fajtajelöltek) átlagában, a fajták közötti ingadozás feltüntetésével		
		t/ha	%	ingadozás, t/ha
200–300 (11)	1998*	5,8	114	4,9–7,1
	1999*	6,1	120	5,4–8,0
	2000*	4,7	92	3,9–7,0
	2001*	4,8	94	4,0–5,7
	2002*	4,1	80	2,9–5,0
	2003*	5,0	98	4,5–6,0
	1998–2003	5,1	100	–
300–400 (14)	1998*	6,7	110	5,9–8,1
	1999*	7,3	120	6,0–9,2
	2000*	5,6	92	4,3–7,0
	2001*	5,6	92	4,8–7,7
	2002*	4,8	79	3,9–6,8
	2003*	6,3	103	5,4–7,6
	1998–2003	6,1	100	–
400–500 (8)	1998*	10,8	121	7,3–12,4
	1999*	12,7	143	8,4–14,3
	2000*	7,2	81	6,0–9,3
	2001*	8,2	92	6,9–9,1
	2002*	5,4	61	4,1–7,5
	2003*	9,0	101	7,7–12,0
	1998–2003	8,9	100	–

\* száraz évek átlaga (A + B + C) = 6,5 t/ha = 100%

\*\* csapadékos évek átlaga (A + B + C) = 7,8 t/ha = 120%

13. táblázat

A lucerna (1–4 éves állományok) szénaértékben kifejezett hozamai Mosonmagyaróváron  
1993–2003 között, a fajtakísérleti eredmények alapján

Évek (vizsgált fajták, fajtajelöltek száma: 4–9 db)	Magtermés a fajták (fajtajelöltek) átlagában, a fajták közötti ingadozás feltüntetésével		
	t/ha	%	ingadozás, t/ha
1993*	6,5	76	5,9–7,0
1994*	6,6	76	6,1–7,2
1995**	11,6	135	10,8–12,6
1996**	12,2	142	11,1–13,5
1997*	9,8	114	8,3–10,9
1998**	10,1	117	9,0–11,3
1999*	9,8	114	8,9–11,0
2000*	7,8	91	7,2–8,7
2001*	6,9	80	6,0–7,9
2002*	7,5	87	6,9–8,3
2003*	5,8	67	4,9–6,6
1993–2003	8,6	100	–

\* Száraz évek átlaga = 7,6 t/ha = 88%

\*\* Csapadékos évek átlaga = 11,3 t/ha = 131%

14. táblázat

A fontosabb növényfajok részeseése a szántóterületből és átlagterméseik a különböző csapadék-ellátottságú években, 1980–1994 között, a Szigetközben

Növényfaj	Részeseedés a szántóterületből, %	Átlagtermés 1980–94 között, t/ha	Csapadékosabb években (586–646 mm)	Közepes csapadékú években (519–546 mm)	Száraz években (426–478 mm)
			1980–94 közötti átlaghoz viszonyított hozam, %		
Őszi búza	20,00	5,50	106,5	95,3	93,8
Őszi árpa	8,50	4,84	103,7	100,0	91,1
Tavaszi árpa	9,70	5,06	105,3	99,4	90,1
Borsó	5,90	2,76	111,6	101,1	77,5
Napraforgó	5,20	2,30	104,3	97,4	99,1
Kukorica	16,20	6,75	113,9	99,8	88,1
Silókukorica	7,70	26,70	113,2	108,3	84,6
Cukorrépa	12,00	40,68	115,4	96,7	89,7
Lucerna	3,60	32,49	108,4	96,7	95,9
Átlag	–	100,00	109,1	99,4	90,0

15. táblázat

Átlagos termésmennyiség változása a száraz években, 1980–1994 között, a Szigetközben, az altalajvíz mélysége szerint (április–szeptember)

Növények	Altalajvíz szintje, cm				
	> 150	150–200	200–300	300–500	< 500
	Termésmennyiség, %				
Őszi búza	102,0	104,4	96,4	86,4	85,1
Őszi árpa	127,1	87,2	101,4	92,6	77,9
Tavaszi árpa	104,7	93,1	92,0	84,6	79,6
Borsó	105,1	118,8	84,4	53,6	41,7
Napraforgó	103,9	130,4	123,0	91,7	73,9
Kukorica	103,9	111,8	95,3	73,5	53,6
Silókukorica	97,3	92,4	92,5	78,9	52,3
Cukorrépa*	93,3	91,3	92,8	85,2	84,8
Lucerna	100,6	97,2	99,4	95,5	67,1
Átlag	104,2	103,0	97,6	82,4	68,4

\* pótlólagos öntözéssel

# A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI ÉS VÁLASZAI KÖZÉP- ÉS DÉL-DUNÁNTÚL SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMELÉSÉBEN

KISMÁNYOKI TAMÁS

## ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánk változatos éghajlati körülményei miatt tájegységenként nagy a faj- és fajta-választás jelentősége. A Dunántúl középső és déli részén minden termikus és nedvességi zóna megtalálható, ezért sokféle növény termeszthető. A prognosztizált klímaváltozási hatásokra való felkészülés célja a kockázatok csökkentése.

A klímaváltozás várható káros hatásai fajtanemesítéssel és a vízmegőrző agrotechnikákkal mérsékelhetők. A talajművelésben alapvető feladat, hogy alkalmazkodjanak a talaj adottságokhoz, a talajállapothoz. Előtérbe kerülhetnek a talajkímélő és energiatakarékos művelési rendszerek, amelyek nem a technológiai folyamatok mechanikus leegyszerűsítését jelentik, mivel a fellépő nagyobb mértékű gyomosodás, a vízgazdálkodási, hőgazdálkodási sajátosságok a különböző agronómiai megoldások széles körű ismeretét igénylik. Nagy szervesanyag-tartalmú, mély termőrétegű, kitűnő szerkezetű talajokon monokultúrában, művelés nélküli technológiával is termeszthetők az arra alkalmas növények, melynek korlátja – nedves viszonyok között – elsősorban a gyomosodás, de a kártevők és kórokozók felszaporodása is lehet, míg száraz viszonyok között a talaj vízkészletével való gazdálkodás a korlát. Gyengébb talajokon, ahol már a talaj szerkezeti állapota kerül minimumba, a vetésforgók és a vetésváltás szerepe felértékelődik.

A nagy területen termesztett fő növényeknél (búza, kukorica) célszerű alkalmazni a precíziós mezőgazdaság és a legintenzívebb fajták és hibridek előnyeit.

A gyengébb agroökopotenciállal rendelkező tájegységek esetében előtérbe kerülhetnek a táj- és környezetvédelmi funkciók, a szántóterület csökkentése, talajvédő gyepesítés, erdő, halastó, energianövények és alternatív növények termesztése, fajtafenntartása és fajtaspecifikus termesztési technológiáinak fejlesztése, továbbá vetőmagszaporítása. A Dunántúl jelentős részét ez a termelési irány foglalná el.

Az aprómagvak, fűfélék, vetőgumó, takarmánynövények, kettőstermesztés növényei, zöldtrágyanövények beiktatása a vetésszerkezetbe és ezek vetőmag előállítása fontos és hízagypótló jelentőségű lehet egyes termelési körzetekben. Fejleszhető a fűszer- és gyógynövények termesztése, továbbá az ökológiai gazdálkodás különböző módszereinek nagyobb arányú elterjesztése.

A Dunántúlon több évtizede folyó, évjáráthatást és tápanyagutánpótlást vizsgáló szabadföldi tartamkísérletek és meteorológiai vizsgálatok alapján több megállapítás tehető. A búzánál a szervestrágyázott parcellák 1000 kg/ha terméstöbbletet adtak a csak műtrágyázottakhoz képest, de alacsonyabb N szinteken is szignifikáns terméstöbbletet értek el. A búza termése a száraz években a sokévi átlagtól alig tért el. Ugyanakkor a nedves évjáratokban a száraz évekhez képest a termés mennyisége 1300 kg/ha-ral kisebb volt. Ez feltételezhetően és a tapasztalatok alapján a kórtani problémák nagyobb mértékű elterjedésével magyarázható.

A kukoricatermések az évek átlagában 6–8 t/ha között változtak, a kísérletekben kiderült, hogy kedvező, csapadékos évjáratban a kukorica, azonos agrotechnikai viszonyok között, közel kétszeres termésre képes, mint csapadékhány esetén. Az évi bonítások során jelentős kórtani problémákat egyik csoportban sem tapasztaltunk.

Az őszi árpánál a szemtermés 2,8–4,8 t/ha intervallumban növekedett a N adagoktól függően. Az őszi árpa termése az egyes évjáratokban kiegyenlített volt, a nedves és száraz évjáratok között szignifikáns differenciát nem tapasztaltunk.

Mérsékelt száraz években a megfelelő trágyázás bizonyos mértékben ellensúlyozhatja a vízhiányt, javítja a vízhasznosulást, összességében csökken a terméshozam. A szárazság fokozódásával a műtrágya hasznosulása a búzánál lecsökken, kukoricánál pedig „átsap terméscsökkentő tényezővé”. Az aszály elleni küzdelem hatékony és olcsó eszköze a műtrágya volt. Az adott vidéken erről le kell mondani.

### A TERMŐHELYEK ÉS A KLÍMA KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK A DUNÁNTÚLI NÖVÉNYTERMELÉSBEN

A 21. században felmelegedési tendencia várható, vagyis fokozatos hőmérséklet-emelkedés, kevesebb csapadék, egyenlőtlen csapadékeloszlás és az aszályok gyakoriságának növekedése prognosztizálható. Ettől függetlenül a szélsőséges időjárási jelenségek száma is megszorodik (korai vagy kései fagyok, időnként vastag hótakaró, szélviharok, heves záporok stb.).

A kedvezőtlen időjárási hatások mérséklése érdekében a növénytermelés minden területén fel kell készülni azon lehetséges agronómiai eljárások kifejlesztésére és alkalmazására, amelyek az időjárási anomáliákból származó kockázatokat csökkentik. E célok megvalósítása érdekében a növénytermesztésben nem kerülhető meg a tájgazdálkodás és a regionális gondolkodás kérdése.

A tájgazdálkodás a mezőgazdasági termelés területi specializációja – bonyolult kölcsönhatásokból álló rendszer – a természeti feltételeknek legjobban megfelelő, a növényfajok és fajták biológiai igényeit a lehető legteltesebben figyelembe vevő gazdálkodás. A tájgazdálkodás előnye abban rejlik, hogy minden növényfaj esetében meghatározható a viszonylagos termőhelyi optimum, illetve az ehhez közelítő térség, ahol magas

minőségű, az átlagot meghaladó hozam érhető el, kisebb ráfordításokkal. Meghatározhatók azon területek is, amelyek az agrotechnikai viszonyok szerint ma gazdaságosan mezőgazdasági termeléssel nem hasznosíthatók. Minél inkább érvényesülnek ezek az elvek, annál jobban érvényesülnek a környezetkímélő gazdálkodási rendszerek is.

Minél *klímaérzékenyebb* egy növényfaj, annál kisebb terület jelölhető meg termelési körzetként. *E termelési körzeteket mint mikrorégiót* tekintjük a tájtermelés legkisebb egységeinek, ültetvények és szántóföldi kertészeti kultúrák esetében.

*Középtáj (mezorégió)* a több termelési körzetet átfogó, illetve a főbb szántóföldi növények szempontjából klimatikusan azonos terület. Ezen belül a termesztési tényezők által okozott különbségek műveléssel, helyes fajtakiválasztással korrigálhatók.

A *nagyfaj (makrorégió)* több, a makroklimatikus hatások tekintetében közös jellemvonású középtájat fog át.

*Magyarország klimatikusan és a tájgazdálkodást tekintve 135 sajátos mikroklímájú termelési körzetre, 35 középtájról és 7 nagy tájegységre osztható, talajtípusok szerint viszont 205 homogén egység különíthető el.*

A növénytermesztés és mezőgazdaság irányítása és tervezése tekintetében a szántóföldi, a rét-legelő- és az erdőgazdálkodásban a középtájak, a szaporító anyagok, a kertészet, a gyógy- és fűszernövények esetében pedig a termelési körzetek alapul vétele jön

számításba. A nagytájakat főként a szakoktatás és szaktanácsadás szempontjából tartjuk fontos alapegységnek.

*A tájtermesztés egyben fajtapolitikai kérdés is.*

Az adott középtájakban, tájkörzetekben működő *kutatóhelyeknek* elsősorban a tájkezelési igényeket kellene kielégíteniük. Ezzel összefüggésben a *szaktanácsadási* hálózat esetében feltétlenül figyelembe kell venni a táj adottságait, sajátosságait. Ezek egyre nagyobb jelentőséget kapnak a közép- és felsőoktatásban, továbbképzésben is. A Dunántúlon 4 nagytáj és ezek alá besorolt 14 középtáj található.

*Kisalföld:* Győri-medence, Marcal-medence, Komáromi-Esztergomi-síkság. *Nyugat-magyarországi peremvidék:* Alpokalja, Sopron-Vasi-síkság, Kemeneshát, Zaladomság. *Dunántúli-dombvidék:* Külső-Somogy, Belső-Somogy, Tolna-Baranyadomság, Mecsek-Mórágai-rög. *Dunántúli-középhegység:* Bakony-vidék, Vértes és Velencei-hegység vidéke, Dunazug-hegyvidék. Továbbá a *Dunai-Alföld* nagytáj két mezorégiója: Mezőföld, Dráva menti síkság.

A Dunántúl térsége mind a klíma, mind pedig a talajok tekintetében meglehetősen heterogén. Talajai elsősorban barna erdőtalajok valamelyike, kisebb mértékben csernozjom, még kevesebb a réti és öntéstalaj, legkevesebb a rendzina és láp. A változatos agroklimatológiai besorolás és a különböző termékenyséű talajok jelenléte meghatározza az ide megfelelő vetésszerkezetet, faj és fajta megválasztást és a talajhasználat módját.

*A nagy klimatoleranciájú* növények esetében, és ilyenek zömében a szántóföldi növények, a tájkezetek viszonylag nagy egységben határozhatók meg, s a foltokban, vagy kisebb térségekben jelentkező talajeltérések *agrotechnikailag és fajta megválasztással* korrigálhatók. *A kis klimatoleranciájú* növényeknél, és ilyen a kertészeti kultúrák zöme, a kisebb területek lehatárolásának nagy a jelentősége, mivel igazán jó minőségű és biztonságos termelés csak pontosan meghatározott területeken érhető el.

Hazánkban a tájtermelésnek komoly hagyományai vannak, amelyek nemzetközileg is elismertek voltak.

A területfejlesztésről és a területrendezésről szóló 1996. évi XXI. törvénynek már számolnia kellett azzal, hogy az EU-hoz való csatlakozás előkészítése megköveteli az ott kialakított és használt területbeosztáshoz való alkalmazkodást. Erre a célra a tervezési-statisztikai régió látszott alkalmas megoldásnak. Az Országgyűlés 1998. március 10-i ülésnapján elfogadta az OTK-ról szóló határozatot, és ezen belül az ország hét tervezési-statisztikai régióra való felosztását, a Dunántúlon a következők szerint:

- Közép-Dunántúl: Fejér, Komárom-Esztergom, Veszprém,
- Nyugat-Dunántúl: Győr-Moson-Sopron, Vas, Zala,
- Dél-Dunántúl: Baranya, Somogy, Tolna.

## MAGYARORSZÁG TERÜLETÉNEK AGROKLIMATOLÓGIAI JELLEMZÉSE

Hazánk területének agroklimatológiai jellemzését *Ajtay és Varga-Haszonits* végezte el. Osztályozási eljárásuk lényege, hogy a napi középhőmérsékletek tavaszi 10 °C fölé emelkedésének időpontjától az őszi 10 °C alá süllyedésének időpontjáig terjedő időszakot tekintették a vegetáció intenzív szakaszának, s erre az időszakra határozták meg az agroklimatológiai jellemzőket.

Termikus jellemzőként az említett időszak hőmérsékleti összegét használták. Nedvességi jellemzőként a csapadékot és a Szeljanyinov-féle hidrotermikus koefficienszt használták.

A már említett jellemző értékek alapján megközelítőleg a 1. ábrán bemutatott módon lehet hazánk területét agroklimatológiai szempontból osztályozni.

Az I. körzet jellemzője a 3400 °C-ot meg-

haladó hőmérsékleti összeg, az 1,0 körüli vagy alacsonyabb hidrotermikus koeficiens. Tehát meleg, száraz területnek tekinthető.

Az I/a körzet a legmelegebb és a legszárazabb.

B körzetben a vegetációs periódus vizsgált szakaszában a vízkiadás meghaladja a vízbevételt.

A csapadékösszeg 330 mm alatt marad, az I/a körzettel közel azonos területen pedig nem éri el a 300 millimétert sem.

A II. körzet hőmérsékleti viszonyait a 3200–3400 °C közötti hőmérsékleti összegek jellemzik, a hidrotermikus koeficiens értékei pedig 1,0 és 1,3 között váltakoznak. Ez a terület mérsékelt meleg és mérsékelt száraz.

A III. körzet jellemzője a 3000–3200 °C közötti hőmérsékleti összeg és az 1,3–1,6 közötti hidrotermikus koeficiens. A csapadékösszeg 370 és 450 mm között változik. Ezek a mérsékelt hűvös és mérsékelt nedves területet reprezentáló értékek a Dunántúl északnyugati részére jellemzőek.

A III/a körzet jelentősebb részén a hőmérsékleti összeg meghaladja a 3200 °C-ot. A hidrotermikus koeficiens értékei meggyeznek (1,32–1,6) a III. körzetével. A csapadék viszont bőségebb, értékei 420–490 mm között változnak. Ezek a viszonyok a Dunántúl délnyugati részére jellemzőek.

A III/b körzet egy részén a hőmérsékleti összegek 3000 °C alatt, a hidrotermikus koeficiens 1,3 alatt maradnak. A csapadékmennyiség 330–380 mm között ingadozik. Ezek a viszonyok főleg az ország északi részén találhatók.

A III, III/a és III/b körzetek jelentik tehát az átmenetet – a maguk változatosságával – az ország területén kialakult melegebb és szárazabb, valamint a hűvösebb és nedvebb meteorológiai viszonyok között.

A IV. körzet inkább csak foltokban fordul elő a nyugati határszélen, a Bakonyban és a Mátrában. Jellemzői a 3000 °C alatti hőmérsékleti összeg és 1,6-ot meghaladó hidrotermikus koeficiens. Ezek tehát hűvös, nedves területek.

A csapadékösszeg a Mátrában a 400 mm-t, Szentgotthárd környékén pedig az 500 mm-t is meghaladja.

*A fentiekből kitűnik, hogy a Dunántúl középső és déli részén minden termikus és nedvességi zóna megtalálható, ezért a növénytermesztés lehetősége sokszínű. Sokféle növény termeszthető, ugyanakkor néhány kevésbé klíma-toleráns növény esetében a tájgazdálkodás és a mezoregiókban való faj- és fajtaválasztéknak a jelentősége nagy. A felmelegedési tendencia hatására feltételezhető az agroklimatológiai zónák módosulása, illetve évszakraonként vagy periódusonként eltolódás várható.*

Hazánk viszonylag kis, de változatos tájegységeit a víz- és hőellátás együttes hatásainak jellemzésével tudjuk éghajlati felosztás tekintetében besorolni. A víz- és hőellátottság fokozataiból 16 kombináció képezhető, Magyarországon ezekből 12 éghajlati körzet alakítható ki. A meleg-száraz és a hűvös-nedves szélső esetektől eltekintve a Dunántúlon a többi 10 éghajlati körzet megtalálható. Ez utal arra, hogy tájegységként a faj- és fajtamegválasztás jelentősége nagy, a vetésszerkezet tervezésének nélkülöznie kell a sematizmust.

Ismert tény az, hogy 10 évente mintegy 0,2 °C évi átlagos emelkedéssel számolhatunk, és ezzel párhuzamosan a csapadékösszeg csökkenésével, amely leginkább a nyári félév és a tenyészidőszak aszály jelenségeiben nyilvánul meg. Ehhez fel kell zárkózni a *fajtanemesítéssel és a vízmegőrző agrotechnikák kifejlesztésével.*

Az elmúlt tíz évben az egyes régiókban a termelésben és a vetésszerkezet alakulásában bizonyos változások mentek végbe, amelyek motivációja a mezőgazdaság átalakulása és többnyire a tőkehiány, az input elégtelen volta.

*Magyarország agroökológiai körzeteit – az ország igen változatos területei miatt – viszonylag kisebb egységekre kell bontani, hogy kellően tükrözze az ország változatos éghajlati, talaj-, hidrológiai és felszíni sajátosságai mellett a mezőgazdasági termelést,*

annak szerkezetét és részben eredményességét. Az agroökológiai körzetek kijelölésére már korábban kidolgozott és továbbfejlesztett (*Bulla, Pécsi, Somogyi, Stefanovits, Jakucs, Láng et al.*) természeti földrajzi középtájak bizonyultak a legalkalmasabbaknak. A természeti földrajzi középtájak agroökológiai egységekből tevődnek össze, amelyeken belül a *tájfejlődés folyamata* – az uralkodó tájalkotó ökológiai tényezők egymásra hatása miatt – a *termőhelyi adottságok, a tájpotenciál többnyire hasonló*.

Magyarország agroökológiai körzeteit és annak számozását a 2. ábra tartalmazza.

### MAGYARORSZÁG ÉS A DUNÁNTÚL AGROÖKOLÓGIAI FAJSPECIFIKUS PARAMÉTEREI

A különböző tájak ökológiai értékelése, a termelés fejlesztési irányának meghatározása nem valósítható meg a fontosabb természeti adottságok számszerűsítése nélkül. A talaj és az éghajlat az a két legfontosabb alrendszer, amely megszabja a mezőgazdasági termelés, ezen belül a növénytermesztés lehetőségeit és határait. Hazánk viszonylag kis földrajzi kiterjedése ellenére mind a talaj, mind pedig az éghajlat sajátosságait tekintve a nagy területi variabilitás az egyik legdöntőbb vonás. Ennek következtében az ökológiai szempontból hasonló területek kiterjedése viszonylag csekély, számuk viszont nagy. A nagy agroökológiai területi variabilitás nehezíti, olykor pedig megakadályozza az olyan általános irányelveknek a kidolgozását, melyek általánosan követhetők. E probléma egyetlen megoldása az ökológiai szempontból hasonló térségek földrajzi elrendeződése, a különbözőek elhatárolása. Már az első közelítésben *könnyen belátható, hogy elkerülhetetlen egy olyan régiórendszer kidolgozása, melynek az elsődleges paramétere az éghajlat*. Hazánk talajföldrajzi sajátosságának feltárása eddig is sokrétű információt nyújt, de lényegesen szerényebbek azok az agroklímatis megkülönböztetésre al-

almas számértékek, amelyek a felmerült célok megvalósításához nélkülözhetetlenek.

Az éghajlat felfogható – egyebek mellett – olyan természeti erőforrásként, amely képes a növényi szervezetek fenntartására és azok produkció-képződésére történő serkentésére. *Az éghajlatnak tehát létezik egy olyan komplex hatása, amely arányos a képződött növényi terméktömeg nagyságával*. Ez azt jelenti, hogy ez a biológiaiaktív hatás számszerűsíthető. E becslés első lépése annak megállapítása, hogy melyek azok az elsődleges hatások, amelyek együttesen a képződött növényi anyag mennyiségét determinisztikus módon határozzák meg. A fotoszintézis, illetve az asszimiláció a következő anyagok és hatások következményeként zajlik le: *fotoszintetikusán aktív szoláris energia, globális szoláris energia, szén-dioxid, víz, valamint a növényi pigment-rendszer kölcsönhatásaként indul meg a fotoszintézis és az asszimiláció a hőmérséklettől függő intenzitással, feltételezve a növényi folyamatok homogenitását*. Ennek az alaptörvényszerűségnek a birtokában leírható azon legegyszerűbb összefüggés algoritmus, mely szerint adott időtartam alatt képződhető növényi szénhidrát-tömeg becsülhető. *Az éghajlatnak ez a komplex bioaktív hatása tekinthető a klíma-potenciálnak*, amely számos részpotenciálból épül fel.

Kidolgozást nyert hazánk 33 agroökológiai körzetére és azok alkörzeteire az átlagos  $P_{KN}$  érték, –  $P_K$  = klimatikus produktions potenciál,  $N$  = a növényi kalibrációs faktor, amely egyaránt vonatkozhat a főtermékre, valamint a teljes bruttó produkcióra a szárazanyag tömegegységben kifejezve –, valamint a kedvező és kedvezőtlen évjárat jellemzésére szolgáló indexek a következő növényekre: őszi búza, kukorica, cukorrépa, napraforgó.

A növények eltérő termést szolgáltatnak a különböző talajokon és a különböző évjáratokban. Alapvető kérdés, hogy egy növényfaj milyen arányban függ a két legfontosabb agroökológiai alrendszer komplex, eredő

hatásától. E kérdésben a szakértőkkel végső megállapodás nem született, egyelőre a talajklíma hatástarányt 0,7:0,3 értékben véltük reálisnak, valójában e kérdés így nem általánosítható, ezért ennek megoldásához további munkák folytatására van szükség, és ez folyamatban van.

