

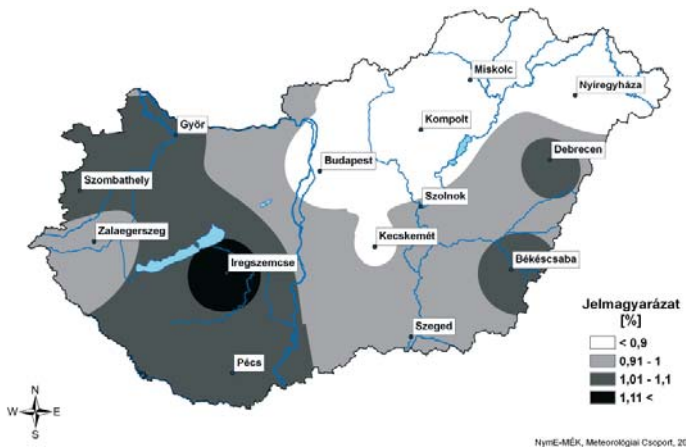
"KLÍMA-21" Füzetek

KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

Őszi búza sugárzáshasznosulása megyei átlagokkal
1951-től 1990-ig



Kukorica sugárzáshasznosulása megyei átlagokkal
1951-től 2000-ig



Forrás: Lantos – Varga-Hasznosits – Enzsölné tanulmánya

A TARTALOMBÓL

Talaj, mint víztározó

Szárazodás és a növénytermelés

Klímaváltozás és jövedeleminstabilitás

Állami szerepvállalás a kárenyhítésben

Aszályok az utóbbi háromszáz évben

Az aszály hatásai gazdasági állatokra

Távérzékelés a biomaszra és a vízkészletek megállapításánál

Az aszály témakör nemzetközi előzményei

Ötezer év éghajlat-változási eseményeinek társadalmi hatásai

„Szárazodás!” – Hupikék országban

2010. 59. szám

„KLÍMA-21” FÜZETEK
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

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

„KLIMA-21” HEFTE
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

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

SZERKESZTŐ:

CSETE LÁSZLÓ
c. egyetemi tanár

SZERKESZTŐSÉG:

1093 Budapest, Zsil u. 3–5.
Tel.: 476-3295, Fax: 342-7571
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

KIADJA:

MTA KSZI KLÍMAVÉDELMI KUTATÁSOK KOORDINÁCIÓS IRODA

FELELŐS KIADÓ:

LÁNG ISTVÁN
akadémikus

ISSN 1789-428X

Készült:

AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

TARTALOM

TANULMÁNY

<i>Várallyay György</i> : A talaj, mint víztározó; talajszárazodás	3
<i>Jolánkai Márton – Birkás Márta</i> : Szárazodás, aszály és a növénytermelés	26
<i>Kapronczai István</i> : Klímaváltozás – jövedelem-instabilitás – kibontakozás	32
<i>Szöllősi Endre</i> : Állami szerepvállalás Magyarországon a mezőgazdasági elemi károk enyhítésében	37
<i>Pálfai Imre</i> : Az aszályok gyakorisága a Kárpát-medencében az utóbbi háromszáz évben	42
<i>Mézes Miklós – Erdélyi Márta</i> : Az aszály hatása a gazdasági állatok takarmányozására, hozamaira és egészségi állapotára	46
<i>Neményi Miklós – Tamás János – Fenyvesi László – Milics Gábor</i> : A távérzékelés alkalmazása a biomassza és a vízkészletek mennyiségének, valamint minőségének megállapításánál	51
<i>Vermes László</i> : Az aszály és a szárazodás témakör nemzetközi előzményei és kapcsolódásai	61
<i>Lantos Zsuzsanna – Varga Zoltán – Varga-Haszonits Zoltán – Enzsölné Gerencsér Erzsébet</i> : Gazdasági növények sugárzashasznosításának agroklimatológiai elemzése	66
<i>Kocsis Tímea</i> : A klímaváltozás detektálása és hatásainak szimulációs vizsgálata Keszthelyen	74
<i>Demény Attila – Schöll-Barna Gabriella – Siklósy Zoltán – Bondár Mária – Sümegi Pál – Serlegi Gábor – Fábián Szilvia – Főrizs István</i> : Az elmúlt ötezer év éghajlat-változási eseményei a Kárpát-medencében és társadalmi hatásaik	82

VITA

<i>Nagy Bálint</i> : „Szárazodás!” – Hupikék országban	95
--	----

SZEMLE

<i>Kolossváry Gábor</i> : A vízgazdálkodás integrálása, kihívások és válaszok	106
<i>Erdősi Ferenc</i> : Ökodiktatúra a klímaváltozás szanálásához?	113

SUMMARY	115
---------------	-----

CONTENTS	123
----------------	-----

A TALAJ, MINT VÍZTÁROZÓ; TALAJSZÁRAZODÁS

VÁRALLYAY GYÖRGY

Kulcsszavak: a talaj vízgazdálkodása, beszivárgás, vízraktározó képesség, szélsőséges vízháztartási helyzetek, aszályérzékenység.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az élet minőségének három – vitathatatlanul legfontosabb – alapjellemzője: a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer, a jó minőségű, „tiszta” víz és a kellemes környezet. Mindhárom szorosan és sokoldalúan kapcsolódik a természeti erőforrásokkal történő ésszerű és fenntartható gazdálkodáshoz, a talaj- és vízkészletek racionális használatához, védelméhez, minőségének megővéséhez.

A Föld korlátozott édesvízkészletei egyre keresettebb hiánycikké, stratégiai tényezővé válnak, hisz a korlátozott vízkészletekből egyre nagyobb és sokoldalúbb igényeket kell(ene) kielégíteni. A globális klímaváltozás prognózisainak kilátásai csak súlyosbítják a vízkészletekért folyó versenyt. A vízkészletekkel való hatékony gazdálkodás tehát a fenntartható fejlődés egyik kulcskérdése.

Magyarország viszonylag kedvező természeti adottságai igen nagy tér- és időbeni változatosságot mutatnak, szélsőségesek, szélsőségekre hajlamosak, s érzékenyen reagálnak bizonyos természeti okok miatti vagy emberi tevékenység okozta stresszhatásokra. Nagy biztonsággal előre jelezhető, hogy a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) valószínűsége, gyakorisága, tartama és intenzitása a jövőben egyaránt növekedni fog, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen. Ennek okai: a légköri csapadék nagy tér- és időbeni variabilitása, nehezen előre jelezhető szélsőséges rendszertelensége, az intenzív záporok növekvő gyakorisága; a változatos domborzat; a kedvezőtlen talajtulajdonságok; a nem mindig megfelelő művelési ág és vetésszerkezet.

Ilyen viszonyok között megkülönböztetett jelentőségű az, hogy a talaj az ország legnagyobb potenciális természetes víztározója. Felső 100 cm-es rétegébe – elvileg – a lehulló átlagos csapadékmennyiség közel kétharmada egyszerre beleférne. A potenciális vízraktározó képesség azonban gyakran nem hasznosul eredményesen az alábbi okok miatt

- a felszínre jutó víz talajba szivárgását akadályozza a talaj pórusterének vízzel telítettsége; a felszíni rétegek fagyott volta; vagy a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló közel vízátmeresztő réteg;

- a talajba beszivárgott víz ott nem tározódik a növény számára hasznosítható formában, hanem a talaj gyenge víztartó képessége miatt a mélyebb rétegekbe vagy a felszín közeli talajvízbe szivárog.

Ezek miatt egyaránt növekszenek a felszíni lefolyási, a párolgási, illetve a szivárgási veszteségek, s fokozódik a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázata.

Mindent meg kell tenni ezért, hogy a talaj felszínére jutó víz minél nagyobb hányada szivárogjon be a talajba, s tározódjon ott, növények számára hasznosítható formá-

ban. Erre megfelelő talajhasználati és agrotechnikai módszerek állnak rendelkezésre, csak az adott körülményekhez szükséges azokat – termőhely-specifikusan – adaptálni és végrehajtani. Ezek az intézkedések – a talaj potenciális vízraktározó képességének minél teljesebb körű kihasználásával – egyaránt csökkentik az aszályérzékenység és a belvízveszély kockázatát, mérséklék azok kedvezőtlen gazdasági, környezeti, társadalmi hatásait, káros következményeit is.

A talaj vízháztartás-szabályozása tehát egyaránt nélkülözhetetlen eleme egy fenntartható talajhasználatnak, korszerű vízkészlet-gazdálkodásnak és az eredményes környezetvédelemnek.¹

BEVEZETÉS

(1) *Az élet minőségének három – vitathatatlanul legfontosabb – alapjellemezője*

- a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer; élelmiszer-biztonság;
- a jó minőségű, „tisztá” víz;
- a kellemes környezet.

Mindehárom szorosan és sokoldalúan kapcsolódik a természeti erőforrásokkal történő ésszerű és *fenntartható* gazdálkodáshoz, benne – véges – talaj- és vízkészleteink racionális és takarékos használatához, védelméhez, minőségének megővéséhez.

(2) *A Föld korlátozott édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, stratégiai jelentőségű tényezővé válnak.* Hisz bolygónk vízkészletének 97,5%-a sós vizű óceánokban és tengerekben van; a 2,5%-nyi édesvízkészlet 85–90%-a pedig szilárd halmazállapotú hó, jég, vagy fagyott talajvíz; a folyékony halmazállapotú édesvízkészlet mintegy fele felszín alatti víz és talajnedvesség, s csak másik felét képezik álló- és folyóvizek, valamint az ökoszisztémák biomasszájában felhalmozott „zöld víz”. A gyorsan szaporodó emberiség egyre széleskörűbbé és sokoldalúbbá váló növekvő vízigényét ezekből a korlátozott készletekből kell(ene) minél teljesebb körűen kielégíteni. A biomassza-termelés, valamint a biodiverzitás vízigényét is e készletekből kell fedezni. Ugyanakkor a társadalom egyre nagyobb – helyenként nem körültekintő, nem fenntartható, „agresszív” – vízhasználat

egyre nagyobb veszélyt jelent(het) a talaj- és vízkészletekre. *A takarékos vízfelhasználás és hatékonyságának javítása* tehát az emberiség életének, fejlődésének egyik kulcskérdése.

(3) *A globális klímaváltozások* előrejelzései Földünkre kedvezőtlen tér- és időbeni hőmérséklet- és csapadékatrendeződést, néhány területre pedig melegedést és szárazodást prognosztizálnak, ami tovább súlyosbítja a vízkészletekért folyó versenyt, sőt kíméletlen küzdelmet; s egyre erősebb prioritásként fogalmazza meg a fenntartható vízkészlet-gazdálkodás szükségességét.

(4) *Magyarország viszonylag kedvező természeti adottságokkal rendelkezik* hosszú távon is *fenntartható* biomassza-termelés céljára. De! Ezek a kedvező adottságok igen nagy tér- és időbeni változatosságot mutatnak; gyakran szeszélyesek, kiszámíthatatlanok, nehezen előre jelezhetők; szélsőségekre hajlamosak; s érzékenyen reagálnak természeti okok miatti vagy emberi tevékenység okozta különböző stresszhatásokra. A viszonylag kedvező agroökológiai adottságokat elsősorban három tényező veszélyezteti (*Várallyay, 2005c*): szélsőséges vízháztartási helyzetek; talajdegradációs folyamatok; elemek (növényi tápanyagok és szennyező anyagok) kedvezőtlen biogekémiai körforgalma.

(5) *Magyarország* természeti adottságai között nagy biztonsággal előre jelezhető, hogy az életminőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a multifunkcionális mezőgazdaság- és vidékfejlesztésnek, a környezetvédelemnek egyaránt *a víz lesz egyik meghatározó tényezője*, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése pedig megkülönböztetett jelentősé-

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

gű kulcsfeladata. Annál is inkább, mivel a hazánkra vonatkozó klímaváltozás-prognózisok egybehangzó megállapítása szerint a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek bekövetkezésének valószínűsége, gyakorisága, tartama és súlyossága egyaránt növekedni fog. S természetesen fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai és szociális következményei is.

Ez – a fenntartható fejlődés érdekében – sürgősséggel fogalmazza meg a kedvezőtlen hatások megelőzésének, kivédésének, de legalább bizonyos tűrési határig történő mérséklésének, s az erre időben történő felkészülésnek parancsoló szükségességét (Láng et al., 2007; Somlyódy, 2002).

(6) *A talaj, mint hatalmas potenciális természetes vízraktározó* képes a vízháztartási szélsőségeket tompítani, mérsékelni, de ugyanúgy képes a szélsőséges helyzetek felnagyítására, súlyosítására is. Ezért van, s lesz megkülönböztetett, a mainál is jóval

nagyobb jelentősége a talaj vízgazdálkodását és anyagforgalmát szabályozó ésszerű földhasználatnak (Birkás – Gyuricza, 2004; Várallyay, 2004, 2007a,b, 2008a).

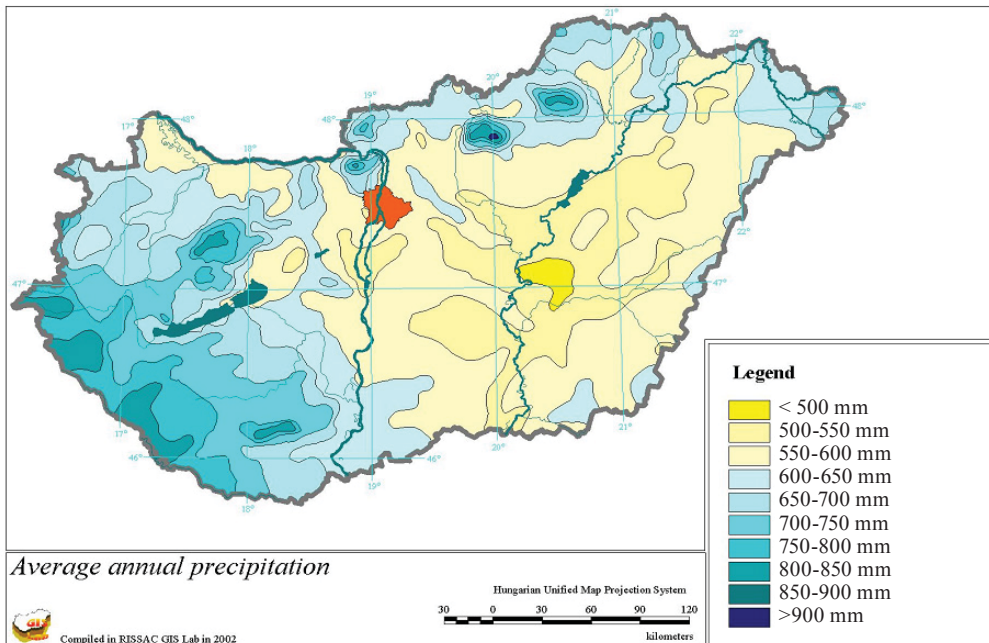
KORLÁTOZOTT VÍZKÉSZLETEK – NÖVEKVŐ IGÉNY

Magyarország gyakran emlegetett édesvízgazdagsága csak viszonylagos. Vízkészleteink ugyanis korlátozottak. A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb), mint jelenleg, s nem fog csökkenni annak tér- és időbeni változékonyasága sem.