### AZ ÉVJÁRATHATÁS A BÚZA, KUKORICA, ŐSZI ÁRPA TERMÉSÉRE TARTAMKÍSÉRLETEKBEN

Vizsgálatainkat a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Növény- és Környezettudományi Intézet kísérleti telepén beállított, több évtizede folyó szántóföldi tartamkísérletek adataiból végeztük.

A kísérletek talajtípusa Ramann-féle barna erdőtalaj, humuszban és foszforban szegény, káliummal közepesen ellátott. Átlagos humusztartalma 1,6–1,7,  $ALP_2O_5$  60–80 mg/kg,  $K_2O$  140–160 mg/kg,  $pH_{H_2O}$  7,0–7,5,  $KCl$  6,8–7,0.

A kísérleti hely a középnyugat dunántúli tájegység, amely kisebb fenntartásokkal a Dunántúl nagyobb részére adaptálható.

A meteorológiai adatokat 1871-óta folyamatosan mérjük, amelynek csapadék és hőmérsékleti adatait 1871-től 1900-ig, 1901–1950, és 1951–2000. évek csoportosításában mutatjuk be a 4. és 5. ábrán. Az értékelte lineáris regressziós egyenleteken egy pont 5 év átlagát tartalmazza.

Az adatokból kitűnik, hogy a több mint 130 év során periodikusan különböző klímátípusok váltakoznak: hűvös-nedves, meleg-nedves, meleg-száraz és ezek mérsékelt változatai. A 2000–2003-as időszak tartós aszályt jelez magas hőmérséklettel és kevés csapadékkal. Hosszú távon jelentős tendenciák a hőmérséklet és a csapadék vonatkozásában biztonsággal nem állíthatók.

A különböző tartamkísérleteink sokévi terméseredményeit a csapadékmennyiség és a különböző tápanyagellátottság összefüggései alapján elemeztük elsősorban.

### SZERVES ÉS NITROGÉN-MŰTRÁGYÁZÁSI TARTAMKÍSÉRLET (IOSDV)

- Kísérlet beállítása: 1983
- Elrendezés: kéttényezős, sávos, három ismétlésben
- Parcellák: 48 m<sup>2</sup>
- Tényezők: A – a, NPK
  - a<sub>2</sub> NPK+35 t/ha istállótrágya
  - a<sub>3</sub> NPK+ szalma, szár, zöldtrágya +N
  - B – N<sub>0</sub> – N<sub>4</sub>
- Vetésforgó: K-B-ŐÁ

A 6–8. ábrák a búza, kukorica és az őszi árpa szemterméseinek alakulását mutatják a trágyázási változatok függvényében, 1987–2001. évek átlagában, amely adatok az átlagosan elérhető terméseket demonstrálják. A kiértékeléshez négyzetgyökös függvényeket választottunk, amelyek minden esetben szignifikánsan illeszkedtek. A búza szemtermése a műtrágyázási és szervesztrágyázási kezelésektől függően a 2–5,5 t/ha tartományban változott. A csak műtrágyát kapott kezelésekben (I) az átlagos termésszint a legalacsonyabb volt a szerves trágyázott változatokhoz képest, a N<sub>0</sub> kezelés termése több évtized átlagában 2 t/ha volt. A szervesztrágyák használata esetén 1000 kg/ha szemtermés többletet kaptunk a 0 parcella esetében.

A csak műtrágyázott NPK adagokhoz képest a szervesztrágyák pozitív hatása (2. évi utóhatás) minden szinten szignifikáns volt, a többlet azonban a N adagok növekedésével csökkent.

Az istállótrágya és a szalma+N+zöldtrágya hatása között a vetésforgóban szignifikáns különbségek nem voltak kimutathatóak.

A kukoricánál a termések az évek átlagában 6–8 t/ha között változtak. A növekvő trágyaadag hatására a szervesztrágyázás hatása szignifikáns módon nem érvényesült, annak ellenére, hogy a vetésforgóban az istállótrágyát (35 t/ha) a kukorica alá szántjuk le.

Az őszi árpánál a szemtermés a 2,8–4,8



t/ha intervallumban növekedett a N adagoktól függően, az istállótrágya 3. évi utóhatása alacsonyabb tápanyagszinten (kontroll és  $N_{40}$ ) még szignifikáns volt, nagyobb N adagoknál a termésgörbe kiegyenlítődt.

A búza termése a száraz években a műtrágyakezelések átlagában a szerves és szervetlen tényezőkre vetülve azt mutatja, hogy a száraz években az évek átlagához képest a termés mennyisége nem csökkent, az átlagtól alig tért el. Ugyanakkor a nedves évjáratokban a száraz évekhez képest a termésmennyiség messze szignifikánsan, mintegy 1300 kg/ha-ral kisebb volt. Ez feltételezhetően, a tapasztalatok alapján a kórtani problémák nagyobb elterjedésével magyarázható.

Csapadékos évjárat – gombás betegségek bűzánál

- Pelyva feketedés (levélcsikosság) x *anthomonas campestris* p.v. translucens
- Fuzáriózis (*Fusarium* sp.)
- Sárgarozsda (*Puccinia striiformis*)
- Lisztharmat (*Erysiphe graminis* sp. tritici)
- Helminthosporium ssp.
- Korompenészek (*Alternaria*, *Cladosporium* stb.)

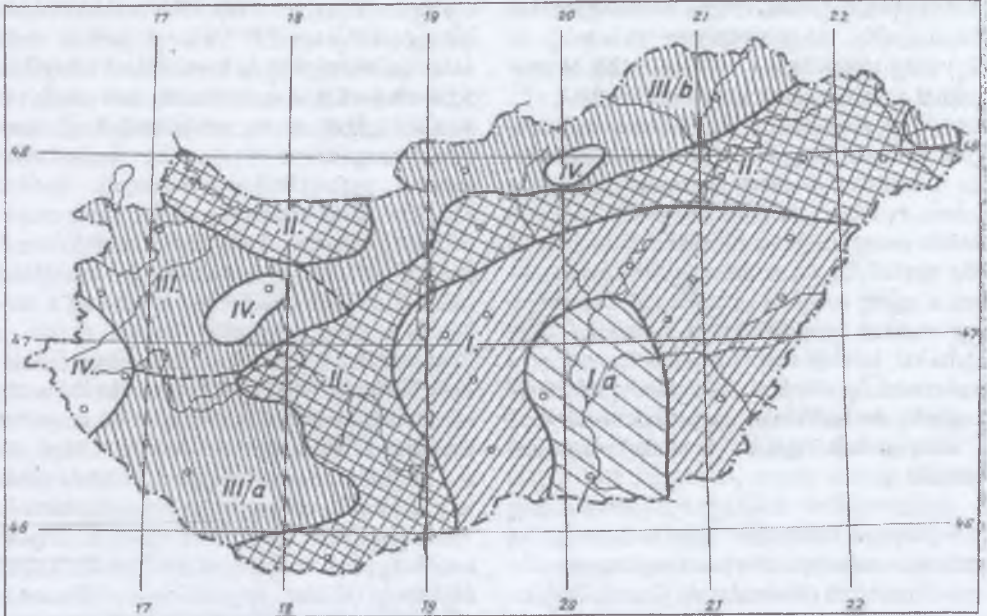
Ugyanebben a kísérletben kukoricánál a száraz és nedves évek között a különbség lényegesen nagyobb volt. A száraz évek és az összes tápanyag kombináció átlagában 5,60 t/ha volt a termésszint, nedves években 9,01 t/ha, amely azt jelenti, hogy kedvező csapadékos évjáratban a kukorica azonos agrotechnikai viszonyok mellett közel kétszeres termésre képes, mint csapadékhiány esetén. Ez magyarázható azzal, hogy az őszi kalászos gabonáknál a tenyészidőszak általában 9 hónap, a növény a szokásostól eltérő csapadékeloszlás esetén is kompenzálni tud. Kukoricánál a tenyészidőszak 5 hónap, ez idő alatt a csapadék összes mennyisége és eloszlása az egyéb környezeti tényezők közül meghatározó jelentőségű. Az évi bonitálások során jelentős kórtani problémákat egyik csoportban sem tapasztaltunk.

Az őszi árpa termése az egyes évjáratokban kiegyenlített volt, a nedves és száraz évjáratok között szignifikáns differenciát nem tapasztaltunk. A legnagyobb termést a csapadékban jól ellátott évjáratokban az NPK+istállótrágya 3. évi utóhatás esetén kaptuk (4,6 t/ha) a tápanyagkombinációk és a kontroll kezelések átlagában.

#### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

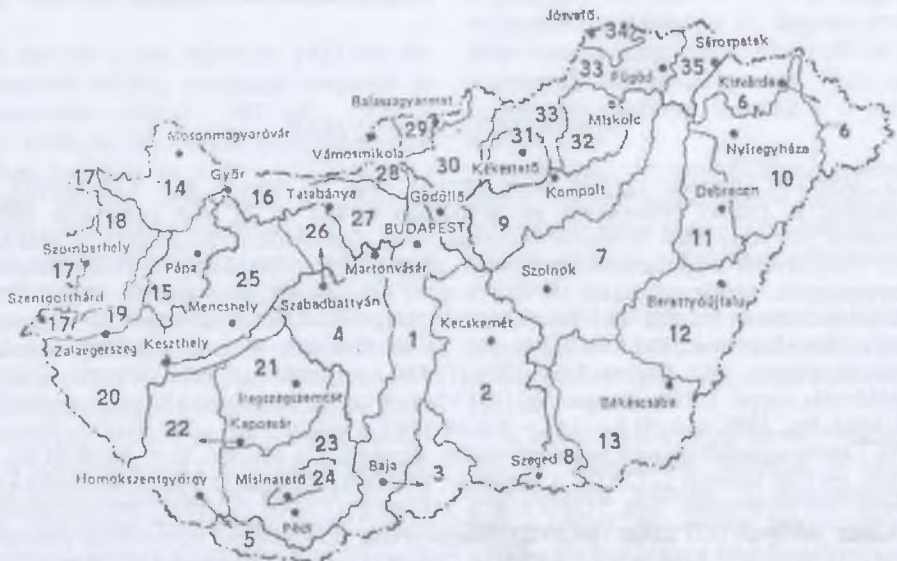
- (1) „AGRO-21” Füzetek: 1995/11. szám; 2003/31. szám (2) BEREZ, K. – KISMÁNYOKY, T. – DEBRECZENI, K. (2004): Nitrogen gas production in soil air in crop years with different precipitation. III. Alps-Adria Scientific Workshop. Proc., Dubrovnik, 118–124. pp. (3) BIRKÁS M. (2001): Talajművelés a fenntartható fejlődésben. Akaprint Kiadó (4) Bocz E. (1992): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó (5) DEBRECZENI, K. – BEREZ, K. – KISMÁNYOKY, T. (2004): Relationship between rainfall and fertilization in long-term field experiments. III. Alps-Adria Scientific Workshop. Proc., Dubrovnik, 249–254. pp. (6) EDWARDS, C. A. et al. (1990): Sustainable agricultural systems. SWC Society. Iowa, USA (7) FM Agrárstruktúrapolitikai Főosztály (1992): A tájgazdálkodás alapjai. 1. kötet (hanganyag) (8) FVM (1999): Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program I. kötet. Bp., 1999. nov. (9) KADÁR I. – KISMÁNYOKY T. – NÉMETH T. – PÁLMAI O. – SARKADI J. (1999): Tápanyaggazdálkodásunk az ezredfordulón. Agrokémia és Talajtan. Tom. 48(1999) No. 1–2. 193–216. pp. (10) MARTON L. (2002): A csapadék-, a tápanyagellátás és az őszi búza termése közötti kapcsolat. Növénytermelés. Tom. 51. No 5. 529–541. pp. (11) SZÁSZ G. (1988): Agrometeorológia. Mg. Kiadó, Budapest (12) SZÁSZ G. (2002): Magyarország agroökológiai fajspecifikus paraméterei. Kézirat (13) TÓTH, Z. – KISMÁNYOKY, T. (2004): Change of grain yield of maize in different years in continuous maize cropping. III. Alps-Adria Scientific Workshop. Proc. Dubrovnik, 285–290. pp. (14) VARGA-HASZONITS Z. (1997): Agrometeorológia. Mg. Kiadó, Budapest

1. ábra



Magyarország területének agroklimatológiai osztályozása

2. ábra



Magyarország agroökológiai körzetei a jellemző meteorológiai megfigyelőállomásokkal

Forrás: Láng I. et al., 1983

**Magyarország agroökológiai körzetei (középtájak)**

**I. Dunai-Alföld**

1. Duna menti síkság
2. Duna-Tisza közti hátság
3. Bácskai-hátság
4. Mezőföld
5. Dráva menti síkság

**II. Tiszai-Alföld**

6. Felső-Tisza-vidék
7. Közép-Tisza-vidék
8. Alsó-Tisza-vidék
9. Észak-alföldi hordalékkúpsíkság
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-dombság**

21. Külső-Somogy

22. Belső-Somogy

23. Tolna-Baranyai-dombság

24. Mecsek-Mórágyi-rög

**VI. Dunántúli-középhegység**

25. Bakony-vidék

26. Vértes és Velencei-hegység vidéke

27. Dunazug-hegyvidék

**VII. Észak-magyarországi-középhegység**

28. Dunakanyar hegyvidéke

29. Nógrádi-medence

30. Cserhát-vidék

31. Mátra-vidék

32. Bükk-vidék

33. Heves-Borsodi-medence és dombság

34. Észak-borsodi-hegyvidék

35. Tokaj-Zempléni-hegyvidék

**Szántóföldi növények optimális termesztetősége agroökológiai középtájak alapján a Dunántúlon**

**Őszi árpa**

- Tolna-Baranyai-dombság  
Győri-medence  
Komárom-Esztergomi-síkság  
Zalai-dombság

**Tavaszi (sőr)árpa**

- Győri-medence  
Alpokalja  
Soproni-Vasi-síkság  
Győri-medence  
Tolna-Baranyai-dombság  
Bakonyvidék

**Rozs**

- Marcal-medence  
Zalai-dombság  
Bakonyvidék  
Sopron-Vasi-síkság  
Belső-Somogy

**Zab**

- Alpokalja  
Zalai-dombság  
Belső-Somogy  
Tolna-Baranyai-dombság  
Bakonyvidék  
Győri-medence  
Marcal-medence

**Napraforgó**

- Győri medence  
Komárom-Esztergomi síkság  
Tolna-Baranyai-dombság  
Külső-Somogy

**Őszi káposztarepce**

- Győri-medence  
Komárom-Esztergomi-síkság  
Alpokalja

- Sopron-Vasi-síkság  
Kemeneshát  
Zalai-dombság  
Belső-Somogy  
Tolna-Baranyai-dombság  
Bakonyvidék

- Vértes és Velencei-hegység vidéke  
**Vöröshere**

- Győri medence  
Alpokalja  
Sopron-Vasi-síkság  
Kemeneshát  
Marcal-medence

- Belső-Somogy  
Tolna-Baranyai-dombság  
**Cukorrépa**

- Győri medence  
Komárom-Esztergomi-síkság  
Külső-Somogy  
Dráva menti síkság

- Sopron-Vasi síkság  
Tolna-Baranyai-dombság  
**Dohány**

- Mezőföld  
Belső-Somogy

**Burgonya**

- Mezőföld  
Győri-medence  
Belső-Somogy  
Tolna-Baranyai-dombság  
Bakonyvidék  
Dráva menti síkság

**Rostlen**

- Alpokalja  
Sopron-Vasi síkság  
Kemeneshát

- Zalai-dombság  
Külső-Somogy  
Tolna-Baranyai-dombság  
Dráva menti síkság

**Kender**

- Mezőföld  
Dráva menti síkság  
Komárom-Esztergomi-síkság  
Külső-Somogy  
Győri-medence  
Marcal-medence  
Bakonyvidék  
Tolna-Baranyai-dombság

**Szója**

- Mezőföld  
Dráva menti síkság  
Külső-Somogy  
Győri-medence  
Komárom-Esztergomi-síkság

**Lucerna**

- Mezőföld  
Tolna-Baranyai-dombság  
Vértes és Velencei-hegység vidéke  
Győri-medence  
Külső-Somogy

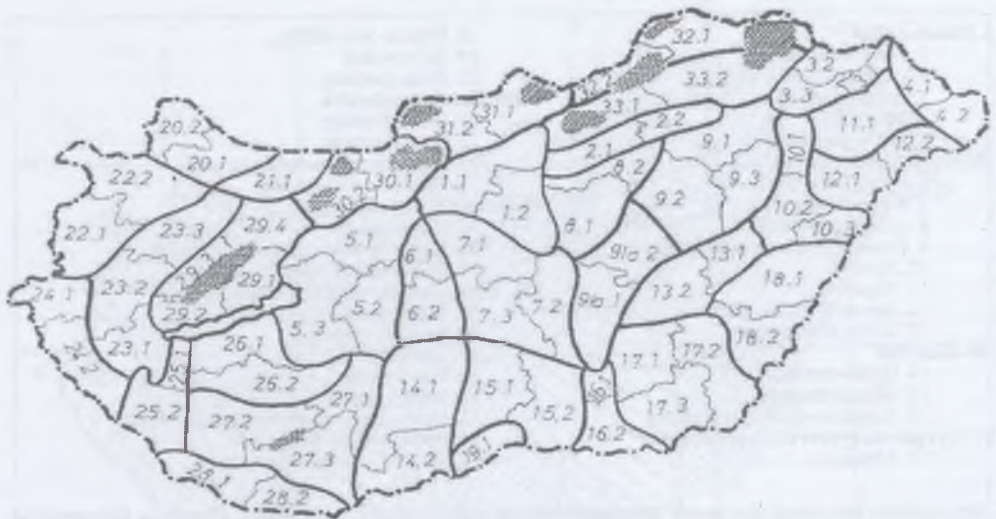
**Fehér-lódihere**

- Nyugat-magyarországi peremvidék  
Dunántúli-középhegység

**Gyepterületek**

- Mezőföld (Sárvíz)  
Győri-medence (Szigetköz)  
Kemeneshát  
Külső-Somogy (Kaposvölgy)  
Dráva menti síkság  
Zalai-dombság

3. ábra



DATE. 157/79.

Csapadék alkörzetek

1. táblázat

Kukorica (bruttó produkció)

Alkörzet	Maximum	Átlag	0,5 Maximum
23,2	22,6	17,0	11,3
23,3	22,9	17,2	11,5
24,1	21,0	15,8	10,5
24,2	21,3	16,0	10,7
25,1	22,3	16,7	11,2
25,2	22,2	16,7	11,1
26,1	24,3	18,2	12,2
26,2	24,7	18,5	12,4
27,1	25,3	19,0	12,7
27,2	25,1	18,8	12,6
27,3	25,2	18,9	12,6
28,1	25,3	19,0	12,7
28,2	25,5	19,1	12,8
29,1	21,5	16,1	10,8
29,2	23,7	17,8	11,9

2. táblázat

## Búza (bruttó produkció)

Alkörtzet	Maximum	P < 0,5 Maximum	Átlag
23,2	16,5	8,3	12,4
23,3	16,8	8,4	12,6
24,1	15,9	8,0	11,9
24,2	16,1	8,1	12,1
25,1	17,0	8,5	12,8
25,2	17,6	8,8	13,2
26,1	18,8	9,4	14,1
26,2	19,4	9,7	14,6
27,1	18,5	9,3	13,9
27,2	18,3	9,2	13,7
27,3	18,3	9,2	13,7
28,1	18,1	9,1	13,6
28,2	18,4	9,2	13,8
29,1	17,9	9,0	13,4
29,2	17,1	8,6	12,8

3. táblázat

## Napraforgó (bruttó produkció)

Alkörtzet	Maximum	Átlag	Minimum
23	8,1	4,8	3,2
24	7,4	6,0	3,2
25	7,4	5,8	3,9
26	9,2	6,1	3,8
27	8,8	5,7	4,0
28	9,3	5,3	3,7
29	8,6	5,0	3,5
30	8,1	4,5	3,2

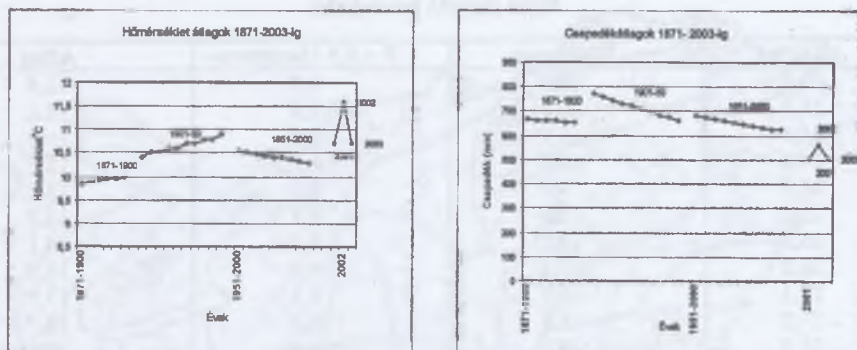
Szemtermés: 1,5–2,0 t/ha – Melléktermés: 3,5–4,5 t/ha

4. táblázat

## Cukorrépa (bruttó produkció)

Alkörtzet	Maximum	Átlag	Minimum
23,2	41,3	36,6	27,5
23,3	41,7	37,0	27,8
24,1	40,5	35,9	27,0
24,2	40,5	35,9	27,0
25,1	40,2	35,6	26,8
25,2	40,7	36,0	27,1
26,1	44,0	39,0	29,3
26,2	44,4	39,4	29,6
27,1	45,2	40,0	30,1
27,2	44,6	39,5	29,7
27,3	45,0	39,9	30,0
28,1	43,7	38,7	29,1
28,2	44,6	39,5	29,7
29,1	39,8	35,2	26,5
29,2	39,5	35,0	26,3

4–5. ábra

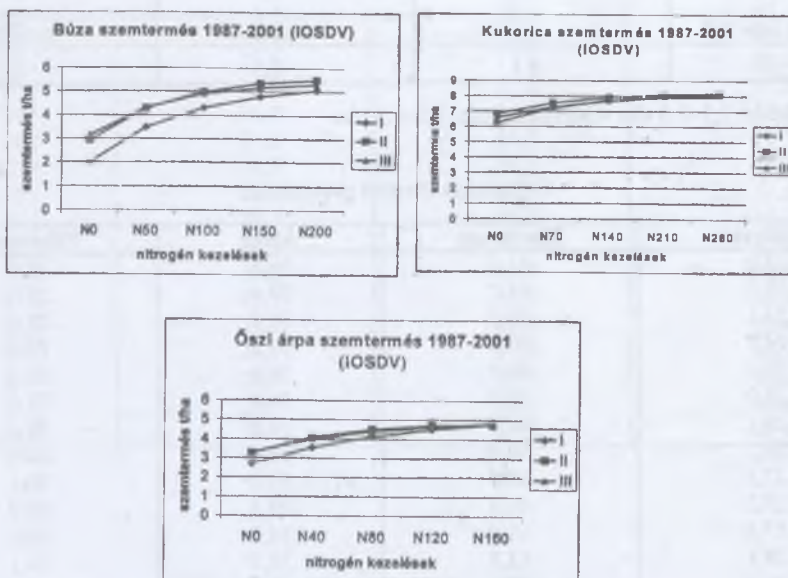


Hőmérséklet és csapadékátlagok 1871–2003 között

5. táblázat

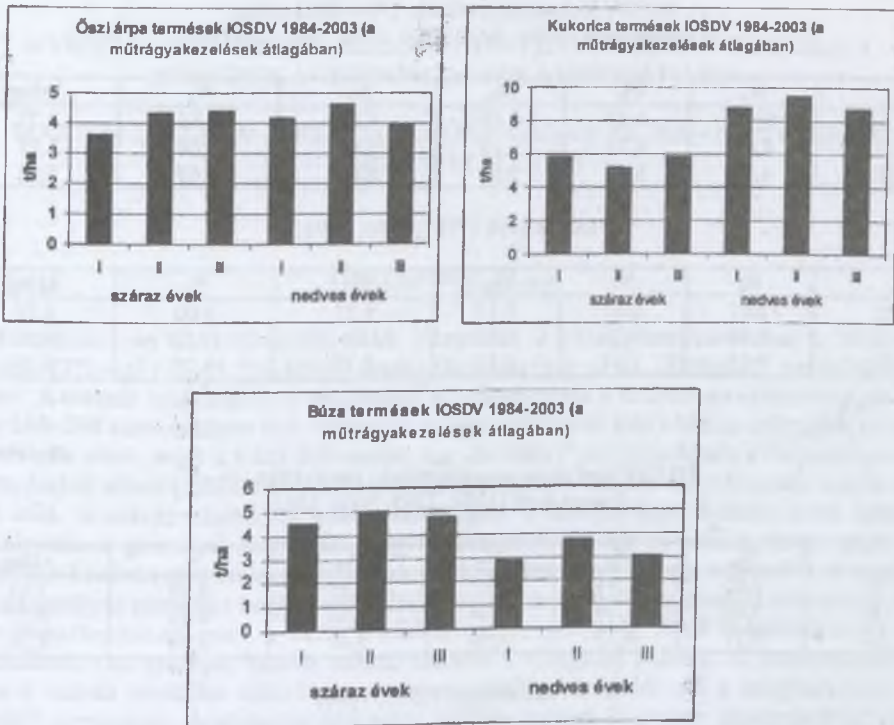
Évek	Evi csapadékösszeg, mm	Hőmérsékleti átlag, °C
1871–1900 (30 év)	660	9,43
1871–1970 (100 év)	685	10,10
1901–1950 (50 év)	715	10,62
1951–2000 (50 év)	652	10,40
1901–2000 (100 év)	683	10,51
2001–2003 (3 év)	526	11,00

6–8. ábra



Búza, kukorica és őszi árpa termésátlagainak változása különböző tápanyagutánpótlási változatokban, 1987–2001 között

9–11. ábra



Őszi árpa, kukorica és búza termékek alakulása tartamkísérletben, 1984–2003 között

6. táblázat

IOSDV Búzatermékek, 1984–2003 (t/ha)  
Száraz évek (1989, 1997, 2000, 2001, 2003)

	$N_0$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	Átlag
I.	2,18	3,86	4,95	5,67	5,73	4,48
II.	2,96	4,55	5,66	5,91	6,02	5,02
III.	3,02	4,61	5,45	5,92	4,60	4,72

Nedves évek (1985, 1987, 1992, 1999)

	$N_0$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	Átlag
I.	1,27	2,23	3,30	3,78	3,69	2,85
II.	2,07	3,31	4,11	4,35	4,69	3,70
III.	1,92	3,34	4,12	4,31	4,54	3,65

7. táblázat

**IOSDV kukoricatermékek, 1984–2003 (t/ha)**  
Száraz évek (1986, 1992, 2000, 2001, 2002, 2003)

	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	Átlag
I.	3,98	5,43	6,16	6,50	6,80	5,77
II.	4,48	4,72	5,15	5,87	5,68	5,18
III.	4,18	5,67	5,89	6,65	6,69	5,82

Nedves évek (1987, 1996, 1998)

	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	Átlag
I.	7,67	8,63	9,17	9,35	9,00	8,76
II.	8,49	9,36	9,35	10,11	10,29	9,52
III.	7,75	9,01	8,87	8,87	9,27	8,75

8. táblázat

**IOSDV őszi árpa szemtermékek, 1984–2003 (t/ha)**  
Száraz évek (1989, 1997, 2000, 2003)

	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	Átlag
I.	2,05	2,94	3,97	4,30	4,79	3,61
II.	3,05	4,10	4,64	4,96	4,83	4,32
III.	3,11	4,12	4,50	5,09	5,14	4,39

Nedves évek (1987, 1998)

	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	Átlag
I.	3,22	3,79	4,52	4,68	4,66	4,18
II.	3,79	4,05	5,12	5,11	5,15	4,64
III.	3,31	3,75	4,23	4,16	4,46	3,98



# A VÍZELLÁTÁS HATÁSA KÜLÖNBÖZŐ TENYÉSZIDEJŰ KUKORICA HIBRIDEK AGRONÓMIAI TULAJDONSÁGAIRA

MARTON L. CSABA – ÁRENDÁS TAMÁS – BÓNIS PÉTER – NAGY JÁNOS  
– BERZSENYI ZOLTÁN

## ÖSSZEFOGLALÁS

Martonvásáron az 1983–1988. évek átlagában a száraz sorozatokban a hibridek termése 27%-kal (16–41,7% szélső értékekkel) maradt el az „öntözött” ismétlésekhez képest. A termés emelkedése a tenyészidő növekedésével a száraz sorozatokban csak a FAO 100–300 tartományra volt érvényes. A FAO 400-as és FAO 500-as hibridek termése nem volt több, mint a FAO 300-asoké. Az „öntözött” sorozatokban a termőképesség és tenyészidő közötti ismert kapcsolatnak megfelelően a termés a FAO szám emelkedésével nőtt. A száraz viszonyok között tehát nem a hőmérséklet, hanem a víz hiánya akadályozza a genetikai termőképesség realizálását. Ez azt is jelenti, hogy aszályos években a későbbi tenyészidejű hibridek terméseszkökenése a legjelentősebb. A korábbiak az aszályos periódus beállta előtt elvirágoznak és megmenekülnek a szárazság elől. Ilyen vonatkozásban nem a betakarításkori szemnedvesség által meghatározott tenyészidőnek van szerepe, hanem sokkal inkább a virágzási időnek. A szárazságtűrés, illetve a száraz periódus elkerülése szempontjából a virágzási idő a meghatározó tenyészidő paraméter. A virágzási idő tehát kétféle módon is szoros kapcsolatban áll a termőképességgel. Egyik oldalról a későbbi virágzás nagyobb terméspotenciált eredményez a nagyobb levélterület, s általában a nagyobb növényi méreteknek köszönhetően. Másrészt a későbbi virágzás kontinentális klímában a nyárvégi gyakori szárazság miatt megakadályozza a későbbi hibridek terméspotenciáljának realizálását.

## BEVEZETÉS

Hazai éghajlati viszonyaink mellett a csapadék és a hőmérséklet az a két tényező, mely nemcsak a kukorica növekedését, hanem a termésátlagok alakulását is alapvetően befolyásolja (Surányi, 1957). A gyakori szárazság miatt Magyarországon csak a magas terméspotenciállal, de egyben jó szárazságtűréssel is rendelkező hibridek számíthatnak sikerre. Kontinentális klímában a szárazságtűrés az alkalmazkodóképesség legfontosabb eleme. A nemesítési anyagaink szárazságtűrésének elbírálása szempontjából nézve Martonvásár elhelyezkedése igen „szerencsés”, mert itt, hosszú időszakot figyelembe

véve, az átlagos csapadék mennyiség a vegetációs periódusban (328 mm) mintegy 60 mm-rel kevesebb, mint az országos átlag. Ezen belül is vannak periódusok, amikor ennél is lényegesen kevesebb csapadék hullik. Új hibridjeink teljesítményének értékelését így – a többhelyes kísérletek mellett – legalább egy helyen – Martonvásáron – biztosan száraz körülmények között is elvégezhetjük.

Magyarországon, és általában a fejlett kukoricatermesztő országokban, az első energiaár robbanás óta élénk érdeklődés kíséri a kukorica érésdinamikai vizsgálatokat, különösen a kukorica vízleadó képességének tanulmányozását. A jelentős nemesi-

tési előrehaladás ellenére a téma vizsgálata ma is több szempontból aktuális:

– Az iraki háború miatt nő a kőolaj ára, s ez a többi energiaforrás árát is növeli.

– A kukoricabogár elleni védekezés miatt fontos a vetésváltás, a kukoricát többnyire őszi búza követi, ezért korai betakarításra alkalmas, gyors vízleadó hibrideket igényel a termesztés.

– Az időjárás hatásainak elemzése örökké aktuális, az elmúlt évek hőmérsékleti viszonyai erősen eltértek a sokéves átlagtól.

*Menyhért (1985)* kalkulációja szerint az ország középső részén – Martonvásár térségében is – a kukorica vegetációs periódusában (április–szeptember) akkumulálódott aktív hőösszeg 1280 °C, 10 °C küszöbhőmérséklettel számolva. A mi számításaink szerint (*Marton et al., 2005*) a kilencvenes évek átlagában a vegetációs periódus hőösszeg akkumulációja 1430 °C volt, ami 12%-kal több, mint a sokéves átlag. A rendkívül meleg 2003-as évben a tenyészidőben 1710 °C akkumulálódott a középső országrészben, azaz 34%-kal több, mint a XX. század első 70 évére jellemző átlag. *Menyhért (1985)* szerint az ország legmelegebb részén sem érte el a hőösszeg akkumuláció az 1500 °C-ot a vegetációban. 1700 °C hőösszeg Európa legdélibb részére jellemző, ahol FAO 600-FAO 700-as kukoricákat is termesztetnek.

A változó ökológiai feltételek és a változó természetű igények miatt célszerű folyamatosan mérlegre tenni a különböző tenyészidejű kukoricahibridek teljesítményét.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

FAO tenyészidő-csoportonként 24–24 hibrid agronómiai tulajdonságait vizsgáltuk (hivatalos standardok, államilag minősített martonvásári és a köztermesztésben szereplő legfontosabb egyéb hibridek). A szántóföldi kisparcellás kísérleteket 1985–1988. és 1996–2001. években folytattuk.

A kísérleteket 1985–1988 között Martonvásáron állítottuk be. A kísérleteket mindig 70 ezer tő/ha növény számmal és 6 ismétlésben állítottuk be. A 6 ismétlésből négyet öntözés nélkül, míg 2 ismétlést öntözés mellett értékeltünk. Az öntözővíz mennyisége évente változott, mert az aktuális csapadékot a mesterséges pótlással 400 mm-re egészítettük ki a vegetációs periódusban. Az 1983–1988 közötti 6 év átlagában Martonvásáron a csapadék átlaga (266,8 mm) még a helyi átlagtól is elmaradt 60 mm-rel.

Az 1996–2001. években a kísérleteket 6 helyen állítottuk be: Martonvásár, Iregszemcse, Debrecen, Szarvas, Martonvásár II, Lászlópuszta, egységes módszer szerint, helyenként 4 ismétlésben. Szarvason a kísérlet lineár öntözésben részesült. Minden tenyészidő csoportban átfutó standardok is szerepeltek. Ezek eredményei adtak lehetőséget a különböző tenyészidő csoportok adatainak összehasonlítására.

## EREDMÉNYEK

Martonvásáron az 1983–1988 évek átlagában a száraz sorozatokban a hibridek termése 27%-kal (16–41,7% szélső értékekkel) maradt el az „öntözött” ismétlésekhez képest. A termés emelkedése a tenyészidő növekedésével a száraz sorozatokban csak a FAO 100–300 tartományra volt érvényes. A FAO 400-as és FAO 500-as hibridek termése nem volt több, mint a FAO 300-asoké. Az „öntözött” sorozatokban a termőképesség és tenyészidő között ismert kapcsolatnak megfelelően a termés a FAO szám emelkedésével nőtt. A száraz viszonyok között tehát nem a hőmérséklet, hanem a víz hiánya akadályozza a genetikai termőképesség realizálását. Ez azt is jelenti, hogy aszályos években a későbbi tenyészidejű hibridek terméscsökkenése a legjelentősebb. A korábbiak az aszályos periódus beállta előtt elvirágoznak és megmenekülnek a szárazság elől. Ilyen vonatkozásban nem a betakarításkori szemnedvesség által meghatározott

tenyészidőnek van szerepe, hanem sokkal inkább a virágzási időnek. A szárazságtűrés, illetve a száraz periódus elkerülése szempontjából a virágzási idő a meghatározó tenyészidő paraméter. A virágzási idő tehát kétféle módon is szoros kapcsolatban áll a termőképességgel. Egyik oldalról a későbbi virágzás nagyobb terméspotenciált eredményez a nagyobb levélterület, s általában a nagyobb növényi méreteknek köszönhetően. Másrészt a későbbi virágzás kontinentális klímában a nyárvégi gyakori szárazság miatt megakadályozza a későbbi hibridek terméspotenciáljának realizálását.

Vizsgáltuk a szemnedvesség és termés, illetve a nővirágzás és termés közötti kapcsolatot lineáris regresszióval. Azt tapasztaltuk, hogy öntözés mellett – magasabb termésszinten – szorosabb a kapcsolat a termés és a két tenyészidő paraméter között (1. táblázat), mint öntözés nélkül. A nővirágzás és a termés közötti  $r$  értékek mindig nagyobbak voltak, mint a szemnedvesség és a termés között. A hibridek öntözött és száraz sorozatokban mért termése között megbízható pozitív korrelációt kaptunk minden évben ( $r=0,623 - 0,897$ ).

Az eredményekből azt a következtetést vontuk le, hogy a hibridek adott tulajdonságai közötti korreláció mértéke jelentősen függ a termőhelyi adottságoktól, esetünkben a vízellátottságtól. A hibridek genetikai képességeinek a megismerését optimumhoz közelítő feltételek között is el kell végezni. Az alkalmazkodóképesség ugyanis magában foglalja a kedvező körülmények közötti jó teljesítményt is, nemcsak a kedvezőtlen adottságok melletti viszonylag magas termést. A különböző termésszinten (öntözött, nem öntözött) mért teljesítmény között pedig nincs prediktív értékű összefüggés, különben ugyanazt az „ $r$ ” értéket kellett volna kapnunk a tenyészidő paramétereinek és a termés kapcsolatára évről-évre és öntözéstől függetlenül, miután a hibridek nővirágzása és a szemnedvessége viszonylag stabilnak mondható ebben a vonatkozásban.

Megfigyeléseink *Troyer (1983)*, *Chase*

*(1964)*, *Chase és Kanada (1967)* eredményeit erősítik meg a virágzási idő és termőképesség összefüggésében az öntözött sorozatokban azzal a kiegészítéssel, hogy a növekvő virágzási idő termésmenvelő hatása csökkenő tendenciájú. A FAO 200-as hibridek 3,1 nappal virágoztak későbbben, termésük 20,9%-kal volt magasabb, mint a FAO 100-as hibrideké. A FAO 300-as hibridek 3,2 nappal virágoztak későbbben, termésük 11,1%-kal volt nagyobb, mint a FAO 200-as hibrideké. A FAO 400-as és a FAO 500-as hibridek 2,7 illetve 1,5 napos későbbi virágzása már csak 4,2%, illetve 3,8% termésteleletet biztosított az eggyel korábbi tenyészidő csoporthoz képest.

Az utóbbi három évben – 1999–2001 – úgy volt módunk vizsgálni az öntözés hatását a tenyészidő-termés kapcsolatra, hogy Szarvason öntöztük a kísérletet, míg a többi öt helyen (Debrecen, Gyöngyös, Iregszemcse, Martonvásár, Mezőkövesd) nem. Ezáltal az öntözés mellett a kísérleti helyeket jellemző eltérő ökológiai feltételek hatása is megjelenik az eredményekben.

Az 1999–2001. években az öntözött és nem öntözött kísérletek átlagában is azt tapasztaltuk, hogy a szomszédos csoportok közötti legnagyobb terméskülönbség a legnagyobb virágzási idő különbséget mutató éréscsoportok között volt (2. ábra). A FAO 300-as hibridek 4,5 nappal virágoztak később, mint a FAO 200-as hibridek, s termésük öntözés mellett 12,4%-kal, öntözés nélkül 11,4%-kal volt nagyobb (3. ábra). A FAO 400-as csoport termése 2,2%, illetve 5,1%-kal volt több, mint a FAO 300-as hibrideké. A FAO 500-as hibridek termése öntözés mellett is csak 1,2%-kal múlta felül a FAO 400-as hibrideket, míg öntözés nélkül 1,2%-kal kevesebbet teremtek. Az utóbbi évek adatai is azt erősítik meg, hogy a később virágzó hibridek nagyobb növényi méreteiben rejlő terméspotenciált kontinentális klímában a genotípusok nem képesek realizálni.

A növények asszimilációs teljesítménye szorosan összefügg a levélterülettel, és a

levélterület élettartammal (*Berzsenyi et al., 1999; Duvick, 1984; Tollenaar – Wu, 1999*). A későbbi hibridek nagyobb levélterülete megfigyeléseink szerint hosszabb ideig marad életben. Az 1999–2001. években felvételezett „stay green” – zöld száron érés – értékek azt mutatják, hogy szeptember végén a FAO 200-as tenyészidejű hibridek levélzetének már csak 26%-a maradt zöld, aktív, a FAO 500-as hibridek levélzetének 37%-a volt aktív (4. ábra). A „stay green” értékek a FAO szám növekedésével párhuzamosan javultak. Ennek ellenére sem nagyobb a legkésőbbi hibridek termése, mint a FAO 400-asoké. A várt nagyobb termés elmaradásának a valószínű oka egyrészt az, hogy a legkésőbbi hibridek kezdik legkésőbb a szemtelítődést (augusztusban), s ekkor a legjellemzőbb a szárazság megjelenése, ami akadályozza az asszimilációs teljesítményt.

Másrészt az őszi – szeptember végi, októberi – kedvezőbb „stay green” értékek a kisebb fényintenzitás és az alacsonyabb hőmérséklet mellett kisebb mértékű asszimilációs teljesítményt tesznek csak lehetővé, s ez nem képes kompenzálni a később kezdődött, s a szárazság miatt korlátozott asszimilációt.

Ezzel természetesen nem akarjuk leértékelni azokat a nemesítői törekvéseket, melyek a stressz tolerancia javításán keresztül a levélterület minél további életben tartását célozzák a hosszabb szemtelítődési periódus elérése érdekében (*Tollenaar – Wu, 1998*). Adataink alapján azt tudjuk megállapítani, hogy a hibridek kiválasztásánál az azonos virágzási idejű genotípusok „stay green” értékeit érdemes összehasonlítani, mert csak ezek voltak fejlődésük minden fenofázisában azonos környezeti feltételek között, ezért csak ilyen relációban lehet ezt az értéket a stressz tolerancia indikátoraként kezelni.

A 80-as évek adatai szerint száraz körülmények között a hibridek átlagtermésének évenkénti ingadozása is nagyobb volt (13,2%), mint „öntözve” (7,6%). A legna-

gyobb évenkénti ingadozást a FAO 500-as hibridek mutatták száraz körülmények között (2. táblázat). Öntözés mellett viszont a legkésőbbi hibridek termése volt a legstabilabb.

A különböző tenyészidő-csoport termésátlagához hasonlóan a vízhasznosításban is van különbség. A csapadékvíz hasznosítása a FAO 100–300 tenyészidő tartományban a tenyészidő növekedésével javul. A későbbiek – FAO 400–500 – nem jobbak, mint a FAO 300-as hibridek (3. táblázat). Az öntözővíz hasznosulása a tenyészidő növekedésével a teljes tenyészidő tartományban – FAO 100–500 – javul.

Az adatok azt mutatják, hogy a hozzánk hasonló ökológiai feltételekkel rendelkező területeken – hasonló hőösszeg, s kevesebb mint 300 mm csapadék – száraz körülmények között a FAO 300-as hibridek termelése a leggazdaságosabb, míg öntözés mellett célszerűbb a FAO 400–500-as érécsoportból hibridet választani. Az eredmények tükrében érthető, hogy Magyarországon, ahol a kukorica nem öntözött kultúra, a FAO 300–400-as tenyészidejű hibridek részaránya a meghatározó a vetésterületben.

A kísérletekben szerzett tapasztalatok alapján felépítettünk egy olyan tesztelő bázist, ahol az évről-évre szinte teljesen függetlenül, nagyfokú szabadsággal tudjuk elbírálni új hibridjeink teljesítményét, akár egy év alatt. A kísérleti helyek kiválasztásánál a kisparcellás kísérletezésre való alkalmasságon túl alapvető szempontjaink voltak

- talaj kiegyenlítettség
- eltérő típusú talajok
- megfelelő hőösszeg ellátottság
- eltérő csapadékkellátottság, illetve öntözés
- Dunántúl és Alföld megfelelő reprezentációja.

Az új hibridek tesztelésére kiválasztott 7 hely közül 4 megfelelő kombinációja már alkalmas az új hibridek első éves kísérletére, 6 hely az ismételt kipróbálására. Az állami bejelentések előtti kísérletekhez pedig to-

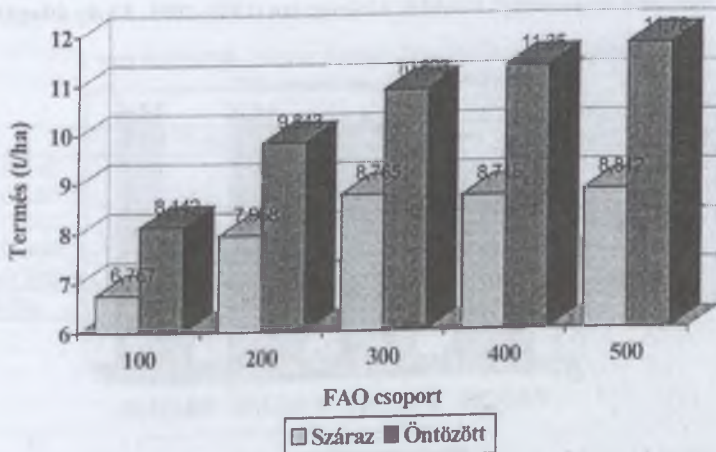
vábbi 2 hellyel kibővítve 9 helyen értékeliük hibridjeinket. A 9 hely 2000. évi termés-szintje 5,8–13,4 t/ha között mozgott, tehát jól reprezentálta a köztermesztésben várható feltételeket.

Az irodalomban pozitívan értékelt száraz-

ságtűrés programoknak is – *Jensen – Welch, Castleberry – Lerett, CIMMYT, Iowa State University* – a gondosan megválogatott helyekből álló kísérleti bázis az alappillére (*Castleberry – Lerette, 1979; Jensen, 1971; Troyer, 1983*).

#### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) BERZSENYI Z. – RAGAB, A. Y. – LAP, D. Q. (1999): A vetésidő hatásának vizsgálata kukorica (*Zea mays* L.) szemtermésének növekedési dinamikájára Richards-függvénnyel. *Növénytermelés*, Tom. 48. No. 1. 167–187. pp. (2) CASTLEBERRY, R. M. – LERETTE, R. J. (1979): Latente, a new type of drought tolerance? *Proc. of ASTA Corn and Sorghum Res. Conf.*, 34: 46–56. pp. (3) CHASE, S. S. (1964): Relation of yield and number of days from planting to flowering in early maturity maize hybrids of equivalent grain moisture at harvest. *Crop. Sci.*, 4: 111–112. pp. (4) CHASE, S. S. – KANADA, D. K. (1967): Number of leaves and maturity classification in *Zea Mays* L. *Crop. Sci.*, 7: 431–432. pp. (5) DUVICK, D. N. (1984): Genetic contribution to yield gains of U. S. hybrid maize, 1930 to 1980. In: Fehr, W. R. (Ed.): *Genetic contributions to yield gains of five major crop plants*. CSSA. Spec. Publ., 7: 15–47. pp. (6) JENSEN, S. D. (1971): Breeding for drought and heat tolerance in corn. *Proc. of ASTA Corn and Sorghum Res. Conference*, 26: 198–208. pp. (7) MARTON L. Cs. – SZUNDY T. – HADI G. – PINTÉR J. – BERZSENYI Z. (2005): *Hibridkukorica fajtaajánlat, 2005*. Martonvásár, 2005/1: 4–9. pp. (8) MENYHÉRT Z. (1985): A kukorica termőhelyigénye. In: *Menyhért Z. (szerk.): A kukorica- és termesztése*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 279 p. (9) SURÁNYI J. (1957): A kukorica termésének. *Mezőgazdasági Könyvkiadó Váll.*, 240–262. pp. (10) TOLLENAAR, M. – WU, J. (1999): Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Sci.*, 39: 1597–1604. pp. (11) TROYER, A. F. (1983): Breeding corn for heat and drought tolerance. *Proc. of ASTA Corn and Sorghum Res. Conference*, 38: 128–143. pp. (12) TROYER, A. F. – BROWN, W. L. C. (1976): Selection for early flowering in corn; seven late synthetics. *Crop Sci.*, 767–772. pp.