Nem lehet számítani a 85–90%-ban szomszédos országokból érkező *felszíni vizeink* mennyiségének növekedésére sem, különösen nem a kritikus „kisvízi” időszakokban.

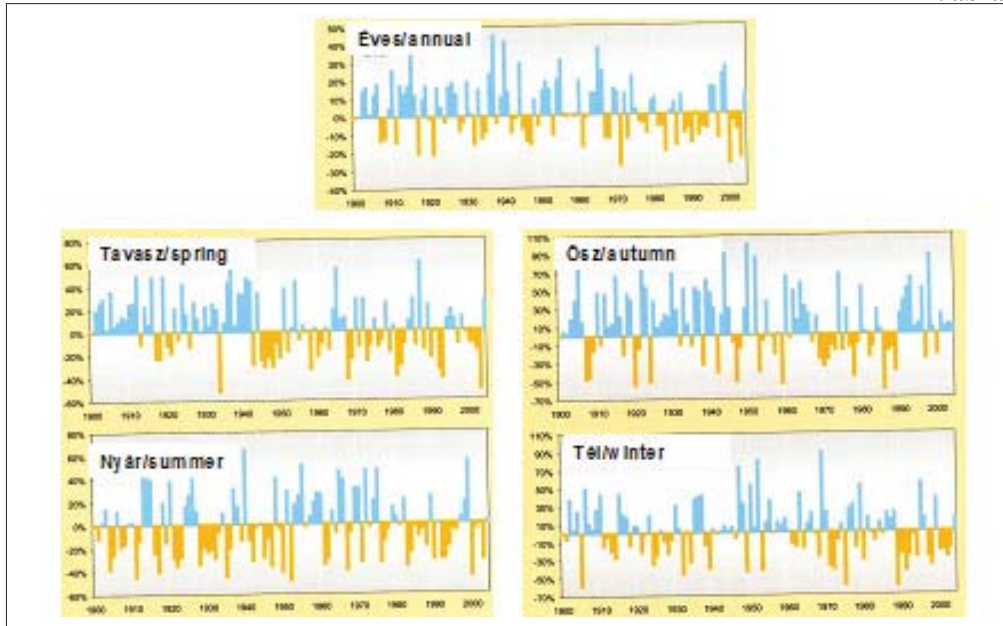
Felszín alatti vízkészleteink nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezet

1. ábra



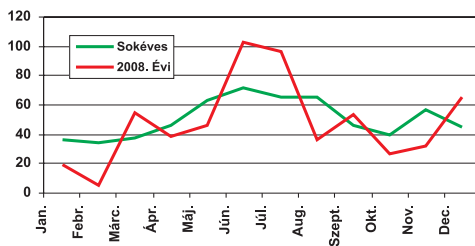
Sokéves átlagos csapadékmennyiség

2. ábra



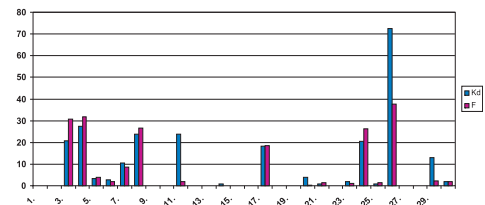
Éves és évszakos csapadékösszegek országos átlagai, 1901–2004

3. ábra



Sokéves és 2008. évi országos havi átlag csapadékösszegek (sokéves átlag: 607,8 mm; 2008. évi átlag: 588,5 mm; –19,3 mm)

4. ábra



Napi csapadékeloszlás ingadozása 2008 júniusában Sopron Kurucdomb (Kd) és Fertőrákos (F) állomásokon. Június havi összes csapadék: Kd: 246,5; F: 196,3 mm

következmények kockázata nélkül, mint erre az utóbbi években a már-már katasztrofális, „sivatagosodási” tüneteket okozó Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet. Ráadásul a Magyar Alföld alatti talajvizek jelentős hányada kedvezőtlen minőségű; nagy sótartalmú és

kedvezőtlen sóösszetételű, ami felhasználási lehetőségeiket gyakran korlátozza, sőt kizárja.

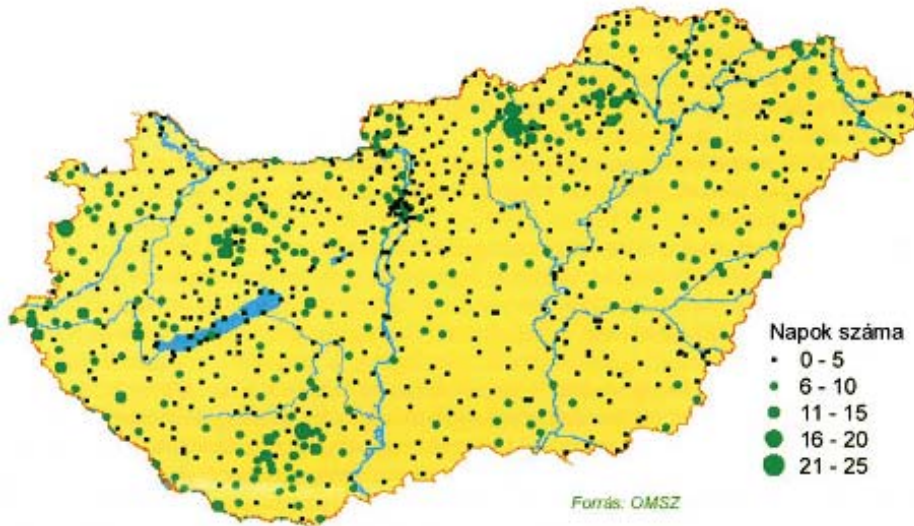
A korlátozott készletekből először a lakossági és ipari vízigényeket szükséges kielégíteni, beleértve az üdülés és a természetvédelem vízigényeit is. Ezek mindegyike gyorsan

1. táblázat

Átlagos, legkisebb és legnagyobb csapadékösszegek 2008-ban

Hónap	Sokéves havi átlag	2008. évi országos átlag	Legkisebb mennyiség		Legnagyobb mennyiség	
	mm		mm	hely	mm	hely
Jan.	36,8	19,6	2,5	Zalaegerszeg	48,3	Rajka
Febr.	34,0	5,6	0,6	Budapest	24,2	Jászkajmatis
Márc.	37,1	55,0	24,1	Tiszadob	97,6	Bakonyszücs
Ápr.	46,3	38,8	12,7	Balatonboglár	95,7	Sonkád
Máj.	63,0	45,6	15,5	Királyegyháza	126,1	Gyula
Jún.	72,2	102,4	30,1	Tarnaméra	299,7	Sopron
Júl.	65,2	95,9	32,7	Jánoshalma	263,5	Bánkút
Aug.	65,4	36,4	5,3	Kölesd	159,3	Sopron
Szept.	46,4	54,1	25,9	Szentpéterfa	111,8	Kárász
Okt.	39,3	27,3	11,2	Dereske	76,9	Iharos
Nov.	56,2	32,6	14,4	Boldogkőváralja	75,8	Szokolya
Dec.	45,3	65,2	30,3	Sátorhely	127,6	Bakonyszücs
Év	607,8	588,5				

5. ábra



Az 50 mm-nél nagyobb napi csapadékösszegek esetszámai 1980. január és 2005. május között.

Megjegyzés: A területi eloszlás fontos vidékfejlesztési következtetések levonását teszi lehetővé

és nagymértékben növekszik és egyre sokoldalúbbá válik, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészletek esetében teszi nehezzé és költségessé (sőt esetleg zárja ki) azok különböző célokra történő felhasználását (Somlyódy, 2002).

A konfliktus feloldásának egyetlen megoldása a *takarékos vízfelhasználás és hatékonyságának növelése*. Ebben pedig megkülönböztetett jelentősége van a *talaj nedvességforgalom-szabályozásának*, a talaj hasznos vízraktározó funkciója kihasználásának (Várallyay, 2003, 2007a, 2008a; Várallyay – Farkas, 2008).

VÁLTOZÓ TÉR- ÉS IDŐBENI ELOSZLÁSÚ, SZESZÉLYES CSAPADÉKVISZONYOK

Magyarország klímáját és időjárását a nagy tér- és időbeni variabilitás, változékonyság, a nehezen kiszámítható, s még nehezebben előre jelezhető szeszélyesség jellemzi. Egyaránt érvényes ez minden klímaelemre (hőmérséklet, csapadékviszonyok, napsugárzás, páratartalom) (OMSZ, 2005).

Az ország – hosszú idősoros megfigyeléseken alapuló – átlagos évi csapadékmennyisége jelentős térbeli változatosságot tükröz, az Alföld középső részének 500 mm/év értékeitől kezdve az Alpokalja 850 mm/év feletti értékeiig, amint az 1. ábrán látható (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989*).

A sokéves országos átlag azonban nem sokat mond. Sem a mikro-regionális eloszlásról, sem az időszakos dinamikáról, sem a lehulló csapadék formájáról, intenzitásáról. Jól mutatja ezt a bemutatott 2. ábra az utóbbi 100 év éves, illetve évszakos csapadékmennyiségeiről. A 100 év alatt szinte alig volt a sokéves átlagnak megfelelő évi, illetve évszakos csapadékmennyiség. Annál több az átlagnál lényegesen nagyobb vagy kisebb éves (évszakos) országos átlag (OMSZ, 2005; *Varga-Hasonits et al., 2006*).

De hasonlóan nagy időbeni variabilitás figyelhető meg az éven belüli havi, sőt a hónapokon belüli napi csapadékmennyiségekben is. Ezt mutatjuk be a 3. és 4. ábrán.

A 3. ábra sokéves havi megoszlást és 2008. évre vonatkozó megoszlást kifejező; valamint az átlagosnál lényegesen csapadékosabb 2008-as év júniusának napi csapadékmennyiség-megoszlását – két Sopron közeli mérőállomás által regisztrált adatok alapján – ábrázoló 4. ábra szemléletesen mutatja az igen jelentős időbeni variabilitást, amelyet az átlagok sajnos eltakarnak. S hasonló megállapítást tehetünk a csapadék térbeli variabilitására vonatkozóan is. Ezt is szemléletesen illusztrálják az egymástól csupán néhány kilométer távolságban lévő két mérőállomás (Sopron Kurucdomb, Fertőrákos) 4. ábrán

bemutatott, egymástól esetenként nagymértékben eltérő adatai. Még inkább azonban az 1. táblázatban közölt összeállítás a nem szélsőséges időjárású 2008. év során regisztrált legkisebb és legnagyobb havi csapadékmennyiségekről. S ekkor még nem is szoltunk a lehulló csapadékmennyiség intenzitásáról, formájáról, a hóolvadás körülményeiről, amelyek szintén nagyon változó mértékben határozzák meg egy adott helyen egy adott időpontban (időszakban) a talaj felszínére jutó csapadékmennyiséget (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989; OMSZ, 2005*).

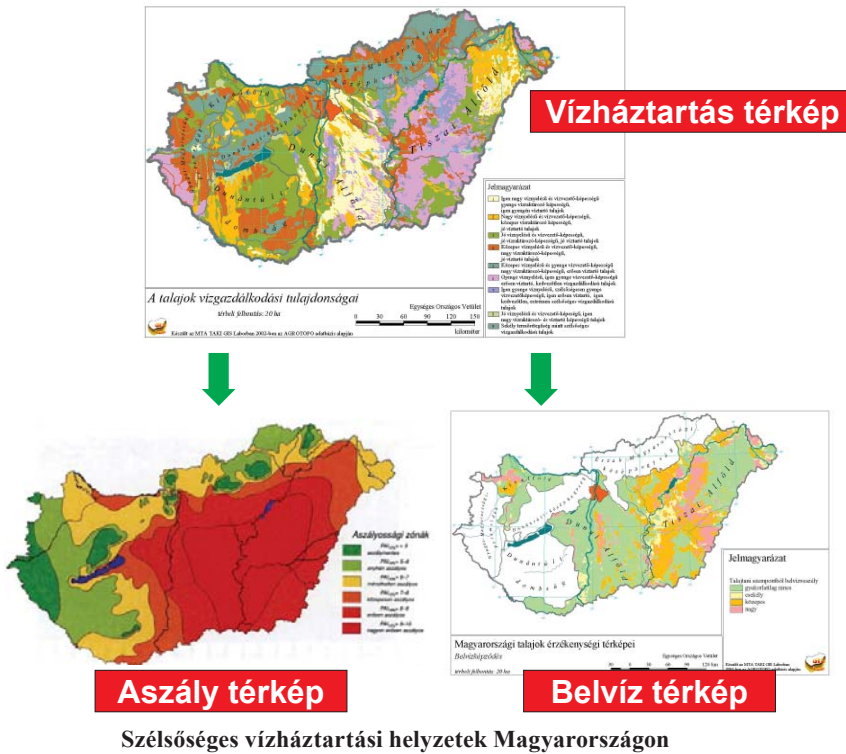
A csapadékviszonyok szeszélyes változottsága a közelmúlt éveiben csak fokozódott: több helyen és több esetben kéthavi csapadékmennyiség lehullott intenzív felhőszakadás formájában egyetlen nap (sőt néhány óra) alatt, majd ezt kéthavi „csapadékszünet” követte. A téli – s a hirtelen tavaszi felmelegedés során gyorsan elolvadó – hó (ha volt egyáltalán) természetesen nem „helyettesítheti” a hiányzó „arany-értékű” májusi esőt, csak az éves csapadékmennyiséget „szépiíti”!

Az utóbbi években sajnos egyre gyakoribbá váló nagyintenzitású záporokat (> 50 mm/nap) mutatja az 5. ábra.

Hazánkban – elsősorban a Magyar Alföldön – éppen ennek a szélsőségekre hajlamos, nagy és nehezen kiszámítható/előre jelezhető tér- és időbeni variabilitásnak van megkülönböztetett jelentősége. A lehulló csapadéknak emiatt ugyanis gyakran jelentős hányada vész kárba felszíni lefolyás formájában, s okoz káros szedimentációt, belvizeket, fokozza az árvízveszélyt. Sokszor csupán szerény hányada jut el a növényig, s adódik így zavar a növények vízellátásában, van vagy lenne szükség a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen (*Várallyay, 1988, 2007a, 2008a; Pálfi, 2005, 2007*).