1. ábra

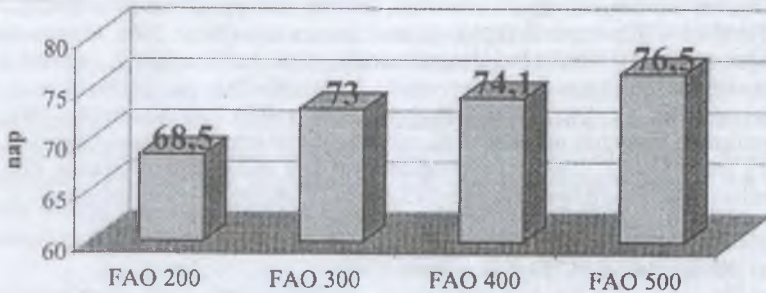
Különböző tenyésztési kukorica hibridek termése eltérő vízellátottság mellett (Martonvásár, 1983–1988)

1. táblázat

A nővirágzás, a szemnedvesség és a termés közötti korreláció (Martonvásár, 1983–88)

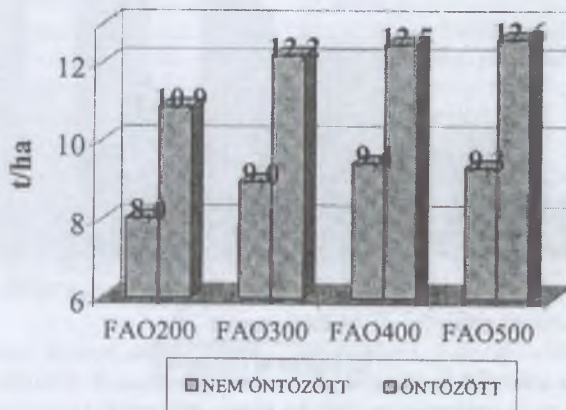
	Termés	
	Nem öntözött	Öntözött
<b>Nővirágzás</b>		
1983	0,486	0,849
1984	0,453	0,784
1985	0,683	0,792
1986	0,546	0,734
1987	0,766	0,803
1988	0,233	0,722
<b>Szemnedvesség</b>		
1983	0,356	0,607
1984	0,348	0,701
1985	0,163	0,307
1986	0,352	0,562
1987	0,600	0,648
1988	0,117	0,567

2. ábra

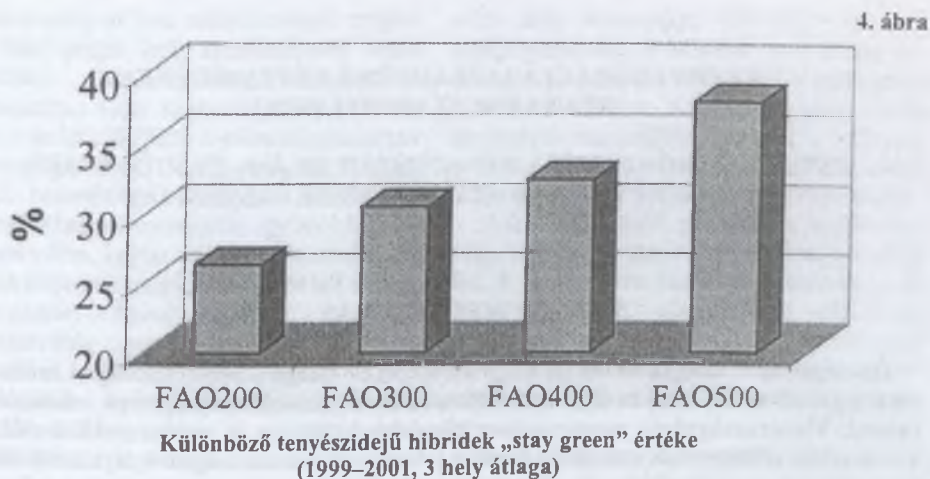


Különböző tenyészidejű hibridek nővirágzása (1999–2001, 3 hely átlaga)

3. ábra



Különböző tenyészidejű kukorica hibridek termése (1999–2001)



2. táblázat

**Különböző tenyésztéjű hibridek évenkénti terméssingadozása (CV)  
(Martonvásár, 1983–1988)**

	Száraz	Öntözött	Átlag
FAO 100	13	8	10,5
FAO 200	12	10	11,0
FAO 300	13	7	10,0
FAO 400	12	7	9,5
FAO 500	16	6	11,0
<b>Átlag</b>	<b>13,2</b>	<b>7,6</b>	

3. táblázat

**1 mm csapadék-, illetve öntözővízre jutó termés (kg/mm)  
(Martonvásár, 1983–1988)**

	1 mm csapadékra jutó termés	1 mm öntözővízre jutó termés
FAO 100	26,7 kg	11,6
FAO 200	31,6 kg	14,6
FAO 300	34,6 kg	18,8
FAO 400	34,5 kg	24,1
FAO 500	34,7 kg	25,0
<b>Átlag</b>	<b>32,4 kg</b>	<b>18,8</b>

## AZ ŐSZI BÚZA SZÁRAZSÁGTŰRŐ KÉPESSÉGÉNEK NÖVELÉSE NEMESÍTÉSSEL

CSEUZ LÁSZLÓ – PAUK JÁNOS – CSISZÁR JOLÁN – LANTOS CSABA  
– HORVÁTH V. GÁBOR – DUDITS DÉNES – MATUZ JÁNOS

### ÖSSZEFOGLALÁS

Összegzésként megállapítható, hogy az általunk vizsgált biotechnológiai módszerek alkalmazásával bővíteni tudtuk eszköztárunkat. Gyorsabban és újszerű módszerekkel tudunk a szárazságtűrés megértéséhez közelebb jutni. Az új módszerekkel előállított növényeink reményeink szerint új forrást jelentenek a szárazságtűrő fajták előállításában.

### BEVEZETÉS

A búza életét, teljesítményét a növény genetikai konstrukciója mellett a külső körülmények – a művelési és klimatikus tényezők – alapvetően meghatározzák. A búza géncentruma a mediterrán és szubtrópusi területen (Kis-Ázsia, Kaukázus) alakult ki, és innen vándorolt a mérsékelt és trópusi területekre. A vad búzafajok a lassú terjedés során maximálisan alkalmazkodtak az általuk elfoglalt területek éghajlatához. A nemesített búzafajták többségéről ez már nem mondható el: a produktív fajták sokkal igényesebbek és kényesebbek a környezettel szemben, mint a vad fajok, vagy a tájfajták, vagy némely régen szelektált, hosszú ideje termesztett fajta.

A klimatikus ellenállóság formái közül a Kárpát-medencében a búza télállósága, a szárazság- és hőtűrése mindig alapvető és meghatározó tényezője az alkalmazkodóképességének, termőképességének. A globális felmelegedés még tovább erősíti a szárazságtűrés és hőtűrés jelentőségét. A szárazság és a hőség, mint káros környezethatás a tenyészidő bármely szakában felléphet, és önmagukban is bonyolult jelenségek, pl. talajszárazság, levegőszárazság, lehetnek

rövidek vagy hosszabb idejűek, egyszerűek vagy ismétlődők stb. Emiatt a szárazságtűrést és hőtűrést nemesítéssel javítani igen nehéz.

A búza szárazságtűrése összefügg a növény néhány morfológiai, élettani tulajdonságával, és öröklődik. Régóta ismert, hogy a nagyobb gyökérzet több víz felvételét teszi lehetővé, a keskeny levelek, a levelek viaszbevonata, a gázcserenyílások aktív működése a transzspirációt csökkentik, mindez a szárazságtűrést növelheti. A koraiság, vagyis a rövidebb tenyészidő a vegetációs idő vége felé bekövetkező szárazság káros hatását csökkentheti.

A hőség elsősorban a virágzás utáni időszakban a szemkitöltődés idejét lerövidíti, a szemek „besülnek”, megszorulnak, melynek következtében a termés mennyisége csökken, minősége romlik. A hosszú tenyészidejű, nagy levelű fajtáknál a megszorulás gyakori jelenség. A rövidebb tenyészidejű, korai fajták a hazai viszonyok között gyakran kevésbé károsodnak a nagy nyári hőségtől, mert addigra már megérnek.

A szárazságtűrésre való nemesítésnek a Gabonakutatóban nagy hagyománya van: *Lelley János* már az 1960-as években elkezdettt ezzel foglalkozni. Szerinte a szárazság-



tűrésre pozitívan ható tulajdonságok megfelelő összhangját kell keresztezések során kialakítani és irányított környezetben (klímaházban vagy száraz klímán) kell végezni a szelekciót. Erre a célra a kiszombori telepen földbeásott, 50 cm mély és 1 m átmérőjű beton tenyészedenyeket alakítottak ki, amelyeket a csapadéktól egy mobil tetőszerkezet óvta, így az edények víztartalmát a kísérlet céljainak megfelelően lehetett szabályozni (Lelley – Mándy, 1963).

A szárazság mesterséges előidézése olyan méretekben, amely a növények tömeges tesztelését és szelekcióját lehetővé tenné, drága és módszertanilag is vitatott. A nemesítők ezért a legjobbnak azt tartják, ha a szelekcióra szánt anyagot száraz éghajlatú területen nevelik fel, és ott válogatják ki a megfelelő típusokat. Ilyen körülmények között a ramsch módszer is használható, mert a több generációra ismételt ható szárazság miatt a szárazságot jobban tűrő növények maradnak meg.

Természetesen a kutatók a szárazságtűrés vizsgálatára és növelésére mindig újabb és újabb módszereket dolgoztak ki, ilyen volt a prolin teszt (Pálfi et al., 1974), az abszcizinsav felhalmozódás (Quarrie, 1981) stb. Jelenleg a Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság búzanesemítési programjában a szárazságtűrés felmérésére és fokozására többféle – szántóföldi, laboratóriumi, élettani, biotechnológiai stb. – módszert használnak.

## 1. SZÁNTÓFÖLDI, TENYÉSZKERTI TEVÉKENYSÉG

### Szárazságtűrési kísérletek

A szántóföldön végzett kísérleteinkben a bejelentés előtt álló törzseinket és fajtajelöltjeinket vizsgáljuk közvetett módszerekkel szárazságtűrésre, illetve olyan tulajdonságokra, amelyek a szárazságban előnyt jelenthetnek a növények számára. Ebben a kísérletben évről évre teszteljük a bejelentés

előtt álló törzseinket (F7–F8), valamint fajtajelöltjeinket. A kétsoros parcellákat tartalmazó kísérletben 3 kezelést alkalmazunk három ismétlésben. A 100 genotípust magába foglaló szántóföldi kísérlet így 900 parcellából állt. A szelekciós kertben kontroll, öntözött és deszikkált kezelést alkalmazunk.

A kontroll kezelés parcelláit a konvencionális termesztéstechnológia szerint neveljük föl. A természetes csapadék mennyisége ez évben az elmúlt évihez képest sokkal nagyobb volt, ami megnyilvánult a növénymagasságban, az ezerszemtömegben, a szemtermésben, valamint a késői kalászolásban és érésben.

Az öntözött kezelés parcellái ugyanezek a természeti és technológiai körülmények mellett további vízpótlásban részesülnek. Az öntözés a 2004. évi jó vízellátottság mellett sokkal kisebb hatást gyakorolt a növénymagasságra, az ezerszemtömegre, a szemtermésre, valamint a kalászolás és az érés elhúzóására, mint az előző két évben.

A deszikkált kezelés parcelláit genotípusonként 14 nappal a virágzás után egy enyhe defoliáns szerrel (NaClO, 2%-os oldat) lepermetezzük, hogy mérjük a kísérletbe vont búzatörzsek tartalék tápanyag transzlokációs képességét, ami egy kulcsfontosságú mechanizmus a késői szárazságstressz elleni védekezésben. A kísérletben vizsgáljuk a levágott levelek víztartó képességét, a tápanyag transzlokációs képességet, és mérjük az öntözés hatását különböző agronómiai bélyegekre. A genotípusok alkalmazkodóképességét tíz termőhelyes teljesítménykísérletben teszteljük.

### Zászlóslevelek víztartó képességének mérése

Mindhárom évben kalászolás előtt, majd a legtöbb genotípus kalászolásakor mértük a genotípusok levágott zászlósleveleinek víztartó képességét.

A parcellákról ismétlésenként zászlósleveleket gyűjtöttünk be. Meghatároztuk a

friss tömegüket, víztelített tömegüket, 8 órás deszikkálás utáni vízvesztésüket, majd száraz tömegüket. A közvetlenül a mintavétel után mért tömeg (FM1) és a száraz tömeg (DM) segítségével és a víztelített tömeg (TM) ismeretében meghatároztuk a levelek kezdeti relatív víztartalmát (RWC1), majd a nyolc órás deszikkálás utáni relatív víztartalmát (RWC2). A víztartó képességet a kezdeti relatív víztartalom és a deszikkált relatív víztartalom arányából határoztuk meg.

Mind a kezdeti víztartalomban, mind a vízvesztésben jelentős különbségeket tapasztaltunk a vizsgált 100 genotípus között. Az évjárártól és a mérés időpontjától függően a kezdeti víztartalomhoz képest a genotípusok zászlslevelei átlagosan 7,3–20% vizet tudtak fölvenni, és a kezelés hatására átlagosan kezdeti relatív víztartalmuk 40,7–50%-át őrizték meg. A toleráns genotípusok zászlslevelei víztartalmuk 65,0–80,0%-át, a legrosszabbak csak 17–21%-át tartották meg a deszikkálás hatására (1. ábra).

### A tápanyag transzlokációs képesség becslése

A tápanyag transzlokációs képességet tenyészkerti deszikkációs teszt alapján határoztuk meg (Blum, 1998). A kémiai deszikkálást 2%-os NaClO<sub>3</sub> oldat permetezésével végeztük el genotípusonként és parcellánként a virágzást követő 14. napon. A tápanyag transzlokációs képességet a kontroll százalékában kifejezett ezerszemtömeg depresszióval jellemeztük. 2002-ben a kezelés hatására az ezerszemtömeg 34,6%-kal, 2003-ban 32,12%-kal, 2004-ben mintegy 36,5%-kal csökkent. A legjobban szereplő fajták szemtömege csak mintegy 13–15%-kal, míg a legérzékenyebb törzsnek 40–52%-kal csökkent az ezerszemtömege a stressz hatására. A vizsgált 100 genotípus között jelentős különbségeket találtunk (2. ábra).

Az öntözéses kezelésben mértük a külön-

böző agronómiai bélyegek változását, a levélfelület hőmérsékletét és a klorofill-tartalmat. Az öntözést kalászolás után kezdtük el – mivel 2004-ben igen nagy mennyiségű csapadék hullott a kalászolást megelőző időszakban – és egészen viaszerésig folytattuk. 2002-ben mintegy 50 mm-t, 2003-ban 140 mm-t, 2004-ben 150,5 mm vizet juttattunk ki. Az öntözés csökkentette a növényállomány felületi hőmérsékletét (a fotoszintézis fenntartásán keresztül), fenntartotta a klorofill tartalmat, növelte a növény-magasságot, kitolta a kalászolás és az érés időpontját, emelte az ezerszemtömeget és a termést. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a csapadékkal igen jól ellátott 2004-es évben az öntözés hatása egyik vizsgált bélyegre sem volt szignifikáns. Az öntözés- és a vízmegvonás hatását – az évjárártól függetlenül – szántóföldi körülmények között kizárólag esőárnyékoló berendezések alkalmazásával lehet tanulmányozni, ami ez évtől egy kutatási projekt keretében valósul meg Szegeden.

### Növényállomány felületi hőmérsékletének mérése

Az infravörös távhőmérővel a növényfelületek hőmérséklete gyorsan és pontosan meghatározható. A hosszabb időn keresztül vízhiány-stresszel sújtott növény sztómáit bezárja, így fotoszintézise leáll. Mivel nincs transzspiráció, a levélfelület fölmelegszik. Szelekciós szempontból azok a genotípusok értékesek, amelyek a legnagyobb stressz mellett is fenntartják a fotoszintézist, mert ezekben – valószínűleg fejlettebb ozmoregulációs képességük, vagy nagyobb, hatékonyabb gyökérrendszerük miatt – később alakul ki a belső vízhiány (= vízvesztés-ellenállóság).

2003 és 2004 nyarán két-két alkalommal méréseket végeztünk egy kézi infravörös hőmérővel (Crop-Track, Spectrum Inc.) a bejelentés előtt álló búza genotípusok levélfelületén. A mérések jelentős hőmérséklet

különbséget mutattak ki a vizsgált törzsek között. 2003-ban az optimális vízellátottságú (=öntözött) parcellák átlagos levélfelület hőmérséklete 22,85 °C, míg a kontroll parcellák átlagos hőmérséklete 26,47 °C volt. Az öntözött állományban a hőmérsékleti szélsőértékek (20,6–25 °C) egy alacsonyabb intervallumban változtak, mint a kontroll parcellákon (25,07–30,07 °C). A szárazság a növényfelület hőmérsékletét átlagosan 3,61 °C-kal, azaz 13,61%-kal emelte. 2004-ben a sokkal enyhébb mértékű szárazság-stressz miatt a különbség nem volt megbízható az öntözött (=optimális vízellátottságú) parcellák levélfelület hőmérséklete és a kontroll kezelésben mért levélfelület hőmérsékleti adatok között. Az öntözött kísérletben a levélfelület hőmérséklete 22,23 °C, a kontroll kísérletben 24,77 °C volt. (A talajfelszín hőmérséklete 40,4 °C, ill. 27,8 °C, a levegő hőmérséklete 27 °C volt.)

### Alkalmazkodóképesség

A több termőhelyes teljesítménykísérletek nemesítési programunk szerves részét képezik. Évről-évre 8–10 termőhelyen teszteljük a bejelentés előtt álló törzseket, hogy információhoz juthassunk azok alkalmazkodóképességéről. A szárazságtűrést is magába foglaló, általános alkalmazkodóképesség egyik legérzékenyebb indikátora az ezerszemtömeg. Minden termőhelyről magmintákat szedünk, és termőhelyenként meghatározzuk az ezerszemtömeget.

Az ezerszemtömeget kívüli értékeltük a szemtermést, a mag egészségi állapotát és teltségét, a kórtani adatokat és néhány morfológiai bélyeget (pl.: növénymagasság) is. Az általános alkalmazkodóképességre a mért tulajdonságok stabilitásából következtetünk. Tapasztalataink szerint az ezerszemtömeg stabilitása közvetlenül nem függ össze az ezerszemtömeg nagyságával. Azok a nagy ezerszemtömegű genotípusok a legértékesebbek, amelyeknek relatíve alacsony a variancia értékük. A termés- és ezerszem-

tömeg eredmények földolgozása után ki tudjuk jelölni azokat a genotípusokat, amelyek nagy termőképességűek, ugyanakkor toleránsak az abiotikus stresszekkel szemben is.

A szárazságtűrés tesztet és a 8–10 hely átlagában mért termésadatok egyik évben sem korreláltak egymással. A perzselőszeres kísérlet magtömeg depressziója (kontroll %) és a termésadatok között az összefüggés  $r=0,071\%$ , azaz nem találtunk igazolható összefüggést. Hasonló megállapítást tehetünk a levélmérési adatok tekintetében is (a termésadatok és a szárazságtűrést jellemző adatsorok közti korreláció csak mintegy 0,167%). Ugyanígy a regresszió számítás sem talált kapcsolatot a termésadatok és a levélfelület hőmérsékletének változása között ( $r=0,149$ ), a növénymagasság és a termés között ( $r=0,128$ ), valamint a termés és a klorofill tartalom változása között sem ( $r=0,116\%$ ).

A szárazságtűrésre történő nemesítésben a nagy termőképességre való kizárólagos szelekció nem ígér gyors előrehaladást, ezért a szelekciónak elsősorban fiziológiai tulajdonságokra kell irányulnia. Másrészt, mivel a termőképesség természetesen hatással van a stresszkörülmények közötti teljesítményre is, a szárazságtűrő búza ideotípusának nem csak szárazságtűrőnek, hanem nagy termőképességűnek is kell lennie.

A termőképesség és a szárazságtolerancia között kompromisszumot kell találnunk. Mivel hazánk éghajlata nem szélsőségesen száraz, és a szárazság mértéke előre kiszámíthatatlan, a keresztezési program összeállításakor elsősorban olyan genotípusokat kell keresni, amelyek nagy potenciális termőképességgel rendelkeznek és emellett száraz körülmények között jól adaptálódnak.

A szárazságtűrésre történő nemesítés fő vonala megegyezik a fajta-előállító nemesítés fővonalával: szelekció a legfontosabb agronómiai paraméterek alapján. Az első beavatkozási pont a keresztezési partnerek megválasztása. Itt jó adaptálódó-képességű típusokat, vonalakat kell kiválogatni. A

poligénikusan öröklődő előnyös tulajdonságokat szintetikus populációkban rekurrens szelekció alkalmazásával kombinálhatjuk, míg az általunk fontosnak ítélt, egyszerűen öröklődő (pl. morfológiai) bélyegeket back-cross alkalmazásával vihetjük át.

Az F2 generációban a megszokott agronómiai paramétereken kívül a szárazsághoz való adaptálódást segítő, vizuálisan felvételezhető morfológiai bélyegek figyelembevételé is fontos.

A kalászutódsorokban (F3–F5) a ki-egyenlítettésre való szelekciós munkával párhuzamosan regisztráljuk és a populációból eltávolítjuk a vizuálisan felvételezhető bélyegeket (csúcsszáradás, levélsodródás, kiszülés, megszorult szem stb.) alapján szárazságra érzékeny vonalakat. A későbbi generációkban (F5-től) a teljesítmény tesztekkel párhuzamosan végezzük a szárazságtűrési tesztek (perzselőszeres kísérlet, levél víztartó-képesség mérés, törzsek felületi hőmérsékletének meghatározása), valamint egyes, vizuálisan felvételezhető bélyegeket (csúcsszáradás, levélsodródás) regisztrálását. A fajtajelöltek állami kísérletekbe való bejelentéséig a termőképesség, betegség-rezisztencia, minőség, főbb agronómiai paraméterek mellett a döntéshozatalhoz elegendő információ fog így rendelkezésre állni a jelöltek szárazságtoleranciájáról is (Cseuz, 1998, 2001).

Az előrelépés a jövő búzafajtáinak szárazságtűrésében csak rendkívül sok tényező, információ figyelembevételével érhető el.

### A szelekciós munka eredményei

A 2002-ben bejelentett fajtajelöltek közül három genotípus, a GK Békés, a GK Csillag és a GK Hunyad szárazságtűrő képességét bizonyította az OMMI kísérleteiben. A 2002/2003. évi országos szárazság ellenére az OMMI termés-összehasonlító kísérleteiben a GK Békés 101%-ot, a GK Csillag 103%-ot, míg a GK Hunyad 100,7%-ot ért el, számottevő ezerszemtömeg csökkenés nélkül. 2004-ben mindhárom fajta megőrizte

igen magas termőképességét, ami azt mutatja, hogy ezek a genotípusok nem csak az extrém száraz körülmények között tűnnek ki átlagon felüli teljesítményükkel, hanem a szárazságtűrésük egy kiváló általános alkalmazkodóképességgel párosul. A GK Békés (GK Kalász / GK Garaboly) az elmúlt évi és a 2004-ben elvégzett kísérletekben mind a tápanyag transzlokációs tesztekben, mind a levél víztartó képességben bizonyult toleránsnak. A GK Csillag (GK Véka / GK Kalász) és a GK Hunyad (GK Mura / GK Kende) elsősorban kiváló víztartó képessége alapján, valamint a 2003 és 2004. évi levélfelületi hőmérsékletük alapján nevezhető szárazságtűrőnek.

A 2003-ban újabb, nagy termőképességű, stressz-toleráns fajtajelöltek kerültek bejelentésre. A GK Álmos (Zg167.86 / Csb // Mv22), a GK Nyár (GK Óthalom / Jubilejnaja-50), a GK Sámán (80.1.61 // Rst / NB) és a GK Szörény (GK Mura / GK Kende) elsősorban a tápanyag transzlokációs képessége alapján toleráns a késői, virágzást követő vízhiány-stresszre, míg a GK Álmos és a GK Szörény a zászlólevél víztartó képessége alapján is ellenálló. 2004-től a GK Sámán és a GK Szörény másodéves fajtajelöltként szerepel a vizsgálatokban.

2004. év őszén a GK Kht búzanemesítési programjából három új, nagy termőképességű genotípust jelentettünk be az OMMI-hoz fajtaelismerésre. A három bejelentett jelölt közül a GK Rábé (39/04) (GK Mura / GK Garaboly) a szárazságtűrési tesztek szerint az átlagosnál nagyobb fokú tápanyag transzlokációs képességgel és levél víztartó-képességgel rendelkezik.

## 2. LABORATÓRIUMI, BIOTECHNOLÓGIAI KÍSÉRLETEK

### Sejt- és szövettenyésztési modell rendszer

Az elmúlt évtizedekben a növényi biotechnológiai kutatásban – így búzában (*Triticum aestivum* L.) is – ugrásszerű fejlődés

vette kezdetét, amely keretében haploid és szomatikus szövettenyésztési kutatás alakult ki. Ezt a módszertani hátteret is alkalmaztuk a szárazságtűrés jobb megértéséhez és a szelekciós módszerek továbbfejlesztéséhez.

A növényi sejt- és szövettenyésztés oly módon ad jelentős segítséget a kutatásban, hogy számtalan genetikai, élettani kérdést a hagyományos (növény szinten üvegházban, tenyészkeretben) módszerektől eltérően, metodikailag újszerűen, sejt- és szöveti szinten tudunk vizsgálni (*Jenes et al., 2000*). Lehetőség nyílik sejt és szövetszintű szelekcióra, tesztelésre. A növény szinten végzett tesztekhez képest rövid idő alatt juthatunk értékelhető, nagy valószínűséggel *in vivo* körülmények között is értékes eredményekhez. Laboratóriumi körülmények (ozmotikumok, PEG használata stb.) között *in vitro* viszonylag jól modellezhetők a szárazsággal kapcsolatos stresszhatások (*Pauk et al., 2003*).

Az utóbbi években egyre gyakoribb problémát jelentő aszálykár hatására intenzív kutatásokat kezdünk. Az androgenézis indukciójával létrehozott sejt- és szövettenyészetek különösen jó objektumai lehetnek a szárazságstresszeknek ellenálló búza törzsek kiválogatásának. Munkánkban szárazságra érzékeny és szárazságtűrő genotípusokkal, valamint kombinációjukkal dolgozunk, a különböző törzsek sejt- és szövettenyészetben adott válaszreakcióját teszteljük ozmotikus és oxidatív stresszek kiváltásával, provokatív kísérleti körülmények között. Kísérleteinkkel párhuzamot állítunk az általunk kiválogatott jó ozmoregulációjú, oxidatív stresszhatásoknak leginkább ellenálló növények és az *in vivo* jó alkalmazkodóképességű törzsek között.

### Vízhiány modellezése haploid tenyészetekben

Kísérleteinkben két *in vitro* technikát választottunk a genotípusok összehasonlító vizsgálatára, a portoktenyésztést és az izolált mikospóra tenyésztést. Mindkét módszer

haploid szinten biztosítja a szelekciót, a kromoszómaszerelvény spontán vagy indukált megduplázásával egy generáció alatt lehetővé válik homozigóta, fertilis búza egyedek előállítása. A haploid tenyészetekben szelekciós ágensként alkalmazott ozmotikumok (maltóz, mannit) megfelelő adagolása biztosítja a jó ozmoregulációjú növények szelekcióját, az oxidatív stresszt a tápközegekhez adott paraquat váltja ki. Az így előállított növények utódainak szárazságtűrése, illetve stressztűrése (vízhiány, UV sugárzás, magas hőmérséklet, biotikus stressz) már jól vizsgálható üvegházi és tenyészkereti körülmények között.

### Szelektív portoktenyésztés

A portoktenyésztés rutinszerűen alkalmazott eljárás laboratóriumunkban, évek óta sikerrel alkalmazzuk a módszert a nemesítési munkában. A tenyésztés során az indukciós tápoldatra a búza mikospóráit tartalmazó portokokat helyezzük. Portoktenyészetben a mikospórák az embriogenezis első két-három hetében a portokon belül fejlődnek, a portokok falának felrepedését követően növekednek tovább az embriók a tenyésztő oldatban. Így a szelekciós ágensek (maltóz, mannit, paraquat) csak a portok falán keresztül fejthetik ki hatásukat az első két-három hét során. Közvetlen szelekcióról csak a tenyészetben fejlődő több hetes embriók esetében beszélhetünk. Az így kapott embrioidokból növényeket regeneráltunk.

Kísérleteinkben ismert jó, és gyenge stressz (szárazság) -tűrési genotípusok felhasználásával portoktenyészeteket felhasználva megállapítottuk, hogy az *in vitro* eredmények jól korrelálnak az *in vivo* adatokkal. Az adatok felbátorítottak minket a további fejlesztésekre.

### Szelektív mikospóra tenyésztés

A mikospóra tenyésztés módszere olyan lehetőséget teremt számunkra, ahol izolált mikospórák szintjén végezhető el a szelek-

ció. A módszer alkalmazásakor önálló, izolált sejtek tenyésztéséről van szó, ahol a szelekció külön érint minden sejtet. A tenyésztés teljes ideje alatt mikroszkóppal nyomon követhető az embriogenezis folyamata, illetve a szelekció hatása. A növényregenerálás hatékonyságának emelésével rutin módszerré válhat ez a kísérleti technika is.

A mikospóra tenyészetekben szintén jó, ill. gyenge stressztűrési genotípusok felhasználásával kívánjuk a portoktenyésztésnél említett vizsgálatokat elvégezni. A tenyésztés során meghatároztuk az ozmotikumok, illetve a paraquat optimális szelektív dózist, valamint az adagolás megfelelő idejét. A szelekciós ágens optimális dózisa és adagolásának ideje eltérő volt szövetszintű (portoktenyésztés), illetve sejszintű (mikospóra tenyésztés) szelekció esetén. Jelenleg a módszer szűk keresztmetszetét a viszonylag alacsony zöld növényregenerálás jelenti.

### Sejszintű szelekció ismert szárazságtűrő és szárazságot nem tűrő genotípusok hasadó generációjából

A hasadó nemzedékben a szülői tulajdonságok neokombinánsai biztosítják azt a genetikai háttérrel, amely kiváló alapja lehet szárazságstresszt toleráló egyedek előállításának. Az *in vitro* androgenézis indukcióján alapuló, előbbieken említett módszereket a nemesítési munkában már megkezdtük alkalmazni.

Kísérleti elképzeléseink szerint már meglévő keresztezési kombinációk hasadó (F2–F3) nemzedékeiben alkalmazzuk a szelektív portok- és mikospóra tenyésztési módszereket. A szárazságtűrő és szárazságot nem tűrő genotípusok keresztezése megfelelően széles genetikai bázist jelent a nagy tesztelhető egyedszámot biztosító módszerek számára. A szelektív körülmények között regenerált spontán vagy indukált (colchicine kezelés) doubled haploid növényeket üvegházi körülmények között neveljük.

A hasadó nemzedékből indított, feltételezhetően az abiotikus stresszhatásoknak ellenálló egyedek felnevelése után elvégezzük a növények tesztelését. A később várható szántóföldi tesztek előtt, már a DH, generációban lehetőség nyílik a felnevelt növények laboratóriumi és üvegházi fiziológiai vizsgálatára. A levelek víztartóképeségének vizsgálata ( $RWC_2/RWC_1 \times 100$  %/), fotoszintézis aktivitás mérés, antioxidáns hatású enzimek aktivitásának mérése megfelelő támpontot nyújthat az új törzsek szárazságstresszt toleráló képességének meghatározására.

### A szárazságtűrési géntechnológiai megközelítése

Reaktív aldehidek képződése a szárazságstressz hatásnak kitett növényekben megnő. Fontos lehet olyan reakcióutakat felderítenünk, szerepüket a stressztűrési kialakításában értékelnünk, amelyek több – akár lipid, akár cukoreredetű – reaktív aldehyd detoxifikálására képesek. Ilyen enzimet (ALR=aldózreduktáz) a *Szegedi Biológiai Központ Növénybiológiai Intézetének* munkatársai már azonosítottak lucernában. A genom szekvenciák *in silico* analízisét követően olyan genomikus szakaszokkal transzformált búza egyedeket hoztunk létre, melyek csak növényi eredetű DNS-t tartalmaznak. A létrehozott búzanövények szelekciójára megnövekedett detoxifikáló potenciáljukat, metilglioxál, illetve más reaktív aldehyd rezisztenciájukat használjuk fel.

### Lucerna (Ms) eredetű ALR fehérje kimutatása búza transzformánsokban

A lucerna eredetű aldózreduktáz (ALR) transzformánsok előállítását követően a felhasznált marker gén jelenlétét a növényekben viszonylag könnyedén bizonyítottuk (Pauk *et al.*, 2000). Az ALR célgén transzformációjából származó túltermelést

már jóval nehezebben sikerült bizonyítanunk, mert nem tudtuk megkülönböztetni a búza saját ALR fehérjét a transzformált *Medicago* ALR fehérjétől. Horváth V. Gábor segítségével sikerült transzformáns búza kalluszközből – speciális tisztítást követően – a lucerna eredetű ALR fehérjét kimutatni. Az alábbi MsALR ábrán látható, hogy az ábra bal oldalán található fehérje markerrel egyezően a 3., 5. és 8. jelű mintáinkban sikerült kimutatni a *Medicago sativa* eredetű ALR fehérjét, amely a transzformáció következtében expresszáldott búzában.

### Stresszenzimek túltermelésének vizsgálata ALR búza transzformánsokban

A rendelkezésünkre álló ALR búza transzformáns kallusz anyaggal három kísérleti ciklusban megvizsgáltuk az ALR aktivitás mellett néhány fontos stresszenzim (GST, SOD, Kataláz, GPX, GR) mennyiségi alakulását, hogy a transzformáció emelte-e valamelyik enzim mennyiségét. A kísérletet a kontroll kezelés mellett 14% PEG adagolása mellett két kezelésben és négy-négy sorozatban állítottuk be. A vizsgálatokat SZTE Növényélettani Tanszékén Erdei László tanszékvezető irányításával végeztük (lásd az alábbi ábrákat).

Az ALR és GR (glutation reduktáz) aktivitás esetében látható, hogy mindkét kontroll minta (fehér és fekete színnel) értékét meghaladó másfél, két és háromszoros aktivitásnövekedést is tapasztaltunk néhány transzformált mintában (15, 37, 57, 91, B-25/2). A két kontroll minta eredetét tekintve jelentős különbség volt közöttük. A CY-45/C jelű frissen indított szomatikus kallusz volt, míg a CY-45 jelű ugyanabból a szuszpenzióból származott, mellyel a transzformációt végeztük. Élettani történetét tekintve a CY-45 jelű tekinthető a transzformáns vonalak kontrolljának. Néhány mintában a PEG kezelés hatására a PEG nélkül beállított kezeléshez képest nagyobb aktivitás érték tartozik, ami a stressz hatása alatti nagyobb enzim aktivitást igazolja.

A 6. ábra a GST aktivitást mutatja. Ebben az esetben látható, hogy a transzformáns kalluszos aktivitás értéke a kontrollok átlaga körül mozog. Nem látható lényeges eltérés. Megállapítható, hogy a GST aktivitásra a transzformációnak nincs hatása.

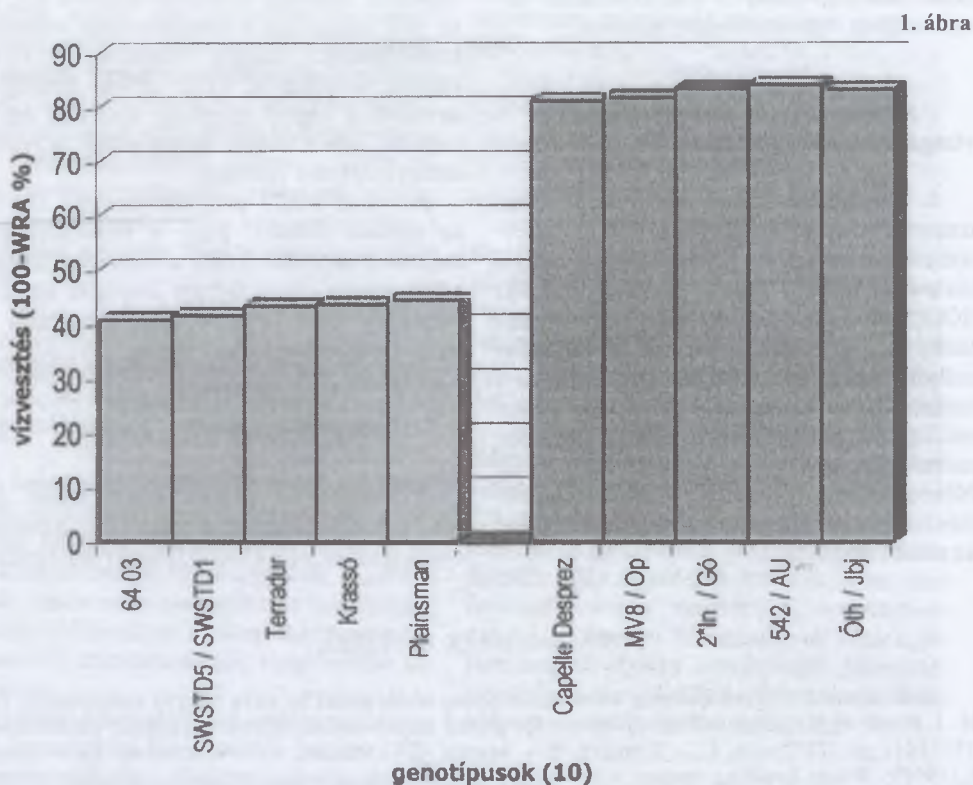
### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott munka nagy részét az NKFP 4/038/2001 sz. projekt (Búzakonzorcium, témavezető: Dudits Dénes) támogatta.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BLUM A. (1998): Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. In: H. J. Braun et al. (eds.): Wheat: Prospects for global Improvement, Kluwer Academic publishers, 135–141. pp. (2) CSEUZ, L. – KERTÉSZ, Z. – MATUZ, J. – MÓZSIK, L. – SZEGLETES, Zs. – ERDEI L. (1998): Wheat breeding system with special attention to tolerance to abiotic stresses. 13–15. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Wheat Genetics Symposium, Vol. 4 1998 Saskatoon, Sask (3) CSEUZ L. – KERTÉSZ Z. – PAUK J. – FÓNAD P. – BEKE B. – MATUZ J. (2001): Szárazságtoleráns kenyérbúza (*Triticum aestivum* L.) és durum búza (*Triticum turgidum* var. *durum*) vonalak előállítása pedigre nemesítési rendszerbe illeszthető szelekciós módszerek alkalmazásával. VII. Növénynemesítési Tudományos Napok 2001. január 23–24. Összefoglalók 37. (4) JENES, B. – PAUK, J. – TOLDI, O. – BÁNFALVI, Z. – DÓCZI, R. – OREIFIG, A. – DALLMANN G. (2000): Improvement of tolerance against dehydration stress in cereals. In: G. Hrazdina (ed): Use of Agriculturally important genes in biotechnology. IOS Press, Amsterdam–Berlin–Oxford–Tokyo–Washington, 7–13. pp. (5) LELLEY J. – MÁNDY Gy. (1963): A búza. Magyarország kultúrflórája VIII. kötet. Liliomfélék – Pázsitfélék, 13. füzet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 330 p. (6) PÁLFI, G. – BITÓ, M. – NEHÉZ, R. – SEBESTYÉN, R.

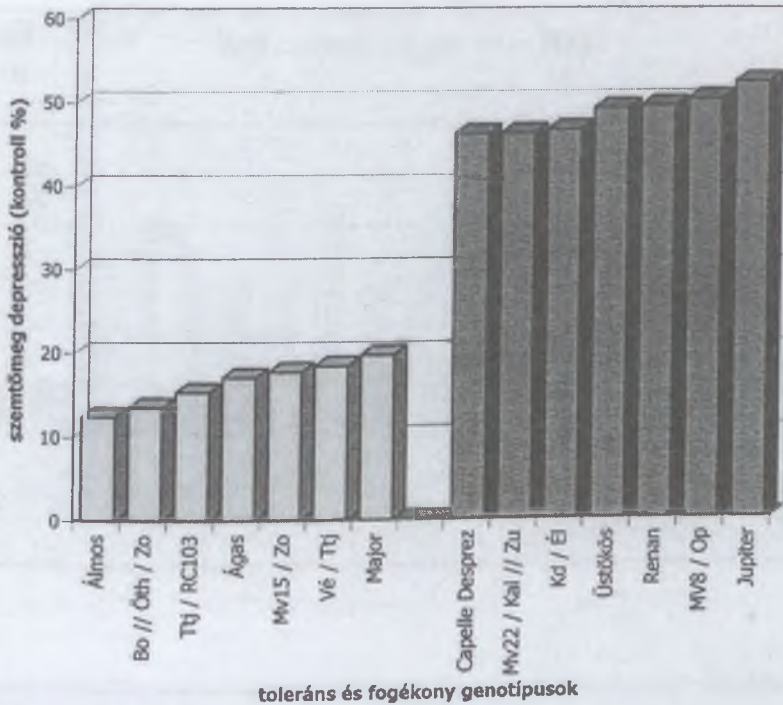
(1974): Rapid production of protein forming amino acids with the aid of the water stress and photosynthesis. 1. The „proline pathway” of amino acid metabolism. *Acta Biologica, Szeged*, 20: 95–106. pp. (7) PAUK, J. – ERTUGRUL, F. – KÓTAI, É. – BARTÓK, T. – MIHÁLY, R. – KISS, O. – CSEUZ, L. – GYÖRGYÉY, J. – DUDITS D. (2003): Breeding drought tolerant wheat genotype utilizing alien genes (*ALR, Ferritin*). *Proceedings of EUCARPIA Cereal Section Meeting, Salsomaggiore, Exp. Inst. Cer. Res., Section of Fiorenzola d’Arda*, 172–175. pp. (8) PAUK, J. – MIHÁLY, R. – TALPAS, K. – HÄNSCH, R. – MENDEL, R. R. – KERTÉSZ, Z. (2001): Wheat genetic transformation and its breeding aspects. In: Bedő, Z. – Láng, L. (eds): *Wheat in a Global Environment. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Wheat Conference, 5–9 June 2000, Budapest, Hungary*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–London, 537–540. pp. (9) QUARRIE, S. A. (1981): Genetic variability and heritability of drought-induced ABA accumulation in spring wheat. *Plant, Cell and Environment* 4, 147–151. pp.



Toleráns és érzékeny búza genotípusok levágott zászlósleveleinek vízvesztése (%), Szeged, 2004



2. ábra



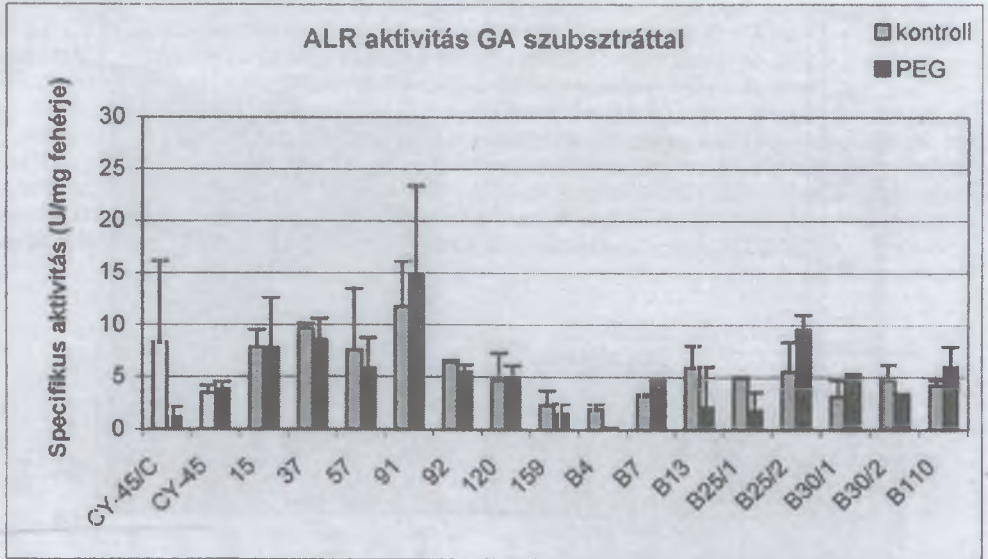
Toleráns és szenzitív búza genotípusok szemtömeg csökkenése deszikkáns kezelés hatására, Szeged, 2004

3. ábra

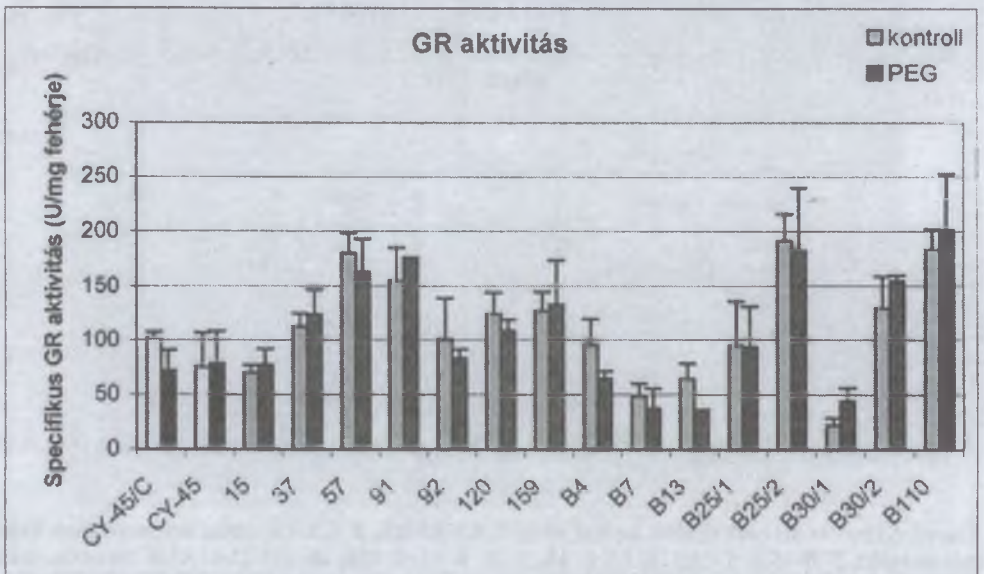


Biorad előfestett marker (balról az első sáv), 1. CY-45-DE, 2. CY-45c (nem transzgenikus kontroll minták), 3. B-25/1, 4. 14/1, 5. 15, 6. 18, 7. 28, 8. 91, 9. 120, 10. 201 (3-4. ALR transzformáns minták). A kalluszból izolált fehérjeminták koncentrációit Bradford reagenssel mértük, a fehérjemintákat (20 mikrogramot mindegyikből) 12%-os denaturáló poliakrilamid gélen szétválasztottuk, blottoltuk Immobilon-P PVDF membránra és az MsALR fehérjét tisztított poliklonális MsALR ellenanyaggal mutattuk ki, anti-nyúl IgG-tormaperoxidáz konjugátum másodlagos ellenanyagot használva

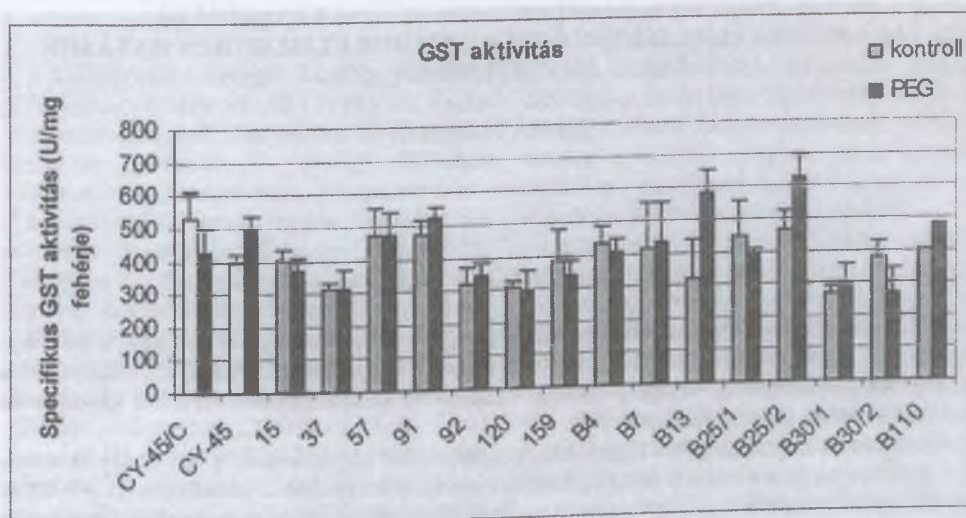
4. ábra



5. ábra



6. ábra



# A TALAJHASZNÁLAT JELENTŐSÉGE A KÁROS KLIMATIKUS HATÁSOK ENYHÍTÉSÉBEN

BIRKÁS MÁRTA

## ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozásokhoz való alkalmazkodás egyre előkelőbb helyet foglal el a növénytermesztés eredményességét befolyásoló tényezők rangsorában. Az alkalmazkodást a vízzel való gazdálkodás szintje minősíti. Vízpazarló talajhasználat esetén a klímahatás kedvezőtlenebb, a veszteség nagyobb.

A csapadék mennyiségétől függő két, gazdálkodást sújtó szélsőség az aszály és a belvív. Amikor nagy a vízhiány aszály, ha a csapadék sokkal több a szokásosnál, belvízkár lép fel. A kár mértéke a víz hasznosulásától függ. Adott vízmennyiségből lényegesen kevesebb hasznosul a fizikai és biológiai állapotukban leromlott talajokon. A hatékony nedvesség, gazdálkodás teendők sokaságára épül. A felszínre érkező vízből és a talajban lévőből nagyobb hányadnak kellene hasznosulnia. A hasznosulás tényezőinek egy része – pl. a talaj víznyelő és vízáteresztő képessége – nem befolyásolható, mások, így a talaj fizikai állapota, a felszín, vagy a felszín takartsága a talajhasználat során módosítható. A vizsgálatok a talajnedvesség-tartalom szélsőségeivel összefüggő talajhasználat eredetű egyes hibák feltárását és a kárenyhítés módszereinek kimunkálását tették lehetővé.

## BEVEZETÉS

A növénytermesztés eredményességét befolyásolják a klimatikus adottságok. A csapadék, mint klímaelem a vízellátás és -hasznosulás okán érdemel figyelmet. Az évi csapadék korábban sem volt elegendő, 50–80%-ban fedezte a szántóföldi növények vízigényét. A hasznosulás aránya legfeljebb közepes, a beszivárgás akadályoztatásától és a talajok vízgazdálkodási tulajdonságaitól függően 40–60% (Ruzsányi, 1996). A víz mozgását a természetes, állandónak tekinthető talajtulajdonságok és a – talajhasználat során kedvezően vagy hátrányosan – változó talajállapot befolyásolja (Várallyay, 1996).

Amikor a klíma tartósan kedvezőtlen, alkalmazkodásra kell törekedni. Az alkalmazkodás hatékonyabb vízgazdálkodásra kény-

szerít. Csapadékos időszakban a vízbeszivárgás javítása, szárazságban a talaj nedvességvesztésének csökkentése az alkalmazkodás fő célja. A talajállapot a nedvességtartalom és -forgalom módosításán keresztül befolyásolja a növények vízellátását, végső soron azt is, meddig képesek elviselni a klimatikus stresszhatásokat (Ruzsányi, 1996). A terméselemzések és talajállapot vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a korábbi és a jelenlegi talajhasználat alkalmatlan a káros klimatikus hatások enyhítésére (Birkás, 2001).

A kutatás feladata a talajhasználat – kiemelten a talaj állapotával – kapcsolatos problémák elemzése és összegzése. További feladat azon teendők megfogalmazása, amelyek segítségével a káros klímahatások valamelyest megelőzhetők vagy enyhíthetők.