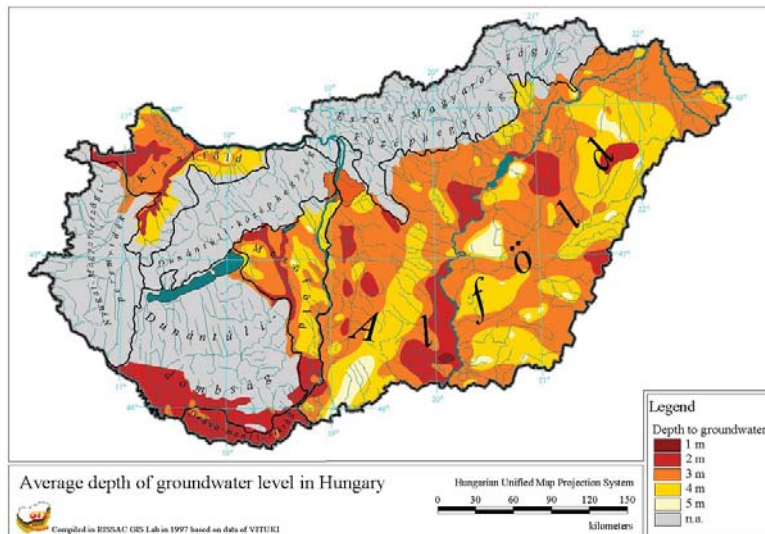
A szélsőséges vízháztartási helyzetek következtetésének nagy és növekvő kockázataiért elsősorban felelős tér- és időbeni eloszlású csapadékviszonyokon túlmenően, azt két további tényező súlyosbítja

6. ábra



Szélsőséges vízháztartási helyzetek Magyarországon

7. ábra



Talajvízszint terep alatti mélysége

– a makrodomborzat tekintetében sík Alföld *heterogén mikrodomborzata* (padkával, hátakkal, erekkel, laposokkal, semlyékekkel) (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989*);

– a térség *talajviszonyainak igen nagy változatossága*, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a *talajok* jelentős hányadának *kedvezőtlen fizikai-vízgazdálkodási tulajdonságai* (*Láng et al., 1983; OMSZ, 2005; Pálfi, 2005; Várallyay, 2004, 2005b, 2008b; Várallyay – Farkas, 2008*).

Mindezen tényezők együttes hatásának eredményeképpen a Kárpát-medencei alföldekre a gyakori (s a jövőben várhatóan egyre gyakoribb), térben és időben egyaránt nagyon változó vízháztartási szélsőségek a jellemzőek. Egyaránt nagy a

– belvíz, árvíz és a túlnedvesedés veszélye (*Pálfi, 2005*), illetve az

– aszályérzékenység (*Pálfi, 2007; Várallyay, 1988, 2007a, 2008a*).

Gyakran ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Jól mutatja ezt az aszály, illetve a belvíz által fenyegetett régiók 6. ábrán bemutatott gyakori területi egybeesése.

A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés: vízfelesleg; szárazság, aszály: vízhiány) kialakulásának okai és következményei a következők (*Várallyay, 2007a, 2008a; Láng et al., 2007; Pálfi, 2005*).

Okok:

- légköri csapadék nagy és szeszélyes tér- és időbeni variabilitása;
- eső–hó arány, hóolvadás körülményei
- domborzat (makro, mezo, mikro)
- talajviszonyok
- vegetáció
- talajhasználat

Következmények:

- vízvesztés (párolgás, felszíni lefolyás; szivárgás)
- talajvesztés (szerves anyag, tápanyagok...)
- biota- és biodiverzitásvesztés
- növényvesztés (pusztulás, károsodás)
- termésvesztés
- energiavesztés

NEGATÍV VÍZMÉRLEG – KÉTARCÚ TALAJVÍZVISZONYOK

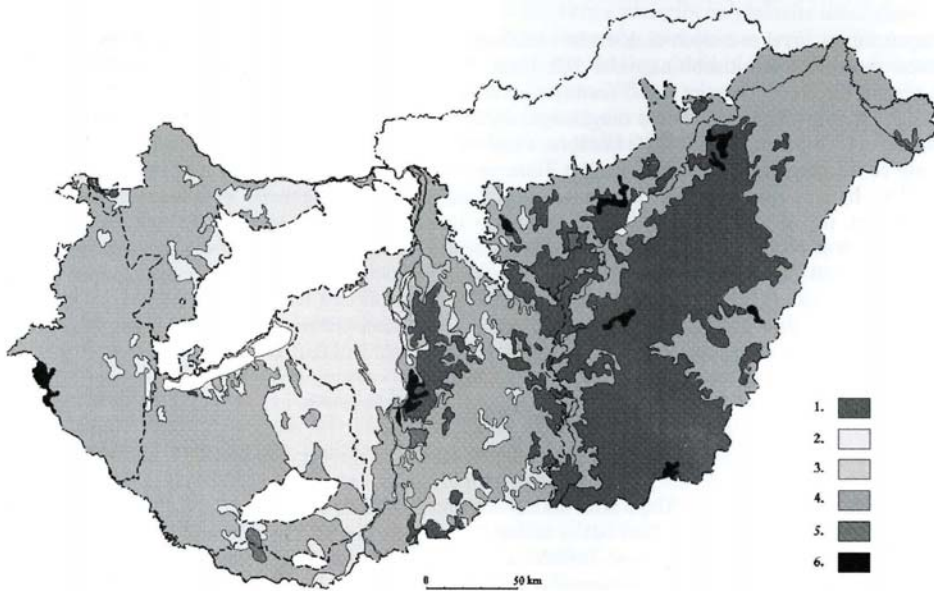
A csapadék-párolgás összevetésekből levonható az a következtetés, hogy a Kárpát-medence alföldjeinek vízmérlege negatív (csapadék < potenciális párolgás), a vízmérleget a medenceperemek felől a mélyebb részek felé irányuló felszíni lefolyás, szivárgás és talajvízáramlás tartja egyensúlyban. Ez viszont a felszíni és felszín alatti vizek, valamint a talaj anyagforgalmában a felhalmozódási folyamatoknak kedvez, hisz az oldalirányból érkező „víz” bizonyos koncentrációjú és ion-összetételű *oldat*, míg az elpárolgó víz (E, ET, T) ténylegesen csak H₂O. Ez vezet azután az oldható mállástermékek fokozatos felhalmozódásához „pangó” felszíni vizeinkben, felszín alatti vizeinkben és talajainkban (*Várallyay, 1985, 2004b*). Jól mutatják ezt a 8. ábrán bemutatott adatok.

A 7. ábrán a talajvízszint átlagos terep alatti mélységének térképét mutatjuk be (*Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989*).

A talajvízből a talajvízszint feletti talajrétegekbe irányuló kapilláris víz- és anyagtranszport intenzitását a talaj fizikai/víz-gazdálkodási tulajdonságain túlmenően ez a jellegzetes szezonidamikát mutató mélység határozza meg.

A kapilláris transzport bizonyos esetekben 150–200 mm/év értéket is elérhet. Kedvező talajvízminőség esetén (kis sótartalom, kedvező ionösszetétel) ez a vízmennyiség természetesen jelentős hozzájárulást jelenthet a növény alulról történő vízellátásához („optimális talajvízszint”, ill. „optimális talajvíz-dinamika”). Egyes számítások szerint ez a vízmennyiség Magyarország öntözési kapacitásának 2,5–3-szorosát is elérheti (*Várallyay, 2004*). Ez a vízutánpótlás maradt el vagy csökkent minimálisra a Duna–Tisza közti homokhátság alatt bekövetkező talajvízszint-süllyedés miatt, hozzájárulva a térség már-már „sivatagosodási” tüneteket mutató kiszáradásához, fokozott aszályérzékenységekhez. S hasonló okokból aggódtunk a Bős-Nagymaros Vízlépcső teljes kiépítése esetére

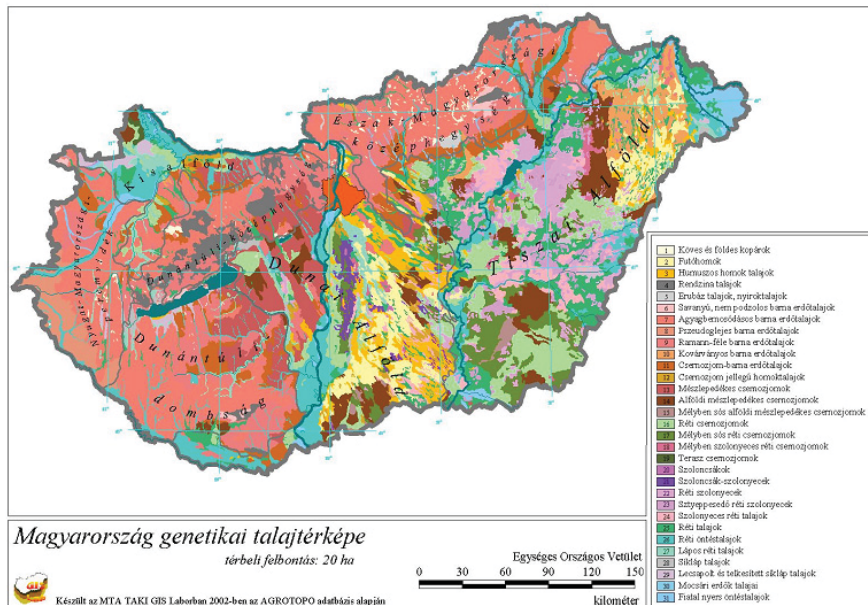
8. ábra



A talajvíz kémiai típusa kationok szerint

Jelmagyarázat: 1. nátriumos (Na); 2. magnéziumos (Mg); 3. magnézium-kalciumos (Mg–Ca);
4. kalciumos (Ca); 5. kalciumos-nátriumos (Ca–Na); 6. vegyes (Ca–Mg–Na)

9. ábra



Magyarország genetikai talajterképe

prognosztizált talajvízszint-süllyedés miatt is a Kisalföld, illetve a Szigetköz érintett területein.

A 8. ábra azonban azt mutatja, hogy a Magyar Alföld jelentős területein – épp az anyagfelhalmozódási folyamatoknak kedvező negatív vízmérleg miatt – a talajvizek „rossz” minőségűek: nagy sótartalmúak, kedvezőtlen ion-összetételűek. Ilyen esetben a kapilláris transzport nemcsak vizet, hanem káros Na-sókat is szállít a talajvízszint feletti talajrétegekbe, az aktív gyökérszónába, s a talajok másodlagos sófelhalmozódását, elszikesedését okozhatják („kritikus talajvízszint”, „kritikus talajvíz-dinamika”).

Az ingadozó talajvízszint feletti rétegezett talajba irányuló kapilláris víz-, illetve oldattranszport leírására négylépcsős modellt dolgoztunk ki és alkalmaztunk eredményesen az érintett Tisza-völgyi és Duna-völgyi területeken (*Várallyay, 2003, 2004, 2005*).

A VÁLTOZATOS TALAJVISZONYOK

A térben és időben egyaránt változatos, szélsőségekre hajlamos és szeszélyes időjárás, elsősorban a csapadékviszonyok nagyon sokféleképpen hatnak talajainkra, a talajképződési és talajpusztulási folyamatokra, valamint a talaj funkcióit és tulajdonságait meghatározó anyag- és energiaforgalmi folyamatokra. A nagyon változatos talajképződési tényezők (geológiai viszonyok, éghajlat/időjárás, domborzat, hidrológiai viszonyok, élővilág, emberi tevékenység) bonyolult összhatásának eredményeképpen nagyon változatos, helyenként mozaikosan tarka talajtakaró alakult ki, s változik ma is. Ennek szemléltetésére a 9. ábrán bemutatjuk Magyarországot vázlatos talajtérképét.

A talaj különböző tulajdonságai a genetikai talajtípushoz hasonló nagy variabilitást mutatnak. A legfontosabb talajtulajdonságokról Magyarország hét nagytájára elkészített 1:100 000 méretarányú tematikus térképeket atlaszban foglaltuk össze (*Várallyay, 2008b*).

MAGYARORSZÁG TALAJAINAK VÍZGAZDÁLKODÁSA

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és (csak) 31%-a jó vízgazdálkodású. Ezt mutatjuk be a 10. ábrán, feltüntetve a kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodás okait is (*Várallyay, 2003, 2004*).

Kidolgoztunk egy korszerű felvételezési–vizsgálati–térképezési–monitoring rendszert, s megalkottunk egy részletes talajtani adatbázist a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére, azok hatékony szabályozása érdekében.

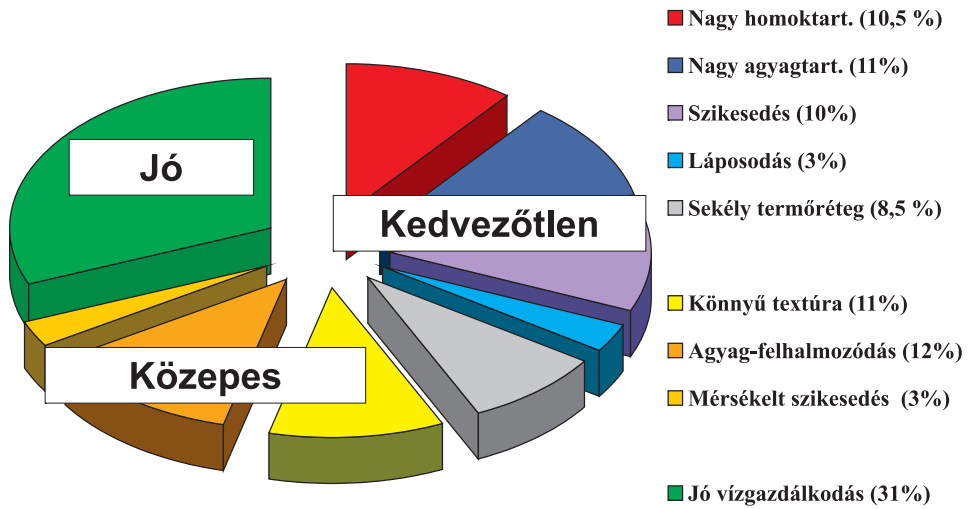
A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszerében a talaj fizikai félesége (11. ábra); a víztartó képességet jellemző szabadföldi vízkapacitása (VK_{sz}), holtvíztartalma (HV) és hasznosítható vízkészlete (DV); a víznyelés sebessége (IR) és a talaj hidraulikus vezetőképessége (K) voltak a csoportképző paraméterek, míg az alcsoportokat a talajszelvény rétegezettsége, illetve a talaj speciális vízháztartását okozó tulajdonságok alapján definiáltuk. A talaj vízraktározó képességét kifejező teljes vízkapacitás (VK_t) a talaj beszívárgást megakadályozó tényezőktől mentes „termőrétegének” vastagságától, összporozitásától, ez pedig az adott réteg tömörödöttségétől, tömörödöttségétől függ, amelyet a különböző antropogén hatások gyorsan és nagymértékben befolyásolhatnak. Ezért ennek értékét egységesen az adott réteg(ek) 45 térfogatszázalékával számoltuk.