## A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

A dolgozat anyaga korábbi (Birkás, 2000a,b,c; Birkás et al., 1999) és újabb eredményekre épül. Az utóbbi tömörödéssre érzékeny homokos vályog féleségű (Gödöllő), és tömörödéssre közepesen érzékeny vályog (Hatvan) talajon folytatott kísérletek vonatkozó adataival egészül ki. Gödöllőn 12, Hatvanban 3 a vizsgálati évek száma. A kísérletek négyismétléses, sávos véletlen elrendezésűek. A művelési kezelések száma Gödöllőn öt, Hatvanban hat. A kísérletek leírását részletesen publikáltuk (Birkás – Gyuricza, 2004a, b). A dolgozat kiegészült négy időszakban (1976–1987, 1988–1990, 1991–1997, 1998–2001) az ország 47 pontján, öt fizikai féleségű talajon (összesen 9720 hektáron) végzett mérések vonatkozó eredményeivel, és a 2000., 2003. aszályos években gyűjtött információkkal.

## A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

### Az aszálykárok, a talajhasználat és a talajállapot

Az aszály agronómiai jelenség, amelyben a növénytermesztés elsődleges korlátozó tényezője a tartós vízhiány (Harnos, 1993). A csapadékhiány nagysága, ideje és tartama alapot ad a várható gazdasági kár becsléséhez. A gyakorlatban a kár mértékét többnyire a termés- és jövedelemkiesés alapján határozzák meg. Kevés figyelmet kap a szakszerűtlen talajhasználat vagy természetszerű rendszer kárra gyakorolt hatása. A csapadékkal kapcsolatos művelési károkkal nem, vagy alig foglalkoznak. A kár reális felmérése – előrejelzés, vagy utólagos értékelés esetén – az eddigieknél több tényező bevonását teszi szükségessé.

Aszályos évben bármely vetésidőjű növénynél felléphet termésvesztés. Ha a kevés csapadék eloszlása a művelési időben jó, a talajmunkák minőségét csak a szakszerűtlen-

ség korlátozza. Ilyenkor a művelés eredetű talajállapot károk keletkezésének valószínűsége kisebb. Aszályos téli félév végén, száraz talajon, alpműveléskor kevesebb, magágykészítéskor több hiba keletkezik. Az ősszel elmunkálatlanul hagyott szántások porhanyításakor a legfelső rétegben vetési és kelési hibákhoz vezető nedvességkülönbségek alakulnak ki, különösen kötött talajokon.

Aszályos nyári félévet követő művelési időben a száraz talaj megmunkálása körülményes, a minőségbeli hibák nagy része azonban elkerülhető lenne. A talaj természetes vízhiánya és a szakszerűtlen művelés nedvességvesztése között jelentős különbség alakulhat ki (1. ábra). A kisebb víztartalom alkalmas ad a gyökérszóna tömör állapotának enyhítésére.

A nyár végi és az őszi vetések előtti száraz időszak akkor kockázatosabb, ha korán lekerült elővetemény után vízvesztés fokozó művelést alkalmaznak. Az elővetemény aratásának és az utónövény vetési idejének egybeesésekor az előnyök és a hátrányok közel azonosak. A száraz talaj jól járható gépekkel, a taposási kár enyhébb, a száraz beérése, és így apríthatósága is jobb. A száraz talajok művelésének kockázata a körülményekhez alkalmazkodó eljárásokkal biztosan csökkenthető.

A talajhasználat a ráfordításokon keresztül érzékenyen reagál a gazdasági változásokra. Az 1990-es években több, a természetet befolyásoló folyamattal felhagytak (tarlóhántás, talajállapot-javító mélyművelés, szerkezetjavító meszezés, szerves trágyázás, műtrágyázás). A művelési kultúra visszaesését a talajállapot javítás szünetelése, a tömörödéss kiterjedése is alá támasztja. A művelési mélység csökkent, a talajbolygatások száma mégsem ésszerűsödött. Emiatt a porosodás, cserepesedés, kérgesedés a degradációra kevésbé érzékeny talajokra is áterjedt, az érzékeny talajokon súlyosbodott (2. ábra). A szerkezetromlás a klímaelemekkel szembeni érzékenység növekedését, a talajban lévő nedvesség hasznosulásának csökkenését vetíti előre (Nyiri, 1997; Ruzsányi, 1996, 2000).

A kutatások rávilágítanak arra, hogy a gyenge talajadottság, a tápanyaghiány és a talajállapot kedvezőtlenége felerősíti a hidrometeorológiai szélsőségek ártalmát (Ruzsányi – Pepó, 1999; Gyuricza – Birkás, 2000). Csapadékhiányos tenyészidőben a szárazság befolyása egyre inkább attól függ, milyen nedvesség-gazdálkodást folytattak adott talajon a megelőző években (3. ábra).

Száraz időszakokban a *nedvesség veszteség* mértékét a talaj állapota és nedvességtartalma kölcsönösen befolyásolja. A nedvesség vesztesést növelő talajállapot változatok a következők: (1) fedetlen felszín (pl. hántatlan, tarlómaradványokkal nem fedett tarló); (2) nagy evaporáló felület (pl. a tarlólántás a szükségesnél mélyebben a felszín nyitva hagyásával; elmunkálatlan szántás); (3) sok, és a száraz körülményekhez nem alkalmazkodó talajmozgatás; (4) túlzottan laza, vagy túlságosan tömör állapot a felszínen. A tarlólántás elmaradása – vagyis a párologtatást csökkentő szigetelő réteg hiánya – minimálisan 5–15 mm víz elvesztését jelenti. A 25 cm-nél mélyebb őszi alpművelés (szántás, lazítás) esetén a talaj a sekély tárcsázáshoz képest 15–30 mm-rel több nedvességet tárol (Ruzsányi – Lesznákné, 2002).

A fizikai állapot jellemzői közül leginkább a felszínen, vagy a szokásosan bolygatott (0–20, 0–30 cm) rétegben művelési hibából létrejött *tömörödés* érdemel figyelmet. Tartósan száraz időszakban a rendszeresen művelt és a nem művelt réteg határán kialakult tömörödés befolyása is erőteljes. Kedvezőtlenül *tömör a talaj*, ha az összes porüsterfogat 40% alá csökken, térfogatnövekedése 1,60–1,70 g/cm<sup>3</sup>, penetrációjának ellenállása (nyirkos állapotban mérve)  $\geq 3,0$  MPa értékű (Rátonyi, 1999; Gyuricza, 2000). Tömörödött talaj művelésekor a *minőség* rosszabb (rögösebb), az *energiaráfordítás* nagyobb (Birkás, 2000). Példánkban közepkötött vályogtalaj különböző mélységében kialakult tömörödés a szántás hajtóanyag igényét 13–36%-kal növeli (4. ábra). A tendencia, mivel a rögök elmunkálásához is több energia szükséges, a művelési rendszer-

re is érvényes. Pl. a szántásos rendszer átlagosan 25%-kal több hajtóanyaggal valósítható meg eketalp-tömörödéssel lerontott talajon. Elhanyagolt állapotú talajon a tárcsatalp-réteg átlazítása  $\geq 30$ , az eketalp-réteg átmunkálása 50%-kal növeli az energiaigényt. A lazításos művelés összes menetére tömör talajon 12–37%-kal több hajtóanyagra van szükség. Gyakorlati jelentőségű, hogy a talajállapot javítása a szántásnál gazdaságosabban hajtható végre (4. ábra).

Az *aszálykárok és a termésvesztés* kapcsolatát több szerző elemezte (Pl. Györffy – Sváb, 1993; Hepp, 1989; Ruzsányi, 1996). A jelen dolgozatban felsorolt példákban a harmadik tényező a talajállapot.

A gyökérszóna állapotára érzékeny *kukorica* termése fizikai állapothibás, tápanyagban közepesen ellátott talajon nyolc vizsgálati év átlagában 22,5%-kal marad el a jobb állapothoz képest. A négy száraz évben mért veszteség átlagosan 35%. Különösen a felszínhez közeli, és a szokásos művelési mélység alatti tömör állapot kedvezőtlen (5. ábra). A felszínhez közeli tömörödést a következő idényben általában megszüntetik, de ha a szokásos alpművelés mélységén nem módosítanak, a kérdéses rétegek tovább tömörödnek.

Az *őszi búza* talajállapot türését a 20 cm alatti tömörödésnél mutatott kisebb (3–4%) termésnövekedés okán gyakran túlbecsülik. A legfelső réteg tömörödése folytán nyolc év átlagában 13–21%, száraz években 20–31% veszteség keletkezett (6. ábra). A termesztés szempontjából kritikusnak a sekélyművelés alatt, és a magágyban is tömör talajállapot bizonyult. A két növény talajállapot érzékenysége a vizsgált években mért veszteségek alapján is elkülöníthető. Mégsem szerencsés a búza kisebb érzékenységének túlbecsülése.

A talajállapot javítás szükségességét támasztja alá a gyenge tápanyag-ellátottság, a szárazság és a tömörödés egymást felerősítő hatása (7. ábra). A kukorica fejlődéséhez kedvező és a legrosszabb állapot termése között közel 50% lehet a különbség. Táp-

anyagban szegény talajon a kukorica a szokottnál is érzékenyebb a kelést, illetve a gyökerezést korlátozó állapotra. A termés-csökkenés mérsékeltebb (20%) ott, ahol a gyökér tágabb térben fejlődhet, pl. mélyszántás alatt kialakult tömörödés esetén.

A tömör talajállapotra a *cukorrépa* vélhetően a legérzékenyebb. A gyökértermés kisebb mértékben csökkent a 28 cm alatti tömör talajon (átlagos évben 7–11, száraz évben 14–19%), mint a magágy hiba esetén (1. táblázat). A magágykészítési hiba kedvezőtlenességét az eketalp-tömörödés tovább erősítette. A veszteség átlagos évben elérte a 30%-ot, száraz évben megközelítette a 40%-ot. A művelési hibák között a taposási kár volt a legsúlyosabb. Ekkor a gyökértermés a kedvező talajállapothoz képest a felére csökkent, a deformált gyökerek aránya megsokszorozódott. A tömörödés gazdasági kárainak elbírálását segítheti a felismerés, hogy a növénytermesztés hozama a tápanyag- és vízhasznosulás romlása miatt kedvező tápanyag-ellátottság esetén is kisebb, hiányos ellátásnál pedig drasztikusan lecsökken.

A gyökérszóna lazultsága az aszálykárok tükrében a szokásosnál is nagyobb figyelmet érdemel. Befolyásolja a talaj nedvességforgalmát, a talajba juttatott tápanyagok hasznosulását, a növények víz- és tápanyag felvételét, összességében a fejlődést és termésképzést. A tömör talajban sýnylódó növényeket hőségnapokban még erősebb stressz éri, erőteljesebben lankadnak, ellenálló képességük mindinkább csökken, és végül gyenge termést adnak.

A talajtömörödés közvetlen és közvetett hatásai (részletesen *Birkás, 2000*) közül az aszályal kapcsolatosak a következők: (1) A csapadékvíz talajba jutásának akadályozása, késleltetése, mivel a szokásosnál is több a veszteség. (2) A száraz talaj a tömör réteg aljáig hatoló műveléskor erősen rögzösödik. Az elporosodás egyik oka a kényszerű rögzapítások ciklikus ismétlése. (3) A művelés a talajra és nedvességtartalomra általában jellemzőnél nagyobb energiával hajtható

vége. (4) A tömör rétegbe nyomott, vagy az ilyen réteg alá került tarlómaradványok nem táródnak fel, konzerválódnak, vagy az anaerob folyamatok következtében megpenészednek. (5) A növények gyökerei a tömör réteg fölött horizontálisan terjeszkednek. Minél sekélyebb a laza réteg, és minél tartósabb a csapadékhiány, a növénypusztulás, a kiszáradás valószínűsége annál nagyobb. (6) A növények a hervadás jeleit jóval előbb mutatják, mint a kedvező állapotú talajokon. Tűrőképességük romlik, a termések mennyisége és minősége is csökken.

### A belvízkárok és a talajállapot összefüggései

Az ország talajainak 34,8%-a érzékeny a degradációra és a tömörödésre, 13,9%-a nem, 23%-a gyengén, 28,3%-a pedig mérsékeltén érzékeny (*Várallay, 1996*). Ez azt jelenti, hogy fizikai állapotromlás (elsősorban tömörödés) következhet be a talajok legalább 35%-án, és a kár kiterjedhet a talajok 63%-ára. A becslés korrektségét az 1992–2003-as években az aszály- és belvízkárok jelentős területi egybeesése is alátámasztja.

A művelés és taposás eredetű tömörödés a következmények és a javíthatóság szerint csoportosítható. (1) *Enyhe tömörödés* a tenyészidőben, vagy betakarításkor is kialakulhat; száraz és csapadékos időnyben csökkent a termesztés hatékonyságát; műveléssel könnyen enyhíthető. (2) *A közepes tömörödési fok* művelési hibák sorozatából, és betakarításkor okozott taposási károkból adódik össze; szélsőséges időjárás esetén erősen rontja a növénytermelés hatékonyságát; a javításhoz művelési és meliorációs beavatkozások szükségesek. (3) *Erős tömörödéskor* a termelés kedvező csapadék esetén is eredménytelen; nagy ráfordítás igényű műszaki beavatkozásokkal enyhülhet. (4) *Igen erős tömörödéskor* a talaj szántóföldi termesztésre alkalmatlanná válik; javítása a költségek bizonytalan megtérülése miatt

nem javasolható. Erősen tömör a talaj a csapadékos őszi idényben (1991, 1998, 1999, 2003) ideiglenes úttá alakított, azóta csak sekélyen művelt szántóföldeken. Egy-egy eső után ezeket a területeket foltosan, sávosan borítja a víz.

Átlagosan csapadékos években a talajok állapotának romlására a gyakorlat alig fordít figyelmet. A száraz és a csapadékos évek veszteségeinek okát többnyire a víz hiányában vagy bőségében jelölik meg. A vízbőség okozta károkat közvetve a gazdasági körülmények is befolyásolták. A régi és újonnan alakult gazdaságokban az energiaárak emelkedésével párhuzamosan maradtak el azok a talajmunkák – mélylazítás, mélyszántás, középmélylazítás – amelyekkel a gyökérszóna állapota javítható. Művelési monitoring alapján összefüggést találtunk a művelési hibák növekedése és az eszközök állagának folyamatos romlása között.

A nedvesség-többlet káros hatását három fő tényező befolyásolhatja. (1) A csapadék talajba jutását akadályozó fizikai állapot, vagyis a felszín taposottsága, káros tömörödés a felszínhez közel (társcsatorna), és a 20–40 cm-es rétegben (eketalp). (2) A nedvesség talajba szivárgását késleltető, degradációs eredetű hiba (porosodás, eliszapolódás, kérgesedés). (3) Művelési hiba eredetű felszínyegyenletlenség (vakbarázdás-osztóbarázdás sávok és alattuk eketalp-tömődöttség). Káros vízbőség esetén hátrányos a nedvesség vesztést akadályozó állapot, vagyis a taposott, túltömörített felszín (pl. a hántatlan tarló), a kis vízvesztő felület és a tarlómaradványok, gyomok nagy tömege és aprítatlansága.

### A káros klimatikus hatások enyhítésének talajhasználati lehetőségei

*A talajok jó fizikai és biológiai kondíciója* esélyt ad az aszály- és belvíz tűrő képesség növeléséhez.

*A talajok aszály érzékenysége* a vízforgalmat akadályozó tömörödés enyhítése

mellett szerkezet- és szervesanyag kímélő használattal csökkenthető. A szervesanyag stabil, porózus szerkezet biztosításával javítja a talaj vízgazdálkodását, csökkenti a tömörödési hajlamát, fékezi elporosodását. A kímélő talajhasználat a szervesanyag fogyás mérséklésén keresztül járul hozzá a talajszerkezet és a művelhetőség javulásához. Ennek érdekében kerülni kell: (1) a tömörödést és a visszatömörödést előidéző művelési körülményeket; (2) a talaj kiszáradásához vezető nagymérvű nedvesség vesztést; (3) a száraz talajok rögzösödését (a porhanyítás kíméletesebb, mint a forgatás); (4) a nedves talajon járást és művelést; (5) a felesleges, a természeti célhoz nem igazodó bolygatásokat és levegőztetést. Vagyis a klimatikus károk enyhítése érdekében a szerkezet degradálódását kiváltó és súlyosbító művelési körülményeket, főként a talajok kiszáradását és rögzösödését kellene megelőzni. A kímélő talajhasználat és művelés előnye, többek között, a morzsák regenerálódásában és a porfrakció csökkenésében jelentkezik (8. ábra).

*A nedvesség veszteség csökkentésének* első lépése a vízbefogadást biztosító talajállapot kialakítása és fenntartása. További feladat a talajban lévő nedvesség hasznosulásának javítása. Mivel a hagyományos talajhasználat inkább vízvesztés növelő, olyan fogások alkalmazása indokolt, amelyekkel ez a hiba mérsékelhető, pl. *talajtakarás* (mulcs-hagyás), *kímélő bolygatás* (lazítás, porhanyítás megfelelő felszín kiképzésével).

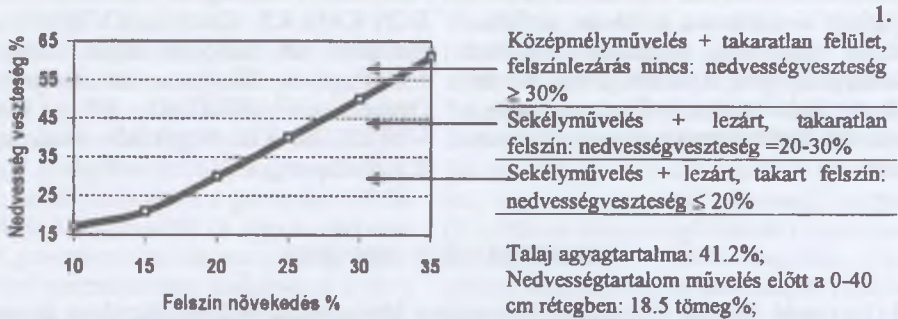
*A művelés eredetű belvízkár megelőzésében* a felső 0–40 cm-es réteg kedvező lazultsága, a vízmozgást korlátozó tömör záróréteg hiánya a legfontosabb. Sík termőhelyen egyenletes felszín esetén elkerülhető a káros vízősszefolyás. Célszerű a talajt a bolygatás mélységében nem, vagy alig tömörítő eszközök (pl. rugós, késes kultivátorok, síklapú társcsák) és művelőelemek (pl. forgóelem, barázdaszetelítő henger, pálcásborona) használata.

A klimatikus változásokhoz alkalmazkodás talajhasználati és művelési feladatait

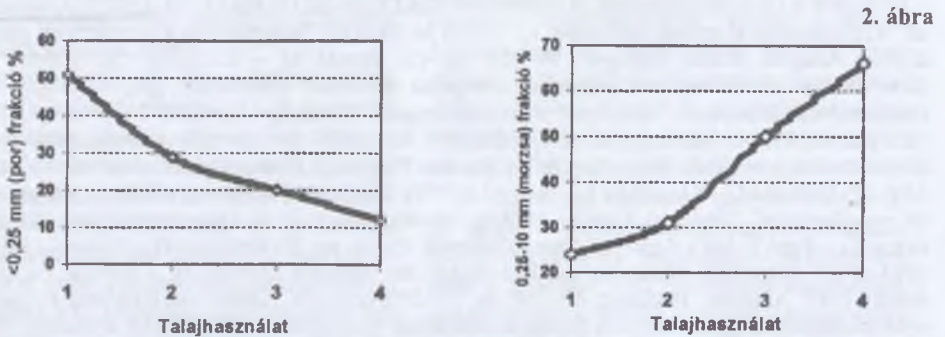




Budapest, 10–18. pp. (20) VÁRALLYAY Gy. (1996): Magyarország talajainak érzékenysége a szerkezetromlásra és tömörödése. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek, '96/1. Pszicholingva Kiadó, Szada, 15–30. pp.

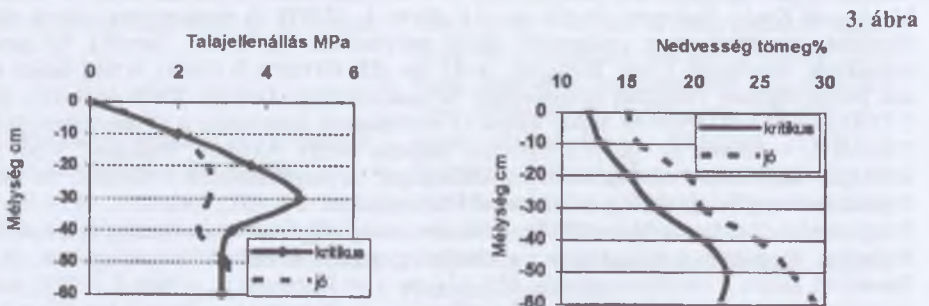


Az eltérő talajbolygatás hatása a nedvességvesztésre 21 csapadékmentes nap alatt  
 Forrás: Birkás, 2000



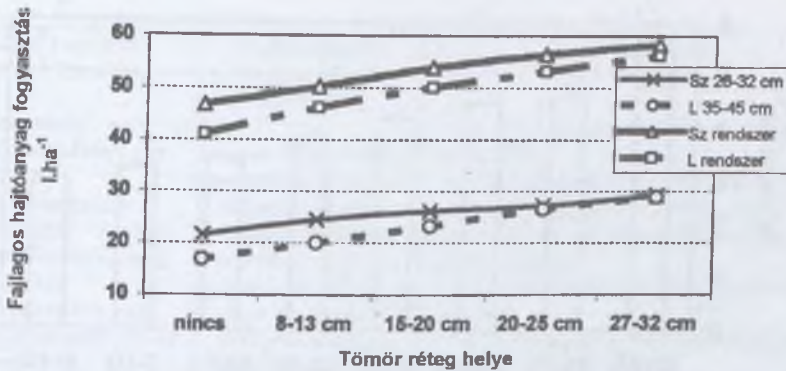
1. Sokmenetes, szervesanyag-fogyasztó ( $\geq 10$  év); 2. Sokmenetes, szervesanyag-fogyasztó (5 év); 3. Talaj és szervesanyag-kímélő (5 év); 4. Talaj- és szervesanyag-kímélő ( $\geq 10$  év); Talaj agyagtartalma: 48,5%; Optimális morzsa arány: 80% (lenne)

A por és a morzsafrakció aránya (%) eltérő talajhasználatnál  
 (Hatvan, 1983–1996)



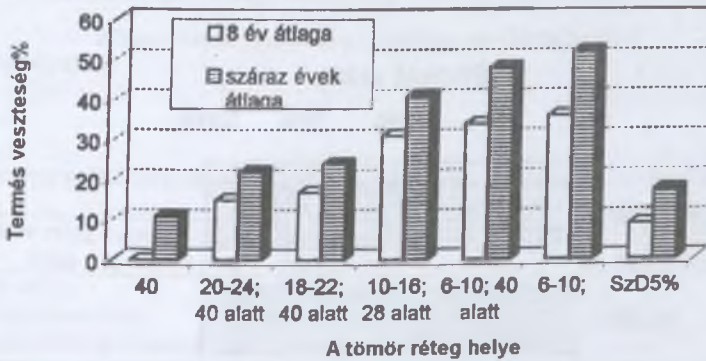
A talaj fizikai állapota és nedvességtartalma közötti összefüggések  
 (Jászberény, 2003. július 31.)

4. ábra



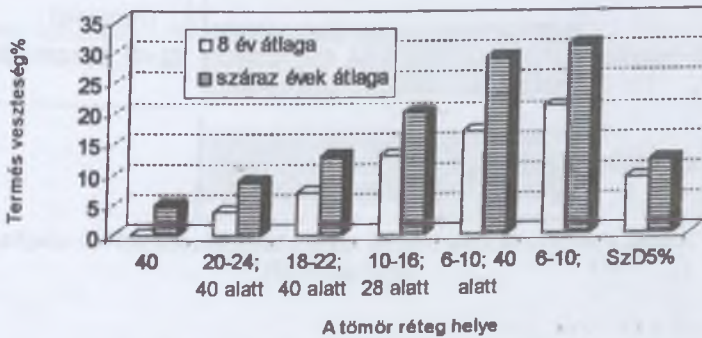
A tömör réteg helye és a fajlagos hajtóanyag fogyasztás összefüggései középköötti vályogtalajon (Minta: 11/adatpont, Hatvan, Szolnok, 1983–1996)

5. ábra



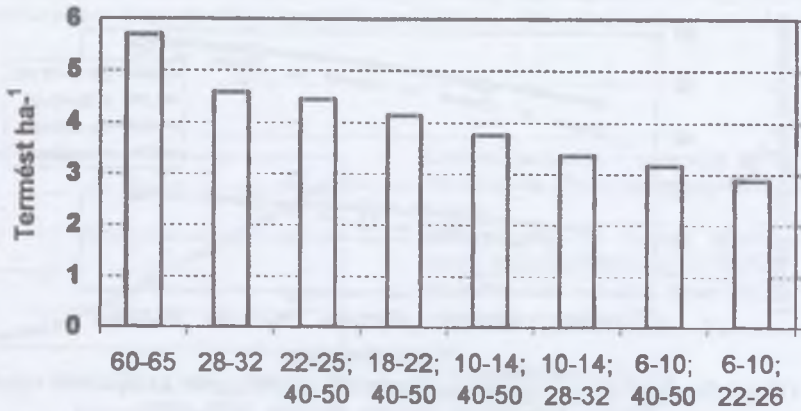
A kukorica termésvesztése közepes tápanyag-ellátottságú talajokon (Minta: 10/év, 1988–1995)

6. ábra



A őszi búza termésvesztése közepes tápanyag-ellátottságú talajokon (Minta: 10/év, 1988–1995)

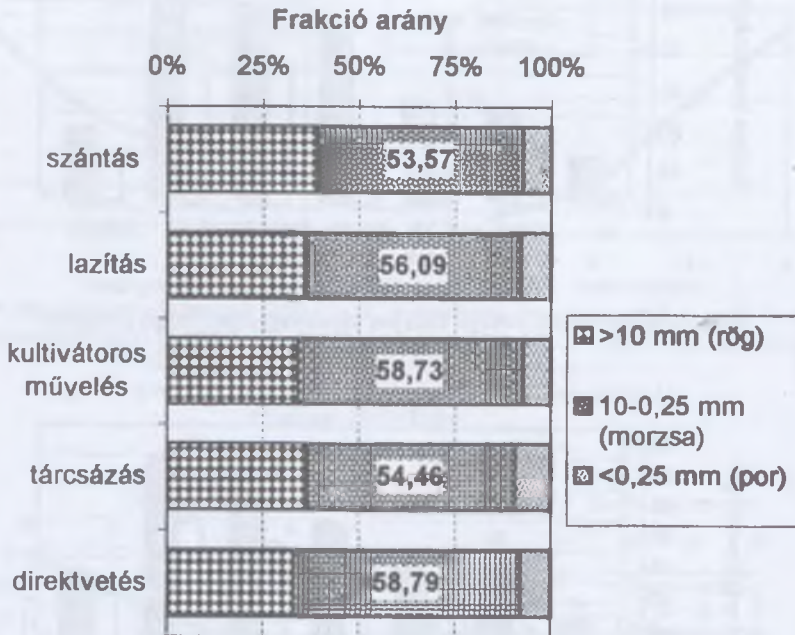
7. ábra



### Tömörödött réteg (cm)

A tömörödött réteg mélysége és a termésmennyiség összefüggése

8. ábra



A rög-, a morzsa és a porfrakció aránya különbözően művelt talajban (Hatvan, 2003)

A talaj biológiai életének kímélése	A gazdálkodás biztonságának érdekében	Művelési feladatok
1. Talajtakarás 2. Tarlómaradvány gazdálkodás 3. Szervestrágyázás 4. Vetésváltás – A növényi sorrend biológiai hatásának növelése 5. Gazdálkodás a nedvességgel (kedvező víz- és levegőforgalom) 6. Anaerob folyamatokat gátló talajállapot fenntartása 7. A kémiai terhelés csökkentése – A kedvező kémhatás fenntartása	A termőtalaj értékes, természetes – fizikai, biológiai, kémiai – tulajdonságainak, termékenységének, regenerálódó képességének, kedvező fizikai és biológiai állapotának megőrzése – szükség esetén – javítása	1. Védő felszín kialakítása, a vízvesztés csökkentése 2. A talaj fizikai terhelésének mérséklése 3. A talajbolygatás csökkentése (szervesanyag veszteség, elporosodás megelőzése érdekében) 4. A tömörödés művelési körülményeinek kerülése 5. Vízbefogadást biztosító talajállapot kialakítása és fenntartása 6. A talaj állapotához alkalmazkodó (javító, kímélő) művelés 7. A művelés növényvédelmi hatásának kihasználása (kártévők, kórokozók, gyomok életterének korlátozása)

### A talajállapot javítás és a talajhasználat összefüggései

*Forrás:* Birkás, 2002

1. táblázat

A cukorrépa gyökértermése vályogtalajon, kijelölt mintatereken (Hatvan, 1997–2001)

A tömör réteg helye (cm)	Terméscsökkenés (%)		Deformált gyökér (%)	
	Átlagos év	Száraz év	Átlagos év	Száraz év
Nem tömör 0–40 cm	46,6 t/ha (100%)	32 t/ha (100%)	2–4	5–9
28 alatt (eketalp-tömörödés)	7–11	14–19	5–7	8–11
22 alatt (alpművelési és elmunkálási hiba)	21–24	24–30	13–17	20–24
6–10 és 28 alatt (magágy hiba és eketalp-tömörödés)	29–32	29–39	19–24	33–40
0–30 (vetés utáni taposás)	32–43	44–59	31–41	45–53

Megjegyzés: Átlagos év: 1997, 2001; Száraz év: 2000

*Forrás:* Birkás, 2002

# ERDŐGAZDÁLKODÁS ÉS KLÍMABIZONYTALANSÁG

FÜHRER ERNŐ – MÁTYÁS CSABA

## ÖSSZEFOGLALÁS

A várható klímaváltozás globális szén-körforgalommal összefüggő következményei az erdők széntároló-képessége vonatkozásában csak nehezen becsülhetők. Az eddig feltárt összefüggések alapján nem zárható ugyan ki, hogy a vegetáció egyes elemeire nézve a feltételezett klímaváltozás kedvező hatásokat eredményez, pl. átmenetileg gyorsabb növekedést idéz elő. Magyarország speciális adottságai mellett azonban számolnunk kell azzal, hogy döntően degradáló hatások érvényesülnek, amelyeket az életközösségek természetes önszabályozó mechanizmusai nem tudnak kiegyenlíteni. A degradáció, a faji sokféleség csökkenése veszélyére utalnak a rovarfauna diverzitásváltozását évtizedek óta nyomomonkövető erdészeti fénycsapda adatok is. Eszerint a feltételezett melegedéssel a növény- és állatfajok diverzitása a természetes ökoszisztémákban tovább csökken.

Az aszálykárok gyakorisága emelkedik, az enyhébb telek és melegebb nyarak pedig a biotikus károsítások erősödését eredményezik. Csökken a természetes fafajú ökoszisztémák (bükkösök, gyertyános tölgyesek, elegyetlen tölgyesek és cseresek) területe, az eddig alkalmazott erdőművelési eljárások eredményessége és a fatermelés természetes, valamint ökonómiai hozama.

Különös figyelmet igényel ezért az erdőterületek jövőbeni kezelése, a gazdálkodás és természetvédelem hosszú távú stratégiája. A klímaváltozás hatáskorlátózása szempontjából komoly érdek fűződik az erdőterületek megőrzéséhez, lehetőség szerinti növeléséhez, valamint az extenzívebb, természetközeli módszerek alkalmazásához. A minél hosszabb ideig zárt erdőtakaró fenntartása, a biomassza-felhalmozódás, humuszképződés elősegítése, a távlati ökológiai feltételeknek megfelelő, alkalmazkodóképes ökoszisztémák létrehozása csak néhány a megszívlelendő célkitűzések közül. Mindez indokoltá teszi a megtartó és helyreállító emberi beavatkozások gondos megtervezését, a konzervációbiológia szempontjainak messzemenő figyelembevételével.

## BEVEZETÉS

A vegetáció, ezen belül az erdőtakaró jelentős szerepet játszik a földi klíma stabilizálásában és mérséklésében. Összetétele és kiterjedése a légköri CO<sub>2</sub> megkötését, valamint a szárazföldek hőháztartását befolyásolja. Az erdők energiaelnyelő képessége kedvezőbb, mint más területhasználati for-

máké (lomberdő albedója: 13–17%, száraz legelő: 30–32%), és lényegesen magasabb a megtermelt és az ökoszisztémában hosszabb időre elraktározott élő és holt szerves anyag mennyisége is. Az erdőterületek szénraktározó szerepe különösen a mérsékelt öv humidabb részén, valamint a boreális övben jelentős. A klíma az erdő termékenységének, produktivitásának meghatározó eleme, ezért

az erdőgazdálkodásban a termőhely értékelésének egyik legfontosabb eleme az indikátor fafajjal jellemzett erdészeti klímátípus. A klímajellemző fafajok révén a zonális erdőterületek mezoklimatikus adottságainak aránylag érzékeny jellemzése lehetséges (Führer – Járó, 1989; Führer et al., 1991; Mátyás, 2004).

A globális és regionális klímaváltozás veszélye a magyarországi erdőtakaró összetétele, stabilitása és mindezekben keresztül szervesanyag-képzése vonatkozásában bizonytalan jövőképet vetít előre. Az erdőgazdálkodás a hosszú termelési ciklusából adódóan szinte kizárólag a meglévő ökológiai adottságokra épít, ezért az időjárási körülményekben bekövetkező mindennemű változás alapvetően érinti a gazdálkodás mikéntjét és jövedelmezőségét. Mivel a szén a növények, így a fák szervesanyagának fő építő eleme, a szénlekötést és -tárolást figyelembe vevő erdőgazdálkodással az üvegházhatást bizonyos mértékben mérsékelni lehet (Führer – Járó – Márkus, 1991; Führer – Járó, 1992). Sajnos az erdő szervesanyag-képzésének, ill. szénmegkötésének ezt a globális ökológiai jelentőségét a társadalom ma még kellően nem értékeli és nem is honorálja.

### A MAGYARORSZÁGI ERDŐK SZÉNKÉSZLETE

A magyarországi erdőkben lekötött szén egyrészt a dendromasszában, másrészt a talajban halmozódik fel. A vágáslap feletti élőfakészletben felhalmozódott szervesanyag mennyisége a rendszeres leltározó felvételek alapján viszonylag jól számítható, viszont a talajban lévő dendromassza (tuskó, gyökérszet), valamint a humuszos feltalaj és az ásványi talaj szervesanyagának széntartalmáról – egzakt és kellő számú mérési eredmény hiányában – csak becslések állnak rendelkezésre.

A 2002. évi erdőtervi adatok (AESZ, 2002) és a több évtizedes termőhely-

ismeretani kutatások eredményei alapján (Führer, 1995; Führer – Molnár, 2002) a magyarországi erdőkben akkumulálódott szén mennyiségét összesen mintegy 377 millió tonnára becsülhetjük. Ez 1,3 milliárd tonna légköri szén-dioxidnak felel meg. A tárolt szén mennyisége hektáronként átlagosan 211 tonna, ebből 76 tonna a dendromasszában, 135 pedig a talajban található.

A fontosabb fafajokat tekintve, területi arányuknál nagyobb szénkészlettel az őshonos keménylombos fafajok (tölgyek, bükk és a cser) rendelkeznek, közel átlagossal a gyertyán és az egyéb lombos fafajok, míg kevesebb az akácok, a nyárasok és a fenyvesek.

### AZ ERDŐBEN MEGKÖTÖTT SZÉN ÉVES VÁLTOZÁSA

Az erdő faanyagában évente megkötött szén mennyisége az élőfakészlet éves növekményéből határozható meg. A magyarországi erdők vágáslap feletti éves faanyag-képzése (növedéke) 11,97 millió köbméter, ami 3,2 millió t szénnek felel meg (1. táblázat). A tartamos (fenntartható) erdőgazdálkodás során jelenleg ezen növedék mindössze 75%-át termelik ki, a maradék, mintegy 0,8 millió t szén pedig az évente növekvő favagyonyban marad megkötve. A 75%-os bruttó fakitermelés 20%-a ún. erdei apadék (gally, kéreg, fűrészpor), amely a helyszínen lebomlik és visszakerül a légkörbe. Az apadékkal csökkentett nettó fakitermelés közel fele az energiaellátást, elsősorban a lakosság és egyes erőművek tüzipaigényét szolgálja. Ez a kb. 0,96 millió tonnányi szénmennyiség ugyancsak hamarosan visszakerül a légkörbe. A kitermelés faipari célra hasznosított felének szénmennyisége viszont, a mintegy 5%-nyi faipari hulladéktól eltekintve, hosszú ideig nem kerül az atmoszférába (1. táblázat).

Az erdőtakaró levélzetébe a tenyészidő alatt körülbelül 2,4 millió t szén épül be, amely minden évben lebomlik és visszajut a

léggörbe, hasonlóan a légyszárú növényzet levélzetéhez, melynek mennyisége azonban viszonylag csekély. A tuskó- és gyökérzet mintegy 1,3 millió tonnára becsült éves gyarapodásából elhal a fakitermelésnek megfelelő részarány (0,97 millió t). Ez rövidebb-hosszabb távon lebomlik, és ugyancsak visszajut a léggörbe. A maradék (0,33 millió t) viszont az élő fák szervesanyagában megkötve halmozódik fel évről-évre.

Összességében tehát a magyarországi erdők évente mintegy 6,9 millió t szenet kötnek meg az ökoszisztémában. Ebből 2,04 millió t az erdő élőfa-készletében, továbbá a faipari termékekben tartósan megkötve, kikerül az éves szénforgalomból. Meg kell azonban említeni, hogy ez a mennyiség az antropogén eredetű szénkibocsátás kiegyenlítésére nem elegendő. A Magyarországon jelenleg kibocsátott szén-dioxid elemi széntartalma kb. évente 16 millió t, vagyis mintegy nyolcszorosa a faanyagban lekötött mennyiségnek.

### A VEGETÁCIÓS ÖVEK ELTOLÓDÁSA

Egybehangzó vélemények szerint az antropogén eredetű klímaváltozás a szárazföldi vegetáció összetételére, ezen belül az erdőtakaróra jelentős hatást fog gyakorolni (Mátyás, 1994). A jelenlegi koncentráció háromszorosára emelkedett CO<sub>2</sub> szint esetére pl. a Potsdam-i PIK intézet modellje szerint mediterrán örökzöld cserjések tenyésznek majd Angliában, az Alpok fenyveseit lombos erdők váltják fel, a fátlan puszták pedig elfoglalják az egész Kárpát medencét, sőt megjelennek Közép-Németországban és Lengyelországban is. Ilyen óriási léptékű változásokra való felkészülés különös gondot okoz az erdőgazdálkodásban, amely az értékes, őshonos lombos keményfák esetében 100 év feletti tervezési szakaszokat alkalmaz. Még a várható helyzet pontos ismeretében is gazdaságilag megvalósíthatatlan feladatot jelentene a faállományok töme-

ges átalakítása, lecserélése. Emellett hiba lenne az erdők veszélyeztetettségét egyedül gazdasági vagy ökológiai kérdésként kezelni, hiszen az erdőt nem lehet elválasztani kulturális, esztétikai és emocionális szempontoktól sem. Az erdők léte az európai ember számára az életminőség egyik fontos eleme.

Magyarországon az erdőtakaró sorsa különös érdeklődésre tarthat számot több okból. Egyrészt erdőből a közép-európai átlagnál kevesebb van (Magyarország erdőszültsége 19%, míg a környező országok átlaga 37%), másrészt a makroklimatikus viszonyok az ország területének jelentős részén (elsősorban az Alföldön) már most is határhelyzetet jelentenek a főbb erdőalkotó fajok és az erdőtenyészet számára. Emiatt már egy aránylag csekély mértékű klímaváltozás – elsősorban a vegetációs időben hasznosítható csapadék csökkenése – az erdei életközösséget alkotó élőlények szinte teljes körét érintő változásokat indukálhat (Mátyás – Víg, 2004).

A vegetációs övek feltételezhető elmozdulását legjobban a zárt erdőtakaró és az erdőössztyep határvonalával lehet szemléltetni. Amennyiben egy közepes klímaváltozási forgatókönyvet veszünk alapul (1,3 °C hőmérséklet emelkedés és 66 mm csapadékcsökkenés, Mátyás – Czímber, 2000), az erdőtakaró modell alapján készült térkép jól szemlélteti azt aényt, hogy a csapadékmennyiség csökkenése mennyire súlyosan érintheti a Dunántúl eladdig kedvezőbb klímájú területeit. Az erdőössztyep az Észak-Dunántúlon Szombathely–Körmend vonaláig hatolna előre, „beolvasztaná” az egész Vértest. A Dél-Dunántúlon elsztyeppesedne az egész Külső-Somogy, Kaposvár–Szigetvár vonaláig. Az Északi-hegyvidéken a változások kevésbé drámaiak. Kivételt képez a Borsodi dombvidék, egészen a Tornai karsztig. A modell a Szatmár-Beregi síkon viszonylag kisebb változásokat jelez (1. ábra). Az elemzés alapján látható, hogy az erdőtakaró veszélyeztetettsége országosan nem azonos mértékű.



## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

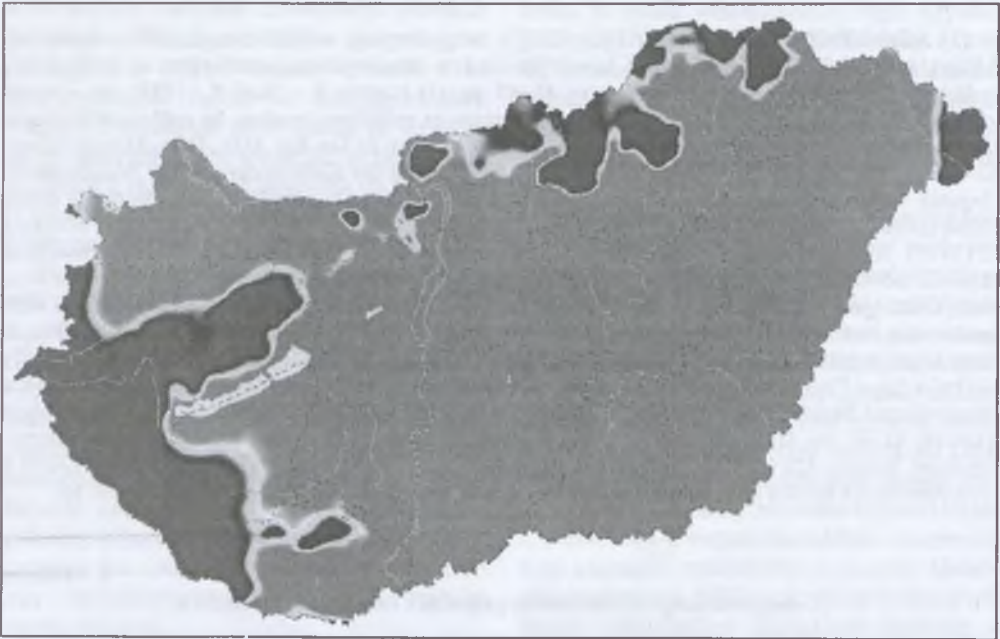
- (1) Állami Erdészeti Szolgálat (ÁESz) (2002): Magyarország erdőállományai, 2001. Budapest, ÁESz kiadás (2) FÜHRER E. (1994): A klímaváltozás és a szénforgalom összefüggése az erdőgazdálkodásban. Biotech. és Körny. védelem, 1. sz. 45–47. pp. (3) FÜHRER E. – JÁRÓ Z. (1989): Az éghajlat változékonyságának és feltételezett változásának hatása az erdőállományokra, az erdőgazdálkodásra. In: Az éghajlat változékonysága és változása I., Körny. védelmi és Ter. fejl. Min., Orsz. Meteor. Szolg. 63–69. pp. (4) FÜHRER E. – JÁRÓ Z. (1992): Auswirkungen der Klimaänderung auf Waldbestände Ungarns. Österr. Forstztg., 9. 25–27. pp. (5) FÜHRER E. – MOLNÁR S. (2003): A magyarországi erdők élőfakészletében tárolt szén mennyisége. Faipar, 51: 2, 16–19. pp. (6) FÜHRER E. – JÁRÓ Z. – MÁRKUS L. (1991): A magyarországi erdők szénmegkötő-képessége és éghajlati hatások a hosszú természeti idejű fák növekedésére. In: Az éghajlat változékonysága és változása II., Körny. védelmi és Ter. fejl. Min., Orsz. Meteor. Szolg. 67–73. pp. (7) MÁTYÁS Cs. (1994): Modelling climate change effects with provenance test data. Tree Physiology, Victoria B.C. 14, 797–804. pp. (8) MÁTYÁS Cs. (2004): A természetes erdőtakaró, az erdő klímaérzékenysége. Természet Világa II. különszám, 71–73. pp. (9) MÁTYÁS Cs. – CZIMBER K. (2000): Zonális erdőtakaró mezoklíma szintű modellezése: lehetőségek a klímaváltozás hatásainak előrejelzésére. In: III. Erdő és Klíma Konf., Debrecen, DE Meteorológia Tanszék, 83–97. pp. (10) MÁTYÁS Cs. – VIG P. (szerk.) (2004): Erdő és klíma. (IV.) Ny. Magyarorsz. Egyetem, Sopron, 328 p. (11) SZENTKIRÁLYI F. – LESKÓ K. – KÁDAR F. (1998): Aszályos évek hatása a rovarpopulációk hosszú távú fluktuációs mintázatára. II. Erdő és klíma Konf., Sopron, 94–98. pp.

## 1. táblázat

A magyarországi erdők szénforgalmának éves mérlege (millió t)

	fatörzs, ágak	levélzet	tuskó, gyökér	összesen
<b>Éves szénforgalom során, ill. rövid távon felszabadul</b>				<b>4,86</b>
levélzet		2,40		2,40
bruttó fakitermelés apadéka	0,48		0,97	0,48
bruttó fakitermelés tuskó- és gyökér-mennyisége				0,96
energiacélú felhasználás (tüzifa)	0,96			0,05
faipari hulladék	0,05			<b>2,04</b>
<b>Tartósan beépülő, ill. lekötött szénmennyiség</b>				<b>0,91</b>
faipari termékek	0,91			
élőfa-készletben érintetlenül hagyott növedék	0,80		0,33	1,13
<b>Éves szénbeépülés és lekötés összesen</b>	<b>3,20</b>	<b>2,40</b>	<b>1,30</b>	<b>6,90</b>

1. ábra



Az erdőssztyep előfordulási valószínűsége („erdőssztyep-vonal”, világosabb árnyalattal jelölve)  
1,3 °C nyári átlaghőmérséklet emelkedés és 66 mm csapadécsökkenés esetén

*Forrás: Mátyás – Czimber, 2000*

## **GLOBAL CLIMATE CHANGE, HUNGARIAN CHARACTERISTICS**

By  
MIKA, JÁNOS

This study deals with three topics. First we review the August 2004 publication of the European Environmental Agency that re-evaluates the global estimates of IPCC (2001) and summarises the main characteristics and effects of climate change in Europe. The second chapter covers a new synthesis of early and more recent assessments of domestic climate change by the author and his fellow workers. Finally the third chapter describes the investigations carried out by experts in the field of hydrology, agro-hydrology and agro-ecology according to the author's earlier plans.

## **THE AGRICULTURAL CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE IN THIS COUNTRY**

By  
ANDA, ANGÉLA

The effect of climate change in this country will probably involve increase in temperature and decrease in precipitation, although the extent of expected change is fairly uncertain. Both these elements are a pre-condition to life and any change in climate will markedly affect the branches of agriculture involved with plants or animals alike. Taking account of the consequences is a complicated issue. The  $\text{CO}_2$  is an essential ingredient of photosynthesis that also determines the degree of openness of stomas. Because water vapour diffuses across the same orifice as  $\text{CO}_2$ , any change in the movement of stoma affects transpiration. Increased  $\text{CO}_2$  concentrations constrict the stomas; this restricts water evaporation through the same orifices that in return increases the temperature of plant, affecting the rate metabolic processes, including that of photosynthesis. It is unknown how the interaction between plant and environment will affect the plants' biological processes. Computer modelling has shown that in the case of maize the average daily resistance of stoma becomes significant only when atmospheric  $\text{CO}_2$  concentration doubles ( $1000 \text{ s m}^{-1}$ ). Surprisingly the resistance of stoma did not increase any further when in addition to increased  $\text{CO}_2$  concentration the daily average temperature was also increased by  $2^\circ\text{C}$ .

## THE EFFECT OF CLIMATIC VARIABILITY ON AGRO-ECO-SYSTEMS

By  
VARGA-HASZONITS, ZOLTÁN

Mankind produces the foodstuffs they require under certain climatic conditions. People are unable to adjust climate to food production, therefore they have to adapt to conditions, which develop at the location of cultivation. If people do adapt to the climate of a given region, the problem is that they cannot ensure that climatic conditions in the locality will remain unchanged. Therefore at all times they have to pay attention to the development of weather conditions, so that they can be prepared if conditions change.

The climate not only provides the conditions for plant cultivation, but also it affects the plants during the entire period of their vegetation. In some cases this effect can be harmful or even fatal.

Thus the climate is a fundamental factor affecting food production, so its patterns and effects have to be continuously studied to ensure secure food supplies.

## AGRICULTURAL USE OF LAND, PLANT CULTIVATION ON ARABLE LAND AND WATER RESOURCE MANAGEMENT

By  
NAGY, JÁNOS

The long term protection of natural resources is one of the most important criteria of sustainable agriculture.

It may be considered a comparative asset or even an opportunity to encourage the entire verticium of Hungarian agriculture (production, processing, marketing) to employ environment friendly procedures, enforcing the ever-stricter specifications of agro-environmental protection.