A kategóriarendszer határérték-mátrixát mutatjuk be a 2. táblázatban, feltüntetve a 9 fő kategória %-os hazai megoszlását is.

A rendelkezésre álló gazdag talajtani adatbázis alapján megszerkesztettük Magyarország talajainak vízgazdálkodási kategória térképét 1:100 000 méretarányban. A térkép egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 12. ábrán.

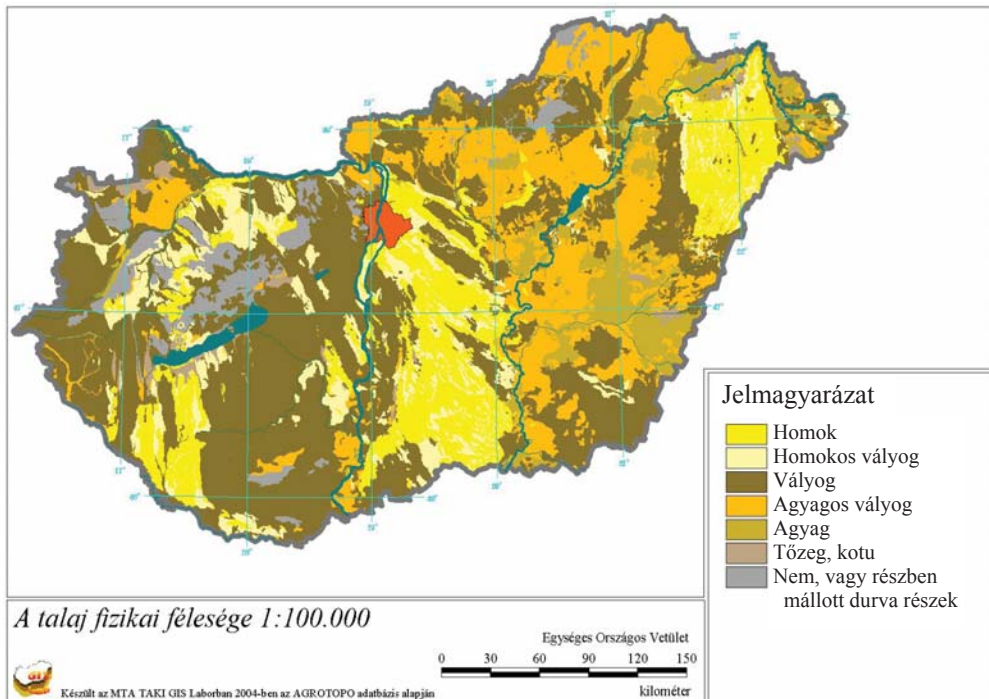
A térkép részletes területi adatai (elhatárolt foltonkénti, talajtípusonkénti, középtájankénti és megyei bontásban) az MTA

10. ábra



Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása

11. ábra



A talaj fizikai félesége

2. táblázat

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriái

Talaj vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti fő kategóriái	Területi kiterjedés az ország összterületének %-ában
1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok	10,5
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok	11,1
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	24,9
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	19,1
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok	6,2
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok	14,9
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok	3,6
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó képességű talajok	1,3
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok	8,4

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

K_A: Arany-féle kötöttségi szám;

hy₁: higroszkóposági értékszám;

Fizikai talajféleség:

h: homok;

hv: homokos vályog;

v: vályog;

av: agyagos vályog;

VK_{sz}: szabadföldi vízkapacitás;

HV: holtvíztartalom;

DV: hasznosítható vízkészlet;

IR: víznyelés sebessége;

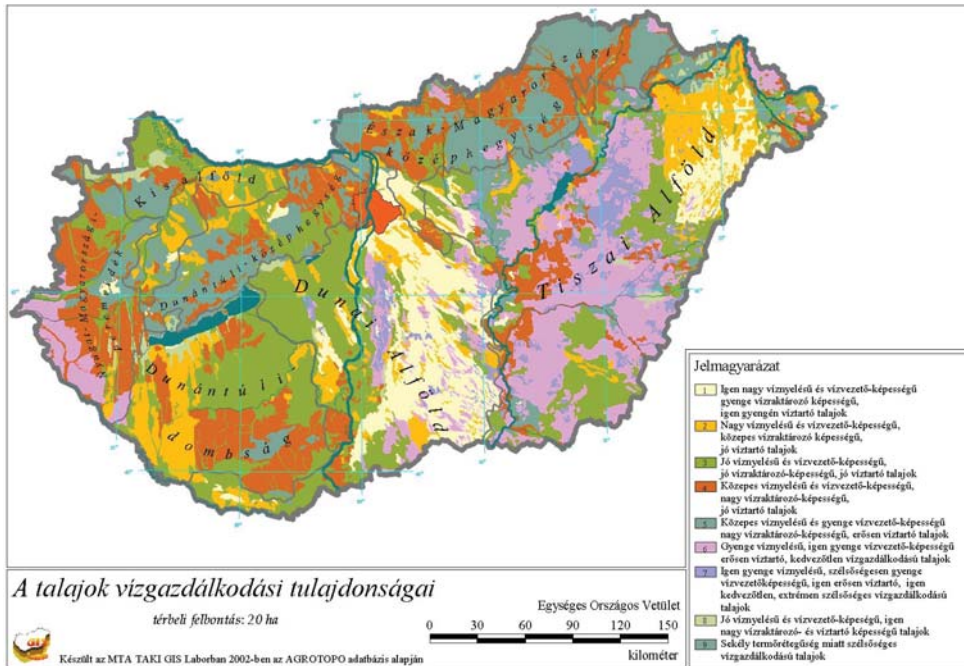
K: hidraulikus vezetőképesség.

* Enyhe szikesezés vagy pszeudoglej-képződés miatt kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok;

** Erős szikesezés miatt extrém szélsőséges vízgazdálkodású talajok;

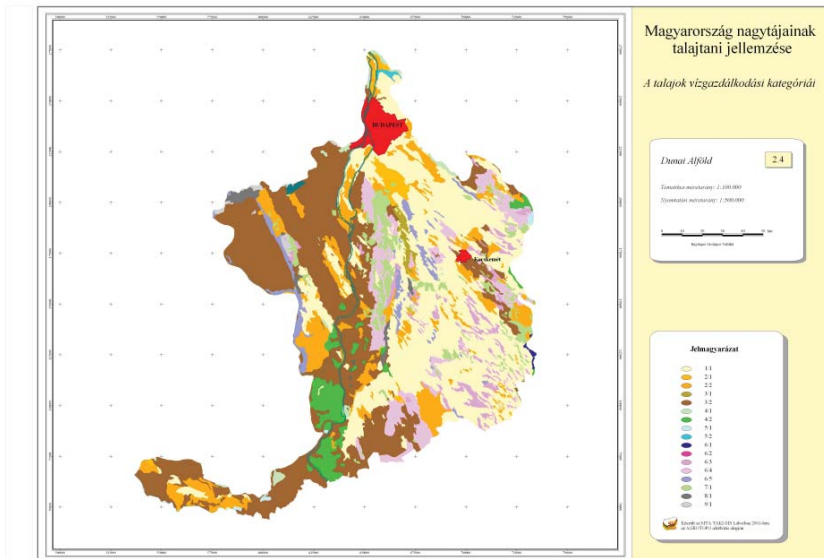
*** Láptalajok

12. ábra



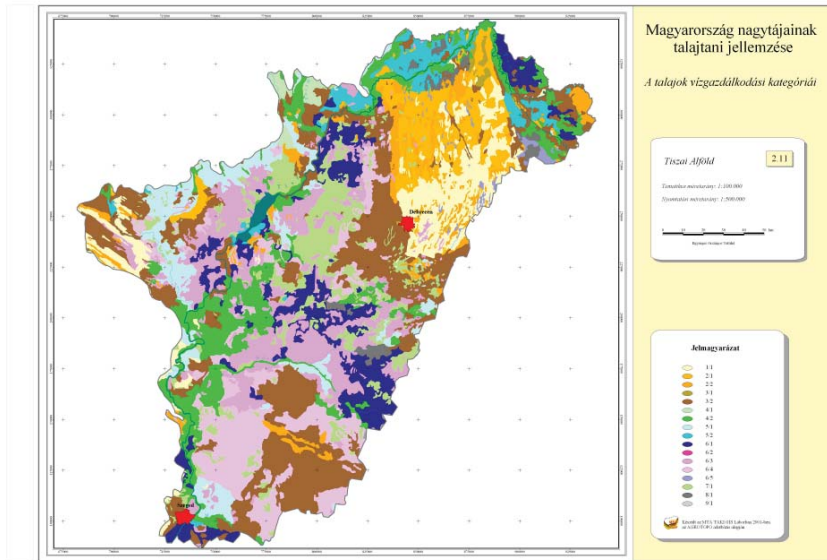
Magyarország talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai

13. ábra



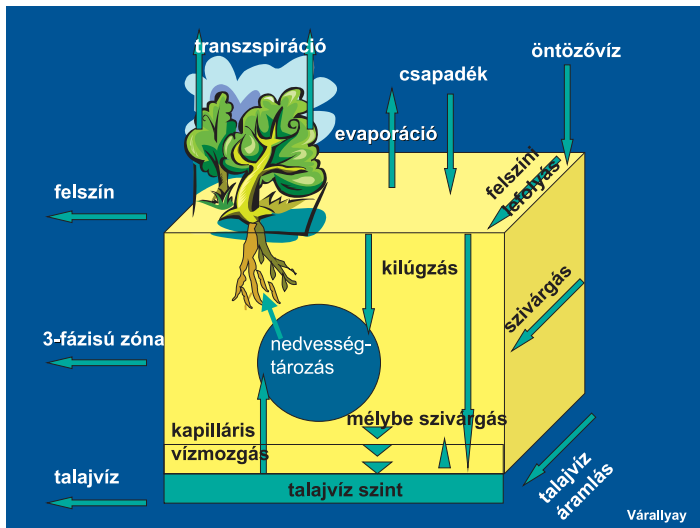
A Dunai Alföld talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai

14. ábra



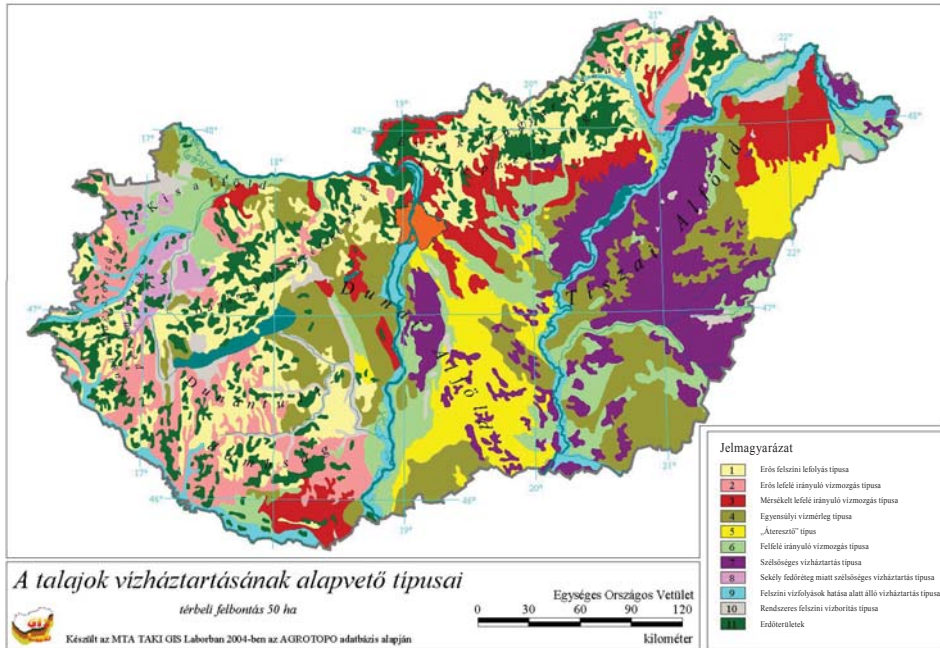
A Tiszai Alföld talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai

15. ábra



A talaj vízmérlegének elemei

16. ábra



Magyarország talajainak vízháztartási típusai

TAKI számítógépes AGROTOPO adatbázisában kerültek tárolásra.

A térkép és az adatanyag alapján a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a–b–c (a talajszelvényben nincs lényeges textúr-differenciálódás) vagy A–B–C (a talajszelvényben jelentős textúr-differenciálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való helyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, illetve bármely szelvényének bármely vastagságú rétegeire megadható a talajban tározható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz”, illetve a növény számára hozzáférhető hányada is (VK_{sz} , HV, DV). Ezek az adatok közvetlenül térképre vihetők, számítógépes adatbázisban digitálisan (is) tárolhatók, s kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajfőleség, egy-egy táj, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési egység korszerű vízgazdálkodási jellemzésének; az optimálist minél inkább megközelítő mezőgazdasági vízgazdálkodás

kialakításának, valamint az ezt célzó racionális beavatkozások, intézkedések, eljárások, módszerek kidolgozásának (Várallyay, 2003, 2005b; Várallyay et al., 1980b).

Az adatbázisból kiemelve – példaképpen – a 13. és 14. ábrán két megkülönböztetett jelentőségű nagytáj, a Dunai Alföld (13. ábra) és a Tiszai Alföld (14. ábra) vízgazdálkodási talajtulajdonságainak térképét is bemutatjuk (Várallyay, 2004).

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságain kívül természetesen szükség van a talaj vízmérlegének, illetve a vízmérleg 15. ábrán bemutatott elemeinek kvantitatív ismeretére is. Ettől ma még távol vagyunk, de kutatásainkkal erre törekszünk. Jelenlegi ismereteink alapján a talaj 11 vízháztartási típusát és 13 anyagforgalmi típusát határoztuk meg és definiáltuk, s megszerkesztettük e kategóriák tematikus térképeit (Várallyay, 1985). A vízháztartási típusok vázlatos térképét mutatjuk be a 16. ábrán.

A TALAJ, MINT HAZÁNK LEGNAGYOBB TERMÉSZETES VÍZTÁROZÓJA

A szélselyes csapadékviszonyok, a gyakran előforduló szélsőséges vízháztartási helyzetek és a változatos domborzat miatt biomassza-termelési, mezőgazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt megkülönböztetett jelentősége van a *talaj vízraktározó képességének*.

Adataink alapján tényszerűen bizonyítható, hogy *a talaj hazánk legnagyobb kapacitású – potenciális – természetes víztározója* (Várallyay, 2007b, 2008b; Várallyay – Farkas, 2008). Jól mutatják ezt az alábbi – becült és jelentős mértékben ingadozó – szám adatok

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

– a Balaton víztömege: 1,5–2 km³;

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

– *a talaj felső egy méteres rétege potenciálisan mintegy 40 km³ víz befogadására és 25–30 km³ víz raktározására képes*. Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, 40–45%-a pedig „hasznosítható víz”, amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre.

Míndez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék mintegy kétharmada (!) egyszerre „beleferne” a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná

– a talaj tározóterének kisebb-nagyobb mértékű vízzel telítettsége (mint pl. 2000 tavaszán a csapadékos 1999. évi őszt követően): „tele edény effektus”;

– a felszíni rétegek fagyott volta: „befagyott edény effektus”;

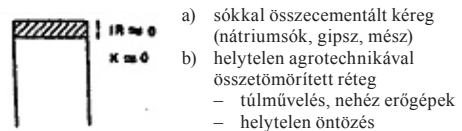
– a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló közel víztáneresztő, igen lassú víznyelésű réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a víz talajba szivárgását, a talaj nedvességtároló terének feltöltését: „ledugaszolt edény effektus”.

Ez utóbbi főbb eseteit mutatjuk be vázlatosan a 17. ábrán.

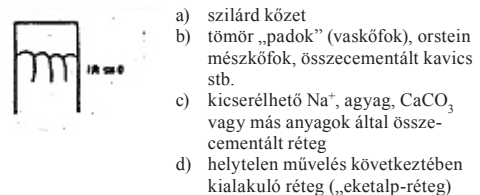
A felsorolt esetek nagyon gyakoriak a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú, valamint szikes talajain. Ezek a talajok gyakran még rövidebb-hosszabb ideig tartó hóolvadás, sok vagy nagy intenzitású csapadék miatti felszíni vízborítás alatt sem áznak be mélyen és egyenletesen, s nem „használgják ki” felső egy méteres rétegük potenciális vízraktározó képességét. Ennek egyenes következménye azután, hogy – nagy területeken – a belvizek természetes „eltűnése” (elfolyás, párolgás) vagy mesterséges – gyakran meggondolatlan, s csak a felszíni vízborítás gyors elvezetését szem előtt tartó – „eltűntetése” után a csapadékszegény (sőt esetleg gyakorlatilag csapadéktelen) nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tárolt csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek tekin-

17. ábra

A) Vízátneresztő réteg (kéreg) a talaj felszínén



B) Sekély beázási réteg (kis vízraktározó képesség)

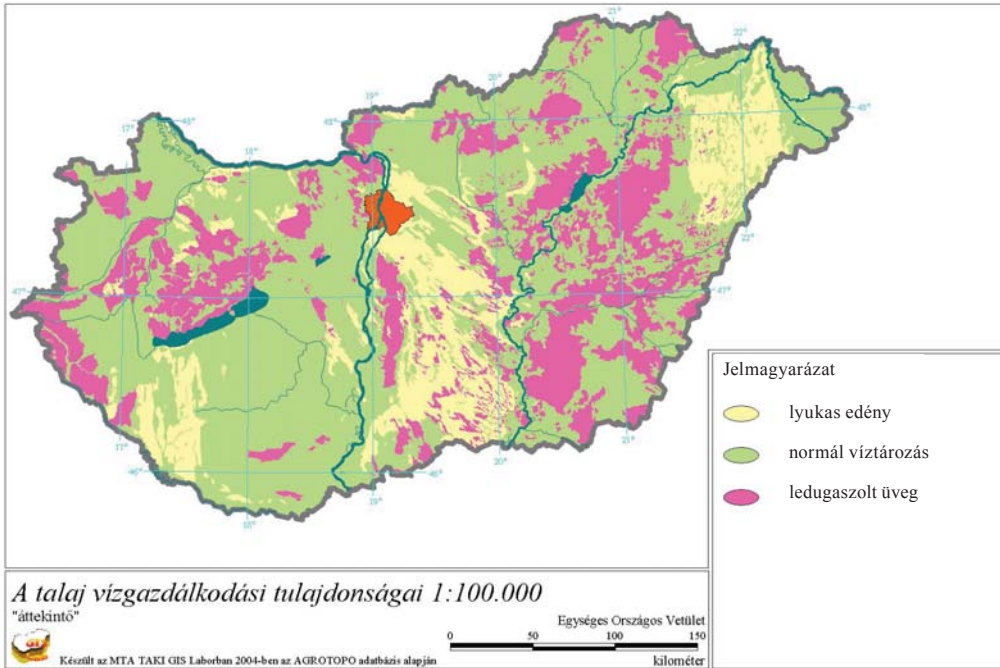


⇒ Szélsőséges vízgazdálkodás

túlnedvesedés, aerációs problémák
belvízvesztés
felszíni lefolyás, vízeróziós károk
aszály- (szárazság) érzékenység

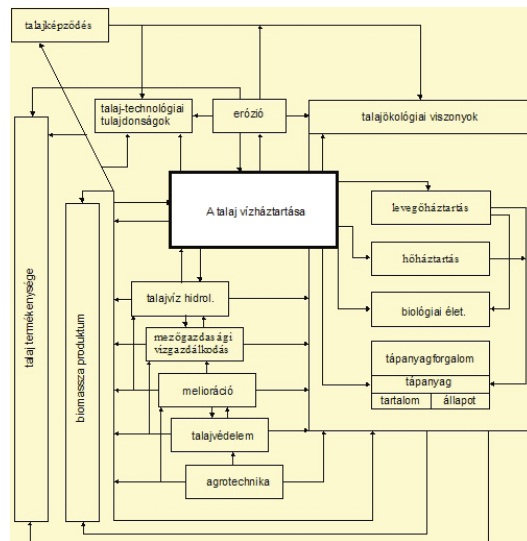
**A víz talajba szivárgását gátló tényezők
(„ledugaszolt edény effektus”)**

18. ábra



A talaj potenciális vízraktározó képességének korlátai

19. ábra



A talaj vízgazdálkodásának talajtani és környezeti összefüggései és befolyásolásának lehetőségei

télyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek. Ez a „vízháztartási szélsőség” sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek, ami a prognosztizált klímaváltozások esetén csak súlyosbodni fog.

A talaj aszályérzékenységéhez – ugyan-csak jelentős területeken – a talaj vízraktározó képességének egy másik korlátozó tényezője is hozzájárul. Könnyű mechanikai összetételű, laza homoktalajokon ugyanis be tud ugyan szivárogni a felszínre jutó víz a talajba, de a víz csak „átszalad” a talajszelevényen, s a talajban visszatartott kis hasznosítható vízkészlet teszi a talajt aszályérzékenyebbé: „lyukas edény effektus”.

A talaj vízháztartását befolyásoló (gyakran meghatározó) „effektusok” vázlatos térképét mutatjuk be a 18. ábrán. A „ledugaszolt effektus” a 6., 7. és 9. vízgazdálkodási kategóriák talajaira, a „lyukas edény effektus” az 1. és 2. kategóriák talajaira jellemző elsősorban.

Mindezek alapján egyértelműen megállapítható, hogy távolról sem mindegy, hogy a talaj pórustere, ez a hatalmas potenciális természetes nedvesség-tározótér mennyire használható ki, mennyire tud – különböző forrásokból – feltöltődni, s vízkészlete mennyire hasznosítható. Ennek annál nagyobb a jelentősége, minél szélsőségesebb a klíma, illetve az időjárás. Ilyen esetekben ugyanis egy-egy hirtelen, nagy intenzitású zápor, vagy csapadékos periódus során a talajba szivárgó, s ott hasznosan tározódó vízkészlet, vagy a jó minőségű talajvízből történő kapilláris vízutánpótlás csak viszonylag rövid csapadékmentes, aszályos időszakra képes a növényzet (természetes és agro-ökoszisztémák) vízigényét többé vagy kevésbé kielégíteni. Nem véletlen, hogy a szélsőséges időjárási viszonyok, egy-egy pusztító árvíz, belvív vagy aszály esetén a talaj (vízraktározó képességének) szerepe mindig felértékelődik, s a társadalmi érdeklődés és aggodás homlokterébe kerül, míg optimális vízellátás esetén gyakran elfelejtődik vagy háttérbe szorul. A történelem szemléletesen igazolta, hogy a talajtani tudomány fejlődésének mindig egy-egy ilyen időjárási katasztrófa adott

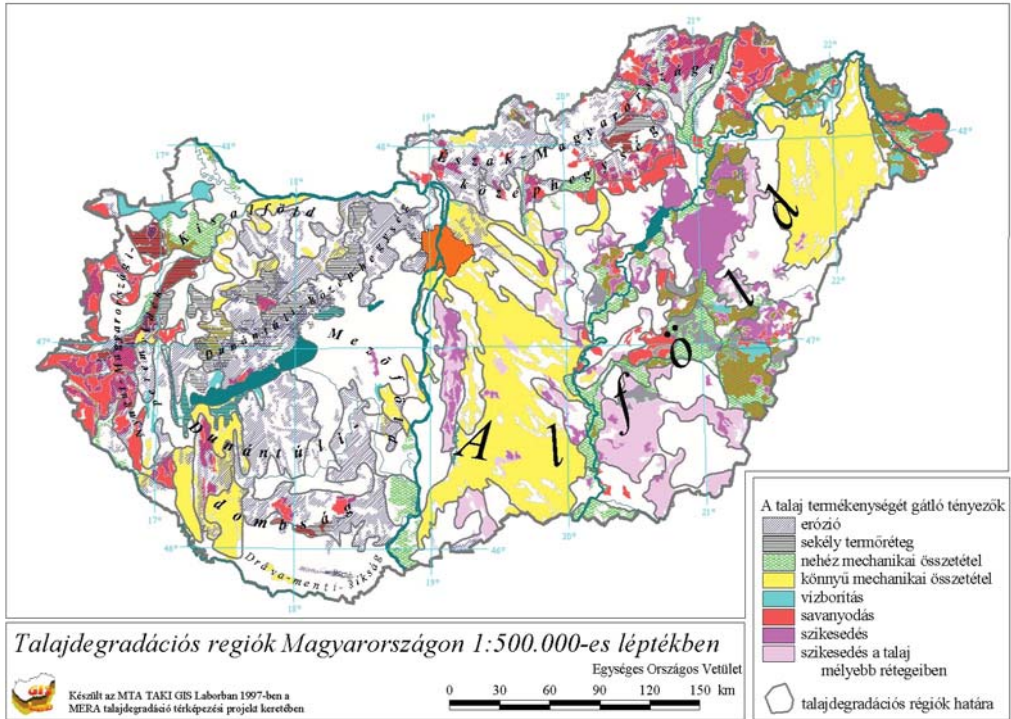
lökést. Kezdetről fogva, az egymást követő száraz vagy nedves évek halmozódó hatására reagálva mind a mai napig; sőt a globális klímaváltozás prognosztizált jövőbeni időjárási szélsőségeiig.

De ugyanezt fejezi ki a növénytermesztésben tapasztalt enyhébb vagy súlyosabb „évjáráthatás” is. Az azonos mértékű „éghajlati aszály” merőben más ökológiai következményekkel jár gyenge vízbefogadó vagy víztartó képességű (a talaj potenciális víztározó terét csak részben hasznosító) talajokon, mint jó vízbefogadó és víztartó képességű talajokon: állománypusztulás, illetve kisebb mértékű termésnövekedés. S ha a talaj fizikai féleségén nem is tudunk változtatni, de szerkezeti állapotán, tömődöttségén, vízbefogadó és víztartó képességén igen! Nem lehet tehát elégszer hangsúlyozni, hogy a fenntartható és biztonságos (!) biomassza-termelés kulcskérdése a talaj vízháztartásának hatékony szabályozása (Várallyay, 2008b; Csete – Várallyay, 2004; Harnos – Csete, 2008; Láng et al., 2007; Birkás – Gyuricza, 2004).

A TALAJ VÍZGAZDÁLKODÁSA ÉS A TALAJTERMÉKENYSÉG

A talaj vízgazdálkodása meghatározza a talaj levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyag-gazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira, meghatározva ezzel egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, optimális időpontját, illetve lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj, az ökoszisztéma, vagy a terület a környezet „stresszhatásait” milyen mértékig képes pufferni, s melyek a tűrési határt meghaladó „terhelés” esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni vagy felszín alatti vízkészletekben várhatóan bekövetkező károsodások rövid vagy hosszú távon, az adott területen vagy annak környezetében (Csete – Várallyay, 2004; Várallyay, 2004b, 2005a,c). Ezen összefüggéseket mutatjuk be a 19. ábrán.

20. ábra



A talaj termékenységét gátló tényezők és talajdegradációs folyamatok Magyarországon

Az ország agroökológiai potenciálját meghatározó tényezők, valamint a talaj termékenységét korlátozó *talajdegradációs folyamatok* (víz vagy szél okozta erózió; savanyodás; szikesedés; talajszerkezet leromlása, tömörödés; nedvességforgalom szélsőségesé válása; növényi tápanyagok és szennyező anyagok biogekémiai körforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása; pufferkapacitás csökkenése; biodiverzitás és talajélet csökkenése) közvetlenül vagy közvetve ugyancsak a talaj vízháztartásával kapcsolatosak, annak okai vagy következményei (20. ábra).

A talaj szárazodása – fenti összefüggések alapján – változatos és jelentős hatást gyakorol a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatokra: abiotikus és biotikus transzportra és transzformációra.

Néhány példa erre vonatkozóan:

(1) Szervesanyag-forgalom.

A kedvezőtlen vízellátás csökkenti az ökoszisztémák felszíni és felszín alatti biomasszaproduktumát. Ez nemcsak kisebb terméshozamot, hanem kevesebb talajban visszamaradó (vagy oda visszajuttatott, vagy visszajuttatható) növényi maradványt is jelent. Ezek a szárazabb körülmények közötti aerob folyamatok dominanciája miatt gyorsabban bomlanak → csökken(het) a talaj szervesanyag-tartalma, mérséklőd(het) az ökoszisztéma C-nyelő (carbon sink) funkciója.

(2) Biológiai tevékenység.

Szárazodás hatására átalakul a bióta fajösszetétele, szűkül fajspektruma, csökken(het) a biodiverzitás. Ennek valamennyi hátrányával vagy éppen előnyével (bizonyos káros folyamatokért felelős szervezetek

visszaszorulása bizonyos kedvező folyamatokért felelős szervezetekkel szemben) együtt. A „kedvező” és „kedvezőtlen” hatások megítélése „termőhely-specifikus” és időben is változó.

(3) Erózió.

A kevesebb lehulló csapadék miatt a víz-eróziós veszélyeztetettség csökken(het), ha nem ellensúlyozza ezt a csökkenést a nem megfelelő vízellátás hatására csak gyengébb fedettséget biztosító növényállomány kisebb talajvédő hatása; illetve ha a kisebb mennyiségű csapadék nem nagyintenzitású „erózió” záporok formájában hull, vagy zúdul lejtős területekre.

A szárazabb felszín (különösen ha a gyengébb vízellátás gyébrebb növényborítottsággal is jár) növeli a széleróziós kártétel kockázatát, különösen kialakulatlan vagy leromlott szerkezetű, elporosodott felszínű talajok esetében.

(4) Sófelhalmozódás/szikesedés.

A szárazabb körülmények közötti fokozott párolgás gyorsítja a talajoldat betöményedését, növeli annak sókoncentrációját és a jobban oldódó vegyületek irányába tolja el ionösszetételét. A kevesebb csapadéknak csökken, sőt megszűnik kilúgzó hatása. A két folyamat együttesen súlyosbítja a sófelhalmozódás kockázatát, növeli annak valószínűségét, intenzitását.

Azokon a területeken azonban, ahol a szikesedés fő Na-só forrását a felszín alatti vizek képezik (pl. a Magyar Alföldön is), a szárazodás miatti fokozott párolgás a talajvizet is „megcsapolhatja”, ami természetesen talajvízszint-süllyedéssel jár. A mélyebbre süllyedő talajvízből viszont nincsen vagy csökken a talajvízszint feletti rétegekbe irányuló kapilláris víz- és oldattranszport, mérséklődik a talajvízből történő sófelhalmozódás és szikesedés veszélye. Sőt „sziktelenedési” folyamat is előfordulhat, mint ahogy ez a Kiskunság néhány szikes területén be is következett.

Előállhat természetesen a két fenti folyamat egyensúlyi helyzetet eredményező párhuzamos előfordulása is (Várallyay, 2003, 2004, 2005c).

A TALAJ VÍZHÁZTARTÁS-SZABÁLYOZÁSA, MINT KÖRNYEZETVÉDELMI BEAVATKOZÁS

A szélsőséges vízháztartási helyzetek „kezelésének” alapvetően két lehetősége van.

a) Az egyik a *bekövetkezés kockázatának csökkentése*:

- megfelelő és időben történő felkészülés („preparedness);
- időbeni riasztás („early warning”);
- előrejelzés, prognózis („forecast”);
- megelőzés, prevenció.

b) A másik a bekövetkezett események okozta *károk mérséklése*:

- elhárítás, védelem;
- bekövetkezett károk mérséklése;
- kártalanítás.

Természetesen mindent meg kell tenni az (a) intézkedések érdekében, hogy minél ritkábban legyen szükség a (b) tevékenységek kényszerére. Ez egyszerűbb, olcsóbb, kisebb fájdalommal és veszteséggel jár, s kevesebb a kedvezőtlen gazdasági, környezeti, társadalmi mellékhatása is (Harnos – Csete, 2008; Láng et al., 2007; Várallyay, 2003, 2008a).

A talaj nedvességforgalmának szélsőségei az élet minden frontján komoly zavarokat, sőt katasztrófákat okozhatnak. A víz, mint stratégiai hiánycikk nemcsak szomjúságot, hanem éhínséget és kellemetlen környezetet is jelent! Ezért a prognosztizált klímaváltozások vízforgalmi hatásai és azok „kezelése” joggal érdemelnek kiemelt prioritást a fenntartható fejlődés megoldandó feladatai között.

A talaj zavartalan funkcióit biztosító *vízháztartás-szabályozási beavatkozások* egyaránt a talaj potenciális vízraktározó képességének minél teljesebb körű kihasználását célozzák. Azt, hogy

- a felszínre jutó víz minél nagyobb hányada jusson a talajba (felszíni lefolyás és párolgás csökkentése);
- a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjon a talajban (vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);

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

Ezek legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 3. táblázatban, bemutatva, hogy a *talaj-vízháztartási beavatkozások* túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is (Várallyay, 2003, 2005c).

A felszínre jutó víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tározásának elősegítése eredményesen járul(hat) hozzá az időjárási szélsőségek káros hatásainak tompításához, a szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) kockázatának (valószínűségének, gyakoriságának, tartamának, mértékének) csökkentéséhez, kedvezőtlen gazdasági,

3. táblázat

A talajvízháztartás szabályozásának lehetőségei, módszerei és környezeti hatásai

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

Kedvező környezeti hatások	Kedvezőtlen környezeti hatások
<p>Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése</p> <ol style="list-style-type: none"> Víz okozta talajerózió; talajfolyás Másodlagos szikesedés Láposodás, vizenyősödés, belvízvesztés Aszályérzékenység, repedezés Kijuttatott tápanyagok <ol style="list-style-type: none"> bemosódása (→ felszíni vizek eutrofizációja) kilúgzódása (→ felszín alatti vizek) immobilizációja Fitotoxikus anyagok képződése Biológiai degradáció Árvízvesztés a vízgyűjtőterületen 	<ol style="list-style-type: none"> Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás) Tápanyag-kilúgzódás Szárazságérzékenység

környezeti, ökológiai és társadalmi következményeinek elhárításához, megelőzéséhez.

A talaj vízgazdálkodásának tudományosan megalapozott szabályozása a fenntartható fejlődés nélkülözhetetlen eleme. Azt sem egy környezetvédelmi, sem egy vízgazdálkodási, sem egy agroökológiai, sem egy mező-

gazdaság-fejlesztési, sem egy agrár-környezetvédelmi program nem nélkülözheti. Az ezek érdekében végrehajtandó intézkedések megfogalmazása és hatékony megvalósítása össz társadalmi érdek, amely csak a társadalom egészének tenni akaró aktív közreműködésével (szemlélet, morál) valósítható meg eredményesen.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BIRKÁS M. – GYURICZA Cs. (szerk.) (2004): Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. SZIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft., Gödöllő (2) CSETE L. – VÁRALLYAY Gy. (szerk.) (2004): Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). „AGRO-21” Füzetek. 37. (3) HARNOS Zs. – CSETE L. (szerk.) (2008): Klímaváltozás: környezet–kockázat–társadalom. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest (4) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (5) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest (6) LIGETVÁRI F. (szerk.) (2006): Felmelegedés és vízeink (válogatott írások). Környezetgazdák Kiskönyvtára. Agroinform Kiadó, Budapest, 238 p. (7) MAGYARORSZÁG NEMZETI ATLASZA, 1989. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest (8) OMSZ (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest (9) PÁLFAI I. (2005): Belvizek és aszályok Magyarországon (Hidrológiai tanulmányok). Közlekedési Dokum. Kft., Budapest (10) PÁLFAI I. (2007): Éghajlatváltozás és aszály. „KLÍMA-21” Füzetek. 49. 59–65. pp. (11) SOMLYÓDY L. (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest (12) VARGA-HASZONITS Z. ET AL. (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. NYME Mezőgazdaság-és Élelmiszertudományi Kar, Matematika–Fizika Tanszék, Mosonmagyaróvár (13) VÁRALLYAY Gy. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan, 34. 267–298. pp. (14) VÁRALLYAY Gy. (1988): Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékenységének tényezője. Vízügyi Közlemények. 70. (3) 46–68. pp. (15) VÁRALLYAY Gy. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály. Budapest–Gödöllő (16) VÁRALLYAY Gy. (2004): A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. „AGRO-21” Füzetek. 37. 50–70. pp. (17) VÁRALLYAY Gy. (2005a): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. Agrokémia és Talajtan, 54. 5–24. pp. (18) VÁRALLYAY Gy. (2005b): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. In: Németh T. (szerk.): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. MTA TAKI, Budapest, 15–30. pp. (19) VÁRALLYAY Gy. (2007a): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. In: Orsz. Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Balatonfüred, 2007. okt. 15–17. Tanulmánykötet. MTESZ, Székesfehérvár, 125–135. pp. (20) VÁRALLYAY Gy. (2007b): A talaj, mint legnagyobb potenciális természetes víztározó. Hidrológiai Közöny. 87. (5) 33–36. pp. (21) VÁRALLYAY Gy. (2008a): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. In: „KLÍMA-21” Füzetek 52. 57–72. pp. (22) VÁRALLYAY Gy. (2008b): Talaj–víz kölcsönhatások a klímaváltozás tükrében. In: Talajvédelem különszám. (Talajtani Vándorgyűlés, Nyíregyháza, 2008. május 28–29.) Talajvédelmi Alapítvány, Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, 17–32. pp. (23) VÁRALLYAY Gy. – FARKAS Cs. (2008): A klímaválto-

zás várható hatásai Magyarország talajaira. In: Harnos Zs. – Csete L. (szerk.): Klímaváltozás: környezet–kockázat–társadalom. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 91–129. pp. (24) VÁRALLYAY GY. ET AL. (1979): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. Agrokémia és Talajtan. 28. 363–384. pp. (25) VÁRALLYAY GY. ET AL. (1980a): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. Agrokémia és Talajtan. 29. 35–76. pp. (26) VÁRALLYAY GY. ET AL. (1980b): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan. 29. 77-112. pp.

SZÁRAZODÁS, ASZÁLY ÉS A NÖVÉNYTERMELÉS

JOLÁNKAI MÁRTON – BIRKÁS MÁRTA

Kulcsszavak: klímaváltozás, aszály, növénytermelés, talajművelés.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az élelmiszer-ellátás biztonságának alapja a mezőgazdasági termelés, ezen belül is a növénytermelés produktuma. A termőhelyi viszonyok nagymértékben meghatározzák a növénytermelési tevékenység feltételeit, és ezen belül a jövőben nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás jelentősége fokozódik. Az alkalmazkodás elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodásra kényszerít. A talajhasználat tökéletlenségei, a hiányos művelés, trágyázás vagy növényvédelem a klimatikus tényezők kedvezőtlen hatását fokozhatja, növelve a veszteségeket. A dolgozat a növénytermelés klímaváltozással kapcsolatos feladatainak áttekintésével kíván hozzájárulni az élelmiszer-ellátás biztonságához.¹

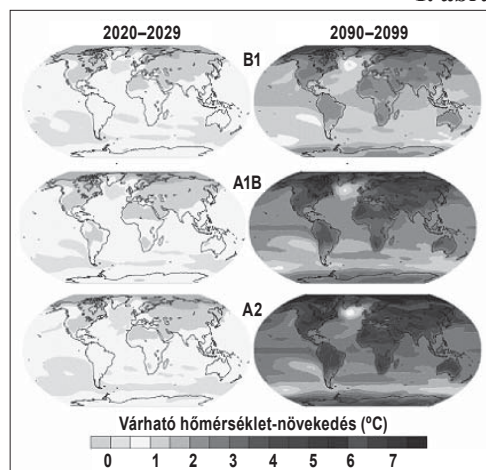
BEVEZETÉS

A megfelelő élelmiszer-ellátás és -biztonság alapja a mezőgazdasági termelés, ezen belül is a növénytermelés produktuma. A termőhelyi viszonyok nagymértékben meghatározzák a növénytermelési tevékenység feltételeit. Az éghajlat erőforrás, mégpedig az egész emberiség legjelentősebb erőforrása, amelyet hasznosítani lehet, de egyúttal az éghajlat magában foglal olyan tényezőket is, amelyek többféle szempontból is kockázati elemet jelenthetnek.

A klímaváltozás hatásainak kezelése során támaszkodni szükséges egyrészt a megelőző hazai kutatások (VAHAVA, KLIMAKKT, KLÍMA-05) anyagára, valamint az IPCC A2 scenáriójának Magyarországra vetített adataira. Mint az 1–2. ábra hőmérsékleti és csapadéktérképei szemléltetik, hazánkban

e scenárió szerint 3–3,5 °C hőmérséklet-emelkedéssel – amely a Dunántúlon kisebb, az Alföldön nagyobb mértékű –, illetve csaknem változatlan -5, +5%-os csapadékmennyiséggel lehet számolni. Ennek terü-

1. ábra

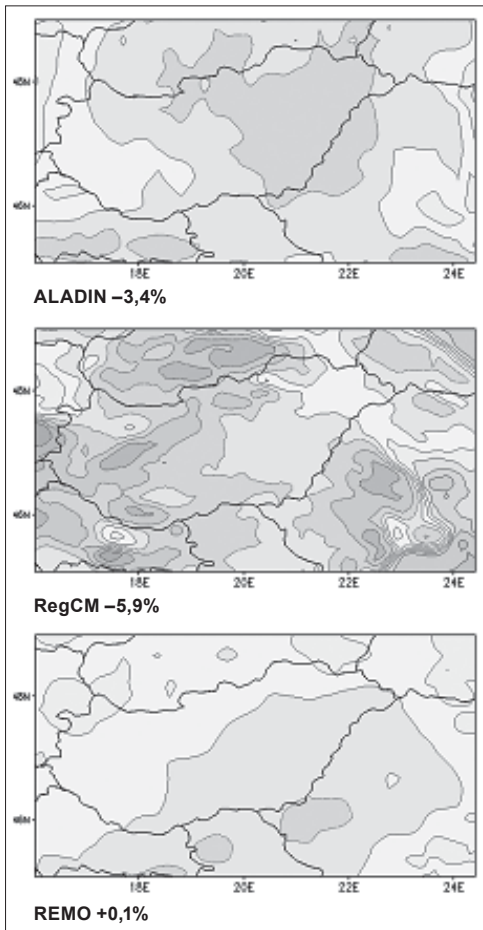


Scenáriók a hőmérséklet alakulására

Forrás: Bartholy et al., 2009

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

2. ábra



Szcenáriók a csapadék alakulására

Forrás: Bartholy et al., 2009

leti megoszlása ugyancsak a Dunántúlnak kedvez, az Alföldön változatlan, és az északi országrész egy kisebb területén szerény csapadékcsökkenést mutat. Összességében a hőmérséklet növekedése és a lényegében változatlan csapadék együttesen szárazodást jelent. Ezzel szükséges számot vetni a mezőgazdasági termelésben.

A növénytermelés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje bővíti, illetve korlátozza. Az alkalmazkodás elsősor-

ban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodásra kényszerít. A talajhasználat tökéletlensége (hiányos művelés, trágyázás vagy növényvédelem) esetén a klimatikus tényezők kedvezőtlen hatása fokozottabb, és a veszteség nagyobb. Az aszálykárok elsődleges oka a csapadékhiány, belvízkárok viszont akkor keletkeznek, ha a csapadék adott helyen jelentősen több a szokásosnál. A kár mértékét a talaj nedvességtartalmán és nedvességforgalmán keresztül mindkét esetben befolyásolja a talaj használata. Az aszályhatást befolyásoló legfontosabb talajhasználati elemek: a talajok fizikai és biológiai állapota; növény- és állománysűrűség; növényi sorrend és vetésváltás; a talajok tápanyagellátottsága, a trágyázás; kémiai talajhibák, melioráció; gyomok, kártevők, kórokozók és a növényvédelem; eszközválaszték és -használat. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a tartós szárazság kára kimutathatóan súlyosabb a fizikai és biológiai állapotukban leromlott, tápanyagban elszegényedett talajokon. Kimutatható, hogy a talajok jó fizikai és biológiai kondíciója jó esélyt ad a termőhely aszálytűrő képességének növeléséhez. A vizsgálat fontos konklúziója, hogy a talajhasználati tényezők módosításával – talajszerkezet-kimélés, alkalmazkodó talajművelés és növényi sorrend, okszerű trágyázás – a káros aszályhatás megbízhatóan enyhíthető.

A KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS NÖVÉNYTERMELÉS

A talajhasználat

A talajhasználat hatása kedvező, ha a termőhelyhez és a közgazdasági körülményekhez adaptált növények termelése folyamán a környezet hosszabb időszak alatt sem károsodik. A termelési rendszer termőhelyi viszonyokhoz – különösen a talajhoz és a klímához – való alkalmatlansága a gazdálkodási veszteségek mellett környezeti kárhoz vezet. A növénytermelés biztonsága a klimatikus vagy az edafikus tényezők romlása esetén is

megrendül, ha a talajhasználat nem alkalmazkodik a változásokhoz. Ezért nem maradhat ki a talajhasználat a klimatikus szélsőségekkel összefüggő károk vizsgálatából.

A Magyarországon alkalmazott talajhasználati módok elkülönítésére választott tényezők (növény, természettség, termés, trágyázás, gyomirtás, kémiai terhelés, eszközsztint, energiaráfordítás, szakértelem, talajművelés, környezeti kár) közé tartozik a környezeti hatás értékelése is. A természetési, gazdasági és környezeti tényezők alapján, a kezdetektől hét talajhasználati mód különíthető el, időrendben is, úgymint korai extenzív, hagyományos, korai intenzív, modern intenzív, integrált, modern extenzív és ökológiai. A kedvezőtlen klimatikus hatások bizonyos természetési módszerekkel való enyhítése, bár különböző szinten, a négy utóbbiban mutatható ki.

A száraz időszakok hatása

Az aszály a csapadék hiányával összefüggő agronómiai jelenség, amelyben a tartós vízhiány válik a növénytermelés elsődleges korlátozó tényezőjévé. A hidrometeorológiai szélsőségek gyakorisága folytán több az aszályos év, mint az átlagos, vagy a csapadékos. A csapadékhiány arányának, idejének és tartamának adatai alapul szolgálnak a várható kár becsléséhez és a kárenyhítés módszereihez. Ha az októbertől a következő szeptemberig lehullott csapadék összege legalább 20%-kal kevesebb a sokévi átlagnál,

aszályos évről beszélünk. A termésveszteség ekkor bármely vetésidejű növénynél jelentkezhet. Ugyanakkor a művelési idényekben, ha a kevesebb csapadék eloszlása nem szélsőséges, a talaj előkészítése csak szakszerűtlenség esetén nehezebb. Ilyenkor a művelési hiba eredetű talajállapotkár keletkezésének is kisebb a valószínűsége (3. ábra).

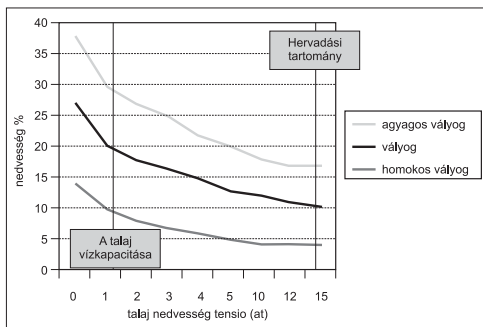
Az aszálykár és a talajhasználat összefüggései

Az aszálykárok okai között a csapadékhiány az elsődleges tényező. A kár mértékét azonban a talaj nedvességtartalmán és nedvességforgalmán keresztül befolyásolja a talaj használata. A vizsgálandó tényezők a következők: 1. A talajok fizikai és biológiai állapota; 2. Növény- és állománysűrűség; 3. Növényi sorrend, vetésváltás; 4. A talajok tápanyag-ellátottsága, trágyázás; 5. Kémiai talajhibák, melioráció; 6. Gyomok, elgyomosodás, gyomkorlátozás; 7. Kártevők, kórokozók, növényvédelem; 8. Eszközválaszték, alkalmazkodóképesség.

A belvíz kialakulása – közvetlen és közvetett károk

Magyarország a Föld egyik legzártabb medencéje legmélyén helyezkedik el, emiatt a lefolyástalan vagy előténnek kitett területek aránya nagy, s a nagy folyók vízjárása az országban kívüli hidrometeorológiai körülményeknek megfelelően szélsőséges. Hidrológiai kutatási adatok szerint az ország területének 52%-át veszélyeztetik változó mértékű és gyakoriságú belvizek. A veszélyeztetés a szántóföldekre is kiterjed. Ismert, hogy a talajok 46%-a a vízforgalom szempontjából kedvezőtlen, emiatt az ismétlődő vízkár hozzávetőlegesen 1 millió hektáron veszélyezteti a növénytermelés biztonságát. Az ország talajainak 34,8%-a érzékeny a degradációra és a tömörödéssel, ugyanakkor 13,9%-a nem, 23%-a gyengén, 28,3%-a pedig mérsékelten érzékeny. Ez azt jelenti, hogy ésszerűtlen talajhasználat, valamint a talajon járást és mű-

3. ábra



Különböző talajtípusok vízgazdálkodása

4. ábra

A természetileg rossz szerkezetű talajok kivételével a jellemző folyamat – morzsásodás, rögösödés, porosodás – és a várható kár megítélése.					
	%	rög: ≤10%, morzsa: ~80%, por: ≤10%	rög: 10–20%, morzsa: 50–70%, por: 10–20%	rög: 10–20%, morzsa: 30–50%, por: 30–50%	rög: 20–30%, morzsa: ~30% por: 30–50%
A rög:morzsa:por arány	10				
	20				
	30				
	40				
	50				
	60				
	70				
	80				
	90				
	100				
A talaj érzékenysége		mérsékelt	mérsékelt-közepes	közepes-nagy	nagy
Káros klímahatás		gyenge	közepes	erős	igen erős

A talajok klímaérzékenységének összefüggései

velést nehezítő csapadékos időjárás esetén fizikai állapotromlás (elsősorban tömörödés) következhet be a talajok legalább 35%-án, és a kár kiterjedhet a talajok 63%-ára (4. ábra).

A szántóföldeket sújtó vízkárok természeti és mesterséges (talajhasználatról függő) eredetűek. A szántóföldi növénytermelés igényeinek a talajok vízgazdálkodása akkor felel meg, ha a talajra jutó csapadékvíz nagyobb hányada a talajba jut anélkül, hogy hosszabb utat tenne meg, vagy pangana a felszínen. Ezen túl a vízkapacitáson felüli, a növénytermelés szempontjából káros felszíni és felszín alatti nedvességtöbblet kialakulása megelőzhető, vagy a növények tűrőképességén belül megszüntethető.

A termény minősége

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. Természetesen a minőség fogalmába számos olyan értékmérő is beletartozik, amelyek egyrészt

a termőhely, másrészt az időjárás hatása alatt változhatnak. Általánosságban megállapítható, hogy a terményminőség – természetesen csökkent mennyiség mellett – az aszályosabb években jobb. Extrém időjárási viszonyok között azonban a minőség is romlik. Klasszikus esete ennek az 1999. év, amikor az aszályos tavaszt csapadékos nyár követte, aminek következtében mind a termésmennyiség, mind a -minőség negatív rekordot döntött. A betakarításkori csapadék különösen a Hagberg esésszám csökkenését okozhatja.

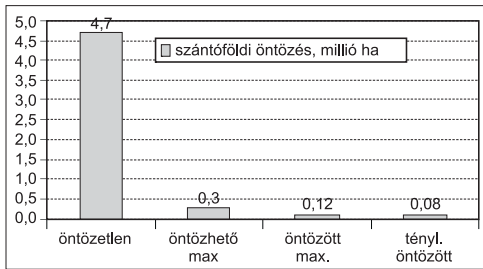
Az élelmiszer-biztonság

Az élelmiszer-biztonság kérdésköre kettős: egyrészt a megtermelt élelmiszerek mennyiségét, a termésbiztonságot és stabilitást, másrészt a megtermelt és előállított élelmiszerek minőségét, egészségi és higiénés állapotát, szállíthatóságát és tárolhatóságát jelenti. A klímaváltozás körülményei között mindkét terület kutatása, annak alapján alkalmazkodási stratégiák és módszerek kialakítása szükséges.

Az öntözés

Magyarországon a szántóföldi öntözéses gazdálkodás sohasem látott mélyponton van.

5. ábra



A szántóföldi kultúrák öntözése Magyarországon

Forrás: FVM, 2006

Ennek oka kettős: egyrészt gazdasági eredetű, hiszen az öntözés nagy beruházás-igényű és egyszerűen nagy forgatóke-igényű tevékenység, ami az adott agrárgazdasági viszonyok között nem áll a termelők rendelkezésére. Magyarországon ma, számos ok folytán, előtérbe került a kalászos gabonák termelése, ami technológiailag akár szerencsésnek is lenne mondható, azonban aránytalanná teszi a vetésszerkezetet. A kalászos gabonák öntözési reakciója kicsi, általában hazánk klimatikus viszonyai között nem tartoznak az öntözött kultúrák közé. A gabonanövények közül egyedül a kukorica az, amelynek kiváló öntözési reakciója van. A többi jó reakciójú szántóföldi kultúra, pl. a burgonya és a cukorrépa termelése az elmúlt évtizedben mintegy felére csökkent. Magyarországon relatíve szerény az öntözhető terület. Az öntözhető terület felső határa mintegy 300 ezer ha-ra tehető. Ehhez képest öntözőberendezéssel ellátott, vagy legalábbis öntözésbe esetlegesen bevonható terület mindössze 120 ezer ha körül volt az országban (5. ábra). Az öntözéses gazdálkodásnak két szintjét lenne célszerű kialakítani: az egyik az öntözéses gazdálkodási mód bevezetése öntözőtelepek, öntözőfűrtök kialakításával. A másik az időszakos öntözési módokra való felkészülés, amelybe beletartozna az egyébként nem öntözéses gazdálkodást folytató kis- és nagyüzemek idenyen kívüli öntözési tevékenysége, valamint az aszályelhárító, -megelőző kisadagú öntözések alkalmazása.

Természet- és környezetvédelem

A klímaváltozás esetleges következményei számos olyan problémát vetnek fel, amelyek megoldására országosan is, regionálisan is megoldást kell keresni. A VAHAVA program kiemelt jelentőséget tulajdonított a természetvédelemmel kapcsolatos lehetséges problémaköröknek.

Hazánk nemzeti parkjai, Natura 2000 védettségű területei, illetve egyéb jogszabályi védelmet élvező természeti területei a klímaváltozás által veszélyeztetettek. Ezek védelme mellett, hogy törvényben szabályozott kötelességünk, személyes és állampolgári érdekünk is, hiszen olyan természeti értékekről van szó, amelyek nélkül valószínűleg Magyarország nem lenne az, ami (Pl. Gemenc, Bugac, Kiskunság stb.). A problémák megoldásában a legnagyobb lehetősége a mezőgazdaságnak, ezen belül is a növénytermelésnek van. Abból a tényből kiindulva, miszerint a magyarországi ökológiai területek 83%-a egyúttal agroökológiai terület is, így a felsorolt problémakörök mindegyike szorosan kapcsolódik a növénytermelési, és részben az erdészeti tevékenységhez.

A növénytermelés feladatai

A gazdálkodó szintjén szükséges intézkedések, amelyek képesek megelőzni, vagy enyhíteni a klímaváltozásból fakadó kedvezőtlen hatásokat – fontossági sorrend nélkül – a következők: a birtokviszonyok rendezése, a földnyilvántartások ellenőrzése, karbantartása; gazdálkodók számára világos és legalább középtávon stabil gazdaságpolitika (állami prioritások megfogalmazása, működtetési rendszerek kialakítása); országos szaktanácsadási és monitoring-hálózatok üzemeltetése, és a gazdálkodók azokba történő integrálása.

A gazdálkodók szintjén számos biológiai, termelési és technológiai fejlesztést célszerű elvégezni. Ezek: a klimatikus viszonyokhoz jobban alkalmazkodó stressztűrő növényfajták használata, víztakarékos és talajvédő földművelési módszerek alkalmazása, a

gazdaság természeti adottságainak megfelelő erő- és munkagépek vásárlása.

A regionális fejlesztési koncepciók klímaváltozással kapcsolatos tényezői. Megyei és regionális agrárszervezetek megerősítése és azok állami koordinációja. A helyi gazdálkodók és önkormányzatok kezdeményezéseinek támogatása. A regionális fejlesztésekben szükséges a természeti, a környezeti, a gazdasági és a társadalmi tényezők egyensúlyban tartása. Fokozottabb szükség lenne a helyi növénytermelési hagyományok figyelembe vételére, a hagyományos növényi kultúrák és vetésszerkezetek 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 régiókkal történő egyeztetés és a teendők, stratégiák összehangolása is.

A szakképzés, szaktanácsadás, felvilágosító munka. Magyarországon a növénytermesztés oktatási, szaktanácsadási vertikuma létezik, azonban annak koordinációja, működési feltételei esetenként problematikusak. A legnagyobb gondot az alap- és középfokú szakképzés, valamint a teljes vertikumot érintő gyakorlati képzés, szaktanácsadás és tájékoztatás jelenti.

Szükséges a régiók középfokú intézményeinek megerősítése, azok helyi és speciális szakmai funkcióinak rehabilitálása. Ugyan-

csak szükséges lenne a felsőfokú képzés racionalizálása is. Az egyetemek 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 szemléletű revíziója, az ilyen nézeteket terjesztő szervezetek és intézmények állami támogatásának felülvizsgálata.

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

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BIRKÁS M. – JOLÁNKAI M. – KISIC I. – STIPESEVIC B. (2007): Soil tillage needs a radical change for sustainability. In: Koprivanac, N. – Kusic, H. (eds.): Environmental Management; Trends and Results. Inter-Ing, Zagreb, 147-152. pp. (2) BIRKÁS M. – JOLÁNKAI M. – STINGLI A. – BOTTLIK L. (2007). Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben. „KLÍMA-21” Füzetek, 51. 34-47. pp. (3) JOLÁNKAI M. – BIRKÁS M. (2007): Global climate change impacts on crop production in Hungary. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72. 1. 17-20. pp. (4) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (eds.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA Jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

KLÍMAVÁLTOZÁS – JÖVEDELEM-INSTABILITÁS – KIBONTAKOZÁS

KAPRONCZAI ISTVÁN

Kulcsszavak: szárazodás, aszály, jövedelem, instabilitás, támogatás.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az aszály és a szárazodás folyamatának következményei összetettek. Ezek közül a tanulmány a jövedelem-instabilitás növekedését állítja az elemzés fókuszába. Jövedelem-instabilitáson azt kell érteni, hogy a gazdálkodók, a vállalkozások egyenkénti jövedelme rendszeresen, egyik évről a másikra jelentősen és kiszámíthatatlanul változik, a változás oka pedig a vállalkozás által nem befolyásolható tényező. Az aszály és a szárazodás okozta jövedelem-instabilitás mérséklése fontos gazdasági érdek, amely eszközei között elsősorban az öntözést, a biztosítást, a Közös Agrárpolitika reformjának támogatási filozófiaváltását és a kutatás-fejlesztést lehet említeni.¹

BEVEZETÉS

A jövedelemstabilizáló intézkedések meg-hozatalát a közösségi szabályok, a szakmai szempontok és a politikai készség együttesen befolyásolják. A közösségi szabályok adják azt a keretrendszert, amelyen túl a helyi politika sem nyújthat, amely elsődlegesen megszabja a lehetőségeket. A szakma, a tudomány érvrendszere – rövid távon – csak a közösségi szabályok keretein belül választhatja fel a követhető irányokat, tehet javaslatokat, de a döntéseket végeredményben a politikanak kell meghoznia. A jövedelemstabilizáló intézkedések befolyásolási és döntési feltételei tehát elkülönülnek egymástól. A szakmai véleményeknek – a siker érdekében – elsősorban a politikát kell meg-céloznia (1. ábra).

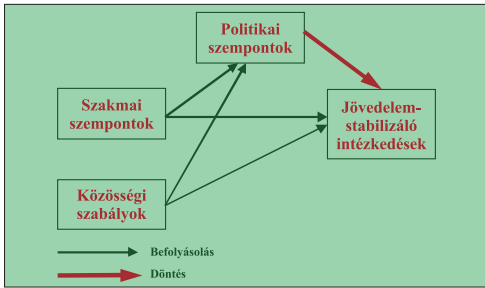
AZ ÖNTÖZÉS LEHETŐSÉGEI

A mezőgazdasági termelés ösidők óta kitétt a természeti környezet változó hatásainak. A napsugárzás, a csapadék, a levegő áldás és átok is lehet a gazdálkodók számára. Napjainkban ugyanakkor egyre több jele mutatkozik annak, hogy a környezet még inkább kiszámíthatatlanabbá, bizonytalanabbá válik, ami növeli a termelés kockázatát. Holott a mai világban, amikor mind több és több embert kell táplálni egyre magasabb színvonalon, a termelési stabilitás természetes igény. A növénytermelés kockázatminimalizálásának legfontosabb eszköze az öntözés. Ma a világ megművelt területének mintegy hatodrészt öntözik, és ezen terem meg az élelmiszer-szükséglet egyharmada.

Magyarország az öntözés tekintetében kedvező helyzetben lehetne, hiszen felszíni és felszín alatti vízzel gazdagon ellátott. Ugyanakkor messze nem használja ki ezeket az adottságait. Immár több évtizede erodálódnak azok a fizikai eszközök (csatornák, öntözőberendezések, szivattyúházak), illetve

¹ A cikk alapját képező előadás elhangzott az Aszály és szárazodás Magyarországon konferencián Kecskeméten, 2009. október 7-én.

1. ábra



Jövedelemstabilizáló intézkedések befolyásolási és döntési tényezői

Forrás: AKI

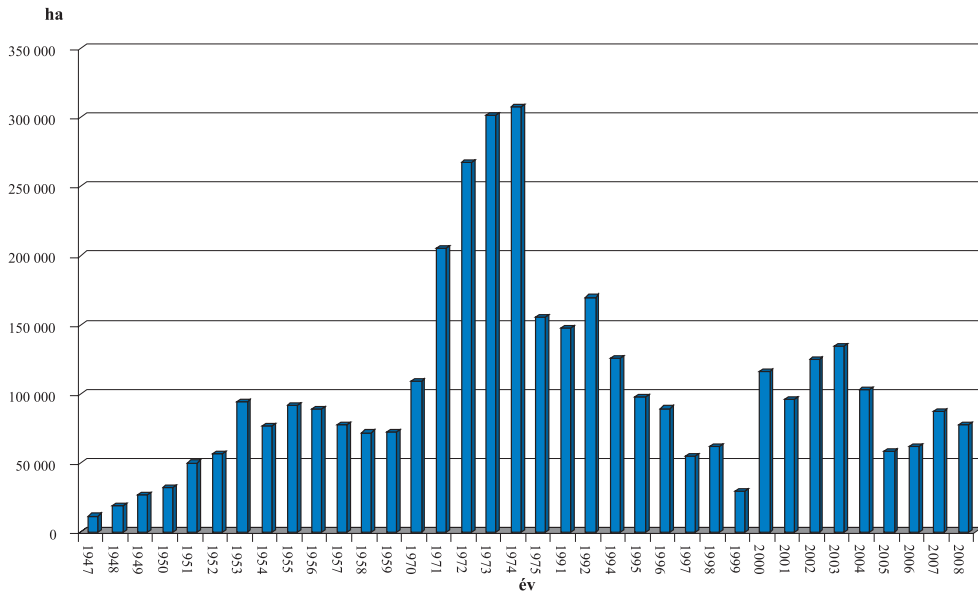
szellemi javak (oktatás, kutatás), amelyek a magas színvonalú öntözéskultúra feltételei. Hazánkban 35 évvel ezelőtt, 1974-ben 400 ezer hektár öntözésre berendezkedett terület volt, és ebből 300 ezer hektárt öntöztek (2. ábra). Ma ezzel szemben 206 ezer hektár a vízjogi engedéllyel rendelkező terület, ami az összes termőterületnek mindössze 2,6%-a. Még elkésőbb a helyzet, ha azt is

megemlítjük, hogy ebből csak 80 ezer hektárt öntöznek, tehát a megmaradt kapacitások 60%-a még aszályos években sincs kihasználva (3. ábra).

A jelenlegi állapotokat jellemzi, hogy hazánkat évente több felszíni víz hagyja el, mint ami hozzánk befolyik, miközben egyes években súlyos aszály sújtja az ágazatot. Ha csak a felszíni vizekből adódó öntözési lehetőségeit kihasználna Magyarország, sokkal stabilabb és intenzívebb mezőgazdálkodást folytathatna. Mintegy 300-500 ezer hektár öntözését kellene megoldani. Ehhez azonban több területen is lépni szükséges

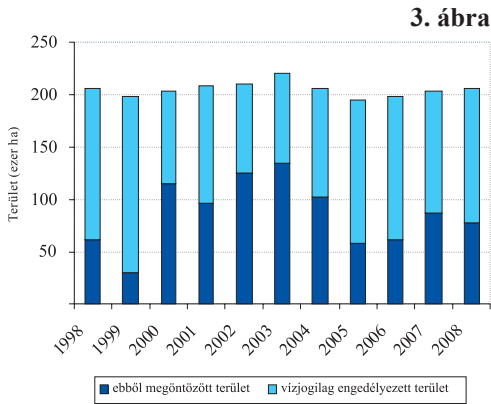
- az agrárszabályozás és ennek részeként az agrártámogatás eszközrendszerének alakításával, hogy az a mostaninál hatékonyabban segítse az öntözésfejlesztést és üzemeltetést (célzott beruházási támogatások, tározókhoz ingyenes állami terület biztosítása, öntözési társulások kiemelt támogatása, vízdíj mérés-klése vagy elengedése stb.);
- az öntözés technikai fejlesztése különböző uniós programok részeként (esővíz el-

2. ábra



Az öntözött területek nagyságának változása Magyarországon

Forrás: AKI



**Az öntözött terület nagysága
a vízjogilag engedélyezett
öntözhető terület arányában**

Forrás: AKI

vezetése, víztározók építése, öntözőcsatornák karbantartása stb.);

- a tudományos műhelyekben még rendelkezésre álló öntözéssel kapcsolatos szellemi potenciál megőrzése és fejlesztése;
- az öntözési program, a halászati program és a turisztikai program támogatásának komplex kezelése.

KOCKÁZATKEZELÉS ÉS BIZTOSÍTÁS

A jövedelem-instabilitás kockázatait méréselkelheti a biztosítási rendszer is. Magyarországon ugyanakkor sem a biztosítóknak, sem a mezőgazdasági termelőknek nincs igazi érdekeltsége egy korszerű és kockázatkezelő biztosítási rend kialakításában. Aszályra, belvíz- és talajvízkárookra – többek mellett – nem is köthető biztosítás. 2000 és 2008 között a biztosítók mezőgazdasági biztosításainak kárhányada átlagosan 77% volt, míg ugyanez a mutató a személybiztosítások esetében 48%. Ennek alapján érthető a biztosítók tartózkodása.

A mezőgazdasági termelők érdektelensége a biztosításokban 2004-től erősödött, amikor megszűnt az agrárbiztosítások 30%-os támo-

1. táblázat

**A biztosított gazdaságok átlagos számaránya
néhány EU-tagállamban (2004–2006)**

Ország	Biztosított gazdaságok számaránya (%)
Ciprus	100
Görögország	100
Dánia	95
Ausztria	78
Luxemburg	57
Portugália	40
Finnország	30
Franciaország	15
Lengyelország	3
Magyarország	2
Románia	1
Lettország	<1

Forrás: Agricultural Insurance schemes, ADMINISTRATIVE ARRANGEMENT N. AGRI-2005-0321

gatása. A 2003. évi 19 558 mezőgazdasági biztosítási szerződésszám 2008-ra a korábbi 67%-ára esett vissza. Az egy gazdaságra jutó biztosítási díj folyóáron 1017 ezer Ft-ról 726 ezer Ft-ra csökkent. Ráadásul a 2007-től működő *Nemzeti Kárenyhítési Rendszert* is idegenkedve fogadták a termelők. Ennek anomáliáiról külön tanulmányt lehetne írni.

Mindezek együttes hatásának a következménye, hogy ma Magyarországon a gazdaságok mindössze 2%-a rendelkezik mezőgazdasági biztosítással (4. ábra).

A kockázatkezelő mezőgazdasági biztosítások térnyerésének elősegítése érdekében indokolt előnyben részesíteni a biztosítások terjedését ösztönző támogatásokat. Ennek az Európai Unió két típusát preferálja

- a biztosítási díjtámogatást;
- a biztosítási önkéntes alapok támogatását.

A tagállamok 2009. augusztus 1-ig vállalhatták, hogy 2010-től kezdődően összes támogatási jogosultságuknak legfeljebb 10%-át – saját döntés alapján – a mezőgazdasági termelők támogatására fordíthatják. Ebből a támogatási lehetőség a biztosítási díjak 65%-áig, valamint a biztosítási önkéntes alapok költségeinek és kifizetéseinek 60%-áig

terjedhet. Magyarország azonban ebben a kérdésben nem hozott döntést, így a biztosítást ösztönző lehetőségekkel 2010-től nem él. Az aszály és a szárazodás folyamata azonban azt indokolja, hogy hazánk mielőbb vizsgálja felül ezt az álláspontját és éljen a felkínált lehetőséggel.

A KÖZÖS AGRÁRPOLITIKA REFORMJÁNAK HATÁSAI ÉS LEHETŐSÉGEI

A Közös Agrárpolitika (KAP) 2013 után esedékes reformja alapvetően átszabja a jelenlegi KAP-kereteket és új filozófiai megközelítést – a közhasznúságot – helyezi előtérbe. Mivel így a KAP-nak szolgálnia kell a fenntarthatóságot, beleértve a tájvédelmet, a természeti erőforrások és a biodiverzitás megőrzését, valamint az élelmezésbiztonságot, törekedni kellene az aszály és a szárazodás negatív hatásainak támogatásokkal való mérséklésére is. Emellett az EU-ban ma meghatározó, a termeléstől szétválasztott közvetlen támogatás (SPS) legitimitása erősen megkérdőjeleződik, ugyanis a történelmi jogosultságok ágazatok és területek szerint

differenciált támogatási szintet jelentenek, ami torzítja a piacot.

Mindezekből az következik, hogy a történelmi jogosultságokat fokozatosan felváltja a területi (hektáronkénti) támogatási modell, de a támogatás mai hektáronkénti összege aligha tartható fenn. Ugyanakkor a KAP jövőjével kapcsolatos döntéseknél konszenzus alakítható ki azzal kapcsolatban, hogy a közvetlen kifizetések csökkentéséből megtakarítható támogatások egy részét az „ökoszisztéma-szolgáltatások” kapják meg. Ennek alapján javasolható, hogy a közvetlen kifizetéseknél megtakarított források terhére 2013 után a KAP célzott támogatásokat nyújthasson külön szolgáltatások – klímavédelem, vízgazdálkodás, talajkímélő művelés terjedése, biodiverzitás megőrzése – fejében.

A KUTATÁS + FEJLESZTÉS

Az Európai Unió korábbi célkitűzése szerint 2010-re a GDP 3%-áig kell növelni a kutatás finanszírozását, aminek kétharmada magánbefektetésekből, egyharmada állami forrásból származik. Ezzel szemben a ha-

2. ábra

Agrárkutatás-fejlesztés – lefelé a lejtőn

Előirányzat	2003. évi	2004. évi	2005. évi	2006. évi	2007. évi	2008. évi	Eltérés %
Agrárkutató intézetek	13 705,2	3 253,7	3 225,4	1 945,2	1 945,2	2 117,7	-43
Felügyelt állami tulajdonú társaságok	700,0	525,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Agrárkutatás, -fejlesztés, -műszaki fejlesztés	1 673,1	1 254,8	össze- vont előirány- zat 1050	785	585	585	-78
Agrár-felsőoktatás K + F	0,0	400,0					
Tanüzemek, tangazdaságok	1 000,0	600,0					
Mg-i középfokú szakoktatási intézmények	6 517,8	5 219,3	5 628,5	3 975,6	3 975,6	4 367,8	-33
Közművelődési intézmények	746,0	528,8	599,0	374,6	374,6	472,9	-36
Mindösszesen	14 342,1	11 781,6	10 502,9	8 285,0	6 880,4	7 543,4	-47,4

Forrás: Borsos János: Az életképes magyar innováció. Magyar Mezőgazdaság, 2009. márc. 4., 12. o.

zai adatok az agrárkutatás-fejlesztésre fordított források drasztikus csökkenését jelzik, csúszunk lefelé a lejtőn (2. táblázat). Ennek következménye, hogy az elmúlt időszakban