Agriculture at present means much more than mere commodity production. A most important basic element is the harmony of function, activity, branch regime and degree of intensity with the countryside and environment; i.e. the configuration of land use system that stems from the environment, its facilities and limitations and adapts to them as best as possible. Not one branch of economy is able to affect nature and landscape as profoundly as agriculture, the main user of countryside. Thus on the one hand nature protection depends fundamentally on co-operation with agriculture, on the other hand productivity, the accomplishment of agriculture depends largely on the state of environment, natural resources. The most important and fundamental requirement of successful production is rationality and the knowledge of interactions or relationships or regularities, which prevail between climate, weather, soil characteristics, properties and soil and plant life.

In the interest of rational farming it is necessary to review soil characteristics, properties of agricultural landscapes as well as the laws relevant to plant development, successful cultivation, selection of cultivars, soil preparation and fertilization.

## EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON PLANT CULTIVATION

By  
JOLÁNKAI, MÁRTON

In Hungary it may be accepted as a fact that climate warming in Eastern Europe has caused an average temperature increase of about 1 °C during the last hundred and fifty years, furthermore precipitation in Hungary has declined on average by 83 mm per annum during that period and the frequency of years with precipitation less than 500 mm per annum, a critical value in plant cultivation, has increased. The evapo-transpiratory water requirement of winter wheat, maize and sunflower is the highest during the period, in which water supply is the lowest according to the precipitation averaged over the last 40 years. Due to the long period of growth and a good capacity for water utilization the evapo-transpiratory water balance of sugar beet can be in surplus right until July; its water requirement reaches maximum in August; and following this during ripening and translocation the need for water remains significant right up to the harvest.

The supposition that drier conditions protect the crop against weeds does not hold, because many species of weeds are better at tolerating drought than cultured plants; moreover they compete for available water, thus causing further damage to the plantation.

Short periods of precipitation during drought cannot help the cultivated plants, but they help conditions for germs of short lifecycle a great deal; and the spread of disease is further aided by the weakened defensive system of the crop.

## THE LOCAL EFFECTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE IN CROP CULTIVATION IN THE TISZÁNTÚL REGION, ALTERNATIVE ADAPTATION OPPORTUNITIES

By  
PEPÓ, PÉTER

On the basis of practice and research relevant to global climate change the following significant recommendations, development projections can be made:

1. In Hungary the determining and integrating factor of crop cultivation is water. In the past one and a half centuries in this country the conditions of crop cultivation on arable land have changed significantly. The trend is a decline in precipitation (40–150 mm per annum) and an increase in average ambient temperature (0.2–0.6 °C). In addition to these changes the frequency of extreme weather conditions have also increased. To preserve competitiveness and effectiveness a strategy appropriate to these climatic changes has to be developed for crop cultivation on arable land.

2. The present and future crop cultivation may be developed according to mid- (3–5 years) and long-term (5–10 years) plans elaborated on the basis of professional consensus that involves relationships concerning agronomy, techniques, technology, hybridisation, quality assurance, environmental protection, logistics, economy, marketing, rural development. Any measures, intervention regulation without such plans will be of ad hoc character

countering the interest of all branches of agriculture and the national economy. A national development plan without the appropriate political will cannot be projected.

3. In addition to the huge scientific data base collected so far, adaptation to global climate changes will require the initiation of a national research program of interdisciplinary character enabling the exploration of interactive connections between ecologic, biologic and agricultural conditions. Presumably as a result of these national development programs a partial or total change of paradigm will be required in the development of crop production on arable land.

4. The initiation of national programs is necessary for improving the conditions of crop production on arable land despite unfavourable changes in climatic conditions. These programs will have to involve the development of irrigation, melioration and agricultural and technical interventions (passive and active) to improve water supply to crops on arable land. No branches of agriculture can undertake such developments without the involvement of the state, economic support or without EU resources.

5. Management of Hungary's entire system of water resources has to be reviewed; surface and underground water reserves will have to be better, more effectively managed. Excess water will have to be collected into water reservoirs and held there for drier periods. A regional irrigation system will have to be built to provide water for climatically sensitive but at the same time fertile regions; the great plain, loess covered expanses.

6. Appropriate expert knowledge may ensure the efficiency, success of technical and technological development programs. Beyond improving conditions for research the program also requires the development of high school and university courses relevant to agriculture. The realization of a complex, better-developed cultivation technology requires experts of appropriate qualification.

7. An important factor of technological development is the organization of the various branches of agriculture in an appropriate ratio. In cases of unfavourable climatic and edaphic conditions a change in the branch of cultivation may be justified. An important task is the appropriate selection of species and strains structure of arable plants. Species, hybrids displaying increased tolerance to abiotic stress factors such as drought should be selected for hybridisation.

8. A crop production technology needs to be developed in future that is frugal on water and energy but friendly to the environment and takes into account the specific needs of the place and plant of cultivation. An appropriate nutrient supply is one of the determinant elements of such a technology. Modern, optimal, environment friendly nutrient supplementation techniques can improve the drought tolerance of plant species, strains via improved specific water consumption. Up-to-date nutrient supply includes the modern way of applying chemical fertilizers as well as organic manures and the use of plant remains.

9. Further elements of the adaptive crop production technology, which fits in with changing climatic conditions are proper crop rotation, soil preparation, sowing technology, plant protection and harvest.

10. In addition to the development of technical, technological and biological technology of crop production and the expansion of relevant know-how, the provision of agricultural optima, the development and practical implementation of quality oriented crop production technologies are essential in adapting to global climate change.

### THE EXPECTED EFFECTS OF CLIMATE CHANGE AND RESOLUTIONS PERTINENT TO CROP PRODUCTION ON ARABLE LAND IN THE KISALFÖLD

By

KÉSMÁRKI, ISTVÁN – KAJDI, FERENC – PETRÓCZKI, FERENC

No quick climate change could be proven on the basis of investigations of fundamental weather elements (precipitation, temperature, aridity index, hours of sunshine). No doubt however the frequency of extreme weather conditions in the region, especially lack of sufficient precipitation increased since 1987. Precipitation deficiency combined with poor characteristics of local soil (thin layer of fertile soil, moderate level of nutrient yielding capacity, low organic content of soil) and low agro-technical levels cause loss of production, especially if increased temperature levels continue. If these conditions are coupled with increased frequency of extreme weather, primarily ecologically more sensitive, less fertile areas are damaged. The prevention of probable damages require complex preparations, whose elements are as follows:

1. Where the arable land is steeper than 15% change of agricultural branch is recommended; for example the establishment of energy forests or where the layer of fertile soil is too thin (less than 30 to 50 cm) or eroded or flooded from time to time it is expedient to turn it into grazing land by sowing perennial grass coupled with vexillary plants (clover).

2. The structure of crop production should be changed by reducing the proportion of plants requiring much water (potato, sugar beet); sorghum or durra could partially replace maize; poly-cultural structure would be recommended even in the case of small holdings ("standing on more than one foot" as protection against extreme conditions); plants improving the quality of soil should be increased in proportions (vexillary plants, leguminous plants, "green fallow"); lea-lands must be eliminated.

3. In soil preparation operations ensuring the acceptance and storage of precipitation should be carried out in the 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> months and stubble clearing and caring cannot be omitted. Where possible soil should be prepared by mulching.

4. In fertilization the supplementation of organic matter should be increased in all forms; expertise in treatment, ripening and transportation of barn manure should be enhanced and the quantity of applied chemical fertilizers should be increased up to 200–240 kg/ha/year, ignoring naïve anti-chemical fertilizer sentiments.

5. For selecting species an increase in the number species research stations would help a lot; the output of wheat and maize species do not justify the cultivation of early species on

too large a part of arable land set aside for them; in the case of species preferring warmth (maize, sorghum, soy, sunflower) if warm periods continue or get even warmer species that take longer to mature should be grown on greater part of arable land; special species should be prepared for warmer and drier spells that can compensate for required fewer stems per unit area with higher production per plant (e.g. maize hybrids tending to produce multiple cobs per plant, cereals able to produce reels of ears); species should be hybridised for improved drought tolerance and good response to irrigation or species of this genre should be separately evaluated; the re-evaluation of certain aspects of strain categories should be considered (regional relevance), taking new aspects into account (special quality, irrigation reactions, production stability, adaptability).

6. Preservation of the capacity of natural water bases is fundamental in plant cultivation; the capacity of reservoirs should be expanded to catch excess water forming intermittently; within a short period of time an irrigation capacity providing at least 100 mm/ha in the months of May, June and August should be established over at least 10 to 15% of arable land; water and energy saving irrigation system should be preferred, including the development of instrumentation for registering and predicting water management of soil-plant system; the separation of production stabilizing (supplementation of average precipitation) and output enhancing irrigation systems should be considered; once more an irrigation research establishment should be set up that would include at least three regional stations in the country; in weed control preparations have to be made for new epidemics of imported species; the spread of herbicide frugal and mechanical methods have to be accelerated.

7. With increasing frequency of extreme conditions the optimal period of certain work phases will have to be shortened (sowing, harvest), requiring in future increased machine capacity (sowing and harvesting machines, transportation); the catastrophic state of the so-called members' roads and chemical fertilizers associated with them will have to be remedied.

8. Water reservoirs provide in part the water required for production; these can be replenished intermittently when brooks or rivers carry floodwaters; large fluctuations in production justify the expansion of reservoir capacity.

9. The data bases for agro-meteorological, chemical and physical soil examinations will have to be expanded and better integrated (standardised interpretation and dissemination of definitions, such as the aridity index, usable water capacity, nutrient content and nutrient providing capability of soil); these are part of the expertise required for production control and treatment; management of certain size of property or value of production should be tied to professional qualification.

10. In case of climate change the exploitation of comparative ecological advantages in harmony with sustainability and profitability are more important than ever before (moderation of chemical inputs); increased frequency of extreme conditions justify the expansion of melioration (on the acidic soils of Rábaköz and Kemeneshát, on land above 300m altitude to reduce erosion damages, on the controlled side of rivers, water control on the fringes of Hanság); reconstruction of the net of countryside research stations would be of great help to profitable farming



## THE EFFECTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE AND RESOLUTIONS PERTINENT TO CROP PRODUCTION ON ARABLE LAND IN MIDDLE- AND SOUTHERN-DUNÁNTÚL

By

KISMÁNYOKI, TAMÁS

The regional choice of species and strains is of great significance in this country because of highly variable weather conditions. Every thermal and precipitation zone can be found in the middle and southern parts of Dunántúl, therefore many different plants can be cultivated there. The aim of preparations for the prognosticated climate change is the reduction of risks.

The expected harmful effects of climate change can be moderated by the development of improved strains and water preserving agro-techniques. A basic challenge in tilling the soil is adaptation to the characteristics and state of soil. Soil friendly and energy frugal cultivating systems may come in the forefront but do not necessarily involve mechanical simplification of technological processes, because profusely arising weeds, water resource management, heat control require a wide variety of agricultural applications. Suitable monocultures without tilling can be grown in soils, which consist of deep fertile layers, high organic content and have an outstanding soil structure; their limits under wet conditions are primarily weeds or pests or pathogens while under dry conditions the limit is the management of soil's moisture content. In cases of poorer soils possessing minimally adequate soil structure crop rotation and crop alternation should be applied.

In cultivating main crops on large pieces of arable land (wheat, maize) it is expedient to take advantage of precision agriculture and the most intensive strains and hybrids.

In regions of poorer agro-economic potentials countryside and environmental protection measures may come into the forefront such as a reduction of the area of arable land, creation of grazing land for soil protection, forestry, fish-ponds, cultivation of energy and alternative plants, preservation of species and strains, development of species specific technologies and sowing-seed propagation. A significant part of Dunántúl may have to be orientated toward these objectives.

The inclusion of small seeds, grasses, sowing bulbs, fodder plants, plants of double cultivation and green manure into the sowing strategy and the production of their sowing seeds could be an essential gap filling task in certain production areas. The cultivation of spices and herbs and the various methods of ecological farming may be developed and extensively spread.

A number of conclusions can be drawn from decades long investigations of vintage effects and nutrient supply on free-range Dunántúl land and meteorological observations. On plots of land prepared with organic manure 1000 kg excess wheat per hectare was produced compared with plots chemically fertilized, but significant product excess was produced even at lower N levels. Wheat output in dry years hardly differed from long-term average values. Compared with this however the output in wet years was reduced by 1300 kg/ha. Presumably (and on the basis of experience) the discrepancy was due to the spread of pathogens on a larger scale.

Maize output varied on average between 6 to 8 ton/ha. The trials have shown that under the same agro-technical conditions maize produces in wet years twice the outputs as in dry years. No significant pathogen problems were seen in either group.

The corn output of winter barley increased in steps of 2.8 to 4.8 ton/ha depending on the

N dosage. Over the years output was even; no significant differences were observed between wet and dry years.

In moderately dry years appropriate fertilization can to a certain extent counteract the lack of precipitation, improves water utilization and on the whole reduces variability in output. As drought increases the utilization of chemical fertilizers in the case of wheat declines and in the case of maize it changes into “an output cutting factor.” The chemical fertilizer can be a cheap and effective remedy against drought. However, in this region it does not work.

### **THE EFFECT OF WATER SUPPLY ON THE AGRICULTURAL PROPERTIES OF MAIZE HYBRIDS OF VARIOUS GROWTH PERIODS**

By

MARTON, L. CSABA – ÁRENDÁS, TAMÁS – BÓNIS, PÉTER –  
NAGY, JÁNOS – BERZSENYI, ZOLTÁN

In Martonvásár between 1983–1988 the hybrid outputs in “dry” series were 27% (in the range of 16% to 41.7%) less than that in the “irrigated” series. The output increase with growth period in the dry series occurred only in the FAO 100–300 range. The output of FAO 400 and FAO 500 hybrids did not exceed that of FAO 300. In the “irrigated” series output increased with FAO number according to the well known relationship between productivity and growth period. In dry conditions therefore it is not the high temperature but the lack of water that hinders the attainment of full genetic potential for productivity. That is in drought years decreases in the productivity of hybrids of late growth period are most significant. Hybrids of early growth period deflorate before the drought thus escape the arid season. In this respect it is not the growth period determined from the moister content of corn that counts but the period of flowering. From the point of view of drought tolerance or drought avoidance it is the period of flowering that is the determining growth parameter. The flowering period is closely related to productivity in two ways. On the one hand flowering late in the season results in a greater production potential due to greater leaf surface and in general to greater plant size. On the other hand frequent late summer droughts in continental climate hinder the realization of the production potentials of late flowering hybrids.

### **THE ENHANCEMENT OF DROUGHT TOLERANCE OF WINTER WHEAT BY HYBRIDISATION**

By

CSEUZ, LÁSZLÓ – PAUK, JÁNOS – CSISZÁR, JOLÁN – LANTOS, CSABA –  
HORVÁTH, V. GÁBOR – DUDITS, DÉNES – MATUZ, JÁNOS

In summary we have investigated and applied some biotechnological methods to expand our stock of tools. We can use quicker, new methods for understanding drought tolerance. We hope, that plants developed by these new methods will be a new source of drought tolerant species.

## SIGNIFICANCE OF SOIL USE IN MODERATING THE DAMAGING EFFECTS OF CLIMATE

By  
BIRKÁS, MÁRTA

Adaptation to climate change occupies an increasingly significant position on the list of factors affecting the success of plant cultivation. The level of water resource management grades adaptation. Water wasting soil utilization leads to increasingly unfavourable climatic effects and greater losses.

The two precipitation dependent extremes affecting farming are drought and inland water. When precipitation is much greater than usually inland water damage occurs (due to lack of adequate drainage). The extent of damage depends on water utilization. A significantly smaller part of a given quantity of water is utilized on physically and biologically degraded soils. Effective moisture management depends on myriads of small jobs. A larger portion of water falling on surfaces or in the soil should be harnessed. Some factors affecting water exploitation such as water absorbance or permeability of soil cannot be influenced. Other factors such as the physical state of soil, quality or coverage of surface can be modified during soil use. Our investigations aimed at uncovering deficiencies due to extreme variations in soil moisture and soil use.

## FORESTRY AND CLIMATE UNCERTAINTY

By  
FÜHRER, ERNŐ – MÁTYÁS, CSABA

The consequences of expected climate change due to global carbon circulation in relation to the carbon amassing capacity of forests can hardly be estimated. According to the relationships so far revealed it cannot be ruled out that assumed climatic changes will favourably affect certain elements of vegetation, for example growth rate will be transitionally increased. Because of Hungary's special characteristics we can expect that degrading effects will dominate overwhelmingly, with which the natural self-regulating mechanisms of communities will not be able to cope. Data from forestry light traps tracing for decades the changes in diversity of insect fauna indicated the dangers of degradation; decreases in variety of species (*Szentkirályi et al., 1998*). Accordingly the diversity of plant and animal species in natural ecosystems will further decline due to the assumed climate warming.

The frequency of drought damage will rise and milder winters and warmer summers will exacerbate biotic damages. Forests of natural tree species (beech-groves, hornbeam + oaks forests, oak forests) will decline, and so will the efficiency of forestry operations employed so far, natural output of wood and the economy of its production.

Special attention will have to be paid in future to the long-term strategy for the care of forested land areas, their management and nature protection. From the point of view of limiting the effects of climate change there is vital interest in preserving forests, possibly increasing their size and in the application of more extensive, nature friendly methods. The preservation of closed forest coverage as long as possible, the accumulation of biomass, the assistance of humus production, the formation of adaptable ecosystems suitable for future eco-

logical conditions are just a few of the objectives to be followed. All these warrant the careful preparation of plans for preservation and reparation by taking into account the standpoints of conservation biology.



## CONTENTS

<i>Láng, István</i> : Climate Change and its Expected Effects.....	3
<i>Mika, János</i> : Global Climate Change, Hungarian Characteristics .....	7
<i>Anda, Angéla</i> : The Agricultural Consequences of Climate Change in this Country .....	18
<i>Varga-Haszonits, Zoltán</i> : The Effect of Climatic Variability on Agro-eco-systems .....	29
<i>Nagy, János</i> : Agricultural use of Land, Plant Cultivation on Arable Land and Water Resource Management .....	38
<i>Jolánkai, Márton</i> : Effect of Climate Change on Plant Cultivation .....	47
<i>Pepó, Péter</i> : The Local Effects of Global Climate Change in Crop Cultivation in the Tiszántúl Region, Alternative Adaptation Opportunities .....	59
<i>Késmárki, István – Kajdi, Ferenc – Petróczki, Ferenc</i> : The Expected Effects of Cli- mate Change and Resolutions Pertinent to Crop Production on Arable Land in the Kisalföld .....	66
<i>Kismányoki, Tamás</i> : The Effects of Global Climate Change and Resolutions Pertinent to Crop Production on Arable Land in Middle- and Southern-Dunántúl .....	81
<i>Marton, L. Csaba – Árendás, Tamás – Bónis, Péter – Nagy, János – Berzsenyi, Zoltán</i> : The Effect of Water Supply on the Agricultural Properties of Maize Hybrids of Various Growth Periods .....	95
<i>Cseuz, László – Pauk, János – Csizsár, Jolán – Lantos, Csaba – Horváth, V. Gábor – Dudits, Dénes – Matuz, János</i> : The Enhancement of Drought Tolerance of Winter Wheat by Hybridisation .....	102
<i>Birkás, Márta</i> : Significance of Soil use in Moderating the Damaging Effects of Cli- mate .....	114
<i>Führer, Ernő – Mátyás, Csaba</i> : Forestry and Climate Uncertainty .....	124
Summary .....	129

**Lantos Csaba**, a Gabonatermesztési Kutató Kht. Biotechnológiai Osztály tudományos segédmunkatársa (6726 Szeged, Alsókikötő sor 9., Tel.: 62/435-235, Fax: 62/434-163, E-mail: csaba.lantos@gk-szeged.hu)

**Láng István**, akadémikus, a kutatási projekt vezetője, Magyar Tudományos Akadémia (1051 Budapest, Arany János u. 1., Tel.: 269-2656, Fax: 269-2655, E-mail: ilang@office.mts.hu)

**Marton L. Csaba**, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete tudományos igazgatóhelyettese (2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2., Tel.: 22/569-537, E-mail: martoncs@mail.mgki.hu)

**Matuz János**, a Gabonatermesztési Kutató Kht. ügyvezető igazgatója (6726 Szeged, Alsókikötő sor 9., Tel.: 62/435-235, Fax: 62/434-163, E-mail: jmatuz@gk-szeged.hu)

**Mátyás Csaba**, a NyME Erdőmérnöki Kar Környezettudományi Intézet egyetemi tanára, intézetigazgató (9401 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4., Tel.: 99/518-395, Fax: 99/329-840, E-mail: cm@emk.nyme.hu)

**Mika János**, az Országos Meteorológiai Szolgálat Budapesti Obszervatóriuma vezető főtanácsosa (1182 Budapest, Gillice tér 39., Tel.: 346-4805, Fax: 346-4809, E-mail: mika.j@met.hu.)

**Nagy János**, a Debreceni Egyetem egyetemi tanára, rektor (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-310, Fax: 52/508-460, E-mail: nagyjanos@agr.umdeb.hu)

**Pauk János**, a Gabonatermesztési Kutató Kht. Biotechnológiai Osztály tudományos főmunkatársa, osztályvezető (6726 Szeged, Alsókikötő sor 9., Tel.: 62/435-235, Fax: 62/434-163, E-mail: janos.pauk@gk-szeged.hu)

**Pepó Péter**, a DE ATC Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytermesztési és Tájökológiai Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel.: 52/508-462, Fax: 52/508-463, E-mail: pepopeter@helios.date.hu)

**Petróczi Ferenc**, a NyME Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar Növénytermesztési Intézet Növénytermesztéstani Tanszék egyetemi tanársegéde (9200 Mosonmagyaróvár, Kolbai K. u. 8., Tel.: 96/566-690, Fax: 96/566-610, E-mail: petro@mtk.nyme.hu)

**Varga-Haszonits Zoltán**, a NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika-Fizika Tanszék professzor emeritusa (1181 Budapest, Margó T. u. 82., Tel.: 292-2101, E-mail: vargahz@axelero.hu)

## SZÁMUNK SZERZŐI

**Anda Angéla**, a VE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Meteorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel.: 83/311-290/149 mellék, Fax: 83/311-233, E-mail: anda-a@georgikon.hu)

**Árendás Tamás**, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete Növénytermesztési Osztály tudományos főmunkatársa (2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2., Tel.: 22/569-530, Fax: 22/569-556, E-mail: arendast@mail.mgki.hu)

**Berzsenyi Zoltán**, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete Növénytermesztési Osztály tudományos osztályvezetője (2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2., Tel.: 22/569-554, Fax: 22/569-556, E-mail: berzseny@mail.mgki.hu)

**Birkás Márta**, a SZIE Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézet Földműveléstan Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28/522-000/1674 mellék, Fax: 28/410-804, E-mail: birkas.marta@mkk.szie.hu)

**Bónis Péter**, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete Növénytermesztési Osztály tudományos főmunkatársa (2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2., Tel.: 22/569-530, Fax: 22/569-556, E-mail: bonisp@mail.mgki.hu)

**Cseuz László**, a Gabonatermesztési Kutató Kht. Búzanemesítési és Fajtafenntartási Osztály osztályvezetője (6726 Szeged, Alsókikötő sor 9., Tel.: 62/435-235, Fax: 62/434-163, E-mail: laszlo.cseuz@gk-szeged.hu)

**Csiszár Jolán**, a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi Kar Növényélettani Tanszék egyetemi adjunktusa (6722 Szeged, Egyetem u. 2., Tel.: 62/544-307, Fax: 62/544-307, E-mail: csiszar@bio.u-szeged.hu)

**Dudits Dénes**, az MTA Szegedi Biológiai Központ főigazgatója (6726 Szeged, Temesvári krt. 62., Tel.: 62/599-769, Fax: 62/433-188, E-mail: dudits@nucleus.szbk.u-szeged.hu)

**Führer Ernő**, az Erdészeti Tudományos Intézet főigazgatója (1023 Budapest, Frankel Leó út 42/44., Tel.: 326-1640, Fax: 326-1639, E-mail: fuhrere@erti.hu)

**Horváth V. Gábor**, az MTA Szegedi Biológiai Központ Növénybiológiai Intézet Sejtosztódási és Differenciálódási Csoport tudományos főmunkatársa (6726 Szeged, Temesvári krt. 62., Tel.: 62/599-707, Fax: 62/433-434, E-mail: hvg@nucleus.szbk.u-szeged.hu)

**Jolánkai Márton**, a SZIE Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar 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)

**Kajdi Ferenc**, a NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növénytermesztési Intézet Genetika és Növénynemesítés Tanszék egyetemi docense (9200 Mosonmagyaróvár, Kolbai K. u. 8., Tel.: 96/566-748, Fax: 96/566-610, E-mail: kajdif@mtk.nyme.hu)

**Késmárki István**, a NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növénytermesztési Intézet Növénytermesztéstan Tanszék egyetemi tanára (9200 Mosonmagyaróvár, Kolbai K. u. 8., Tel.: 96/566-664, Fax: 96-566-610, E-mail: kesmarki@mtk.nyme.hu)

**Kismányoky Tamás**, a VE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Növény- és Környezettudományi Intézet Földműveléstan Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (8360 Keszthely, Festetics u. 7., Tel./Fax: 83/545-147, E-mail: kis5556@ella.hu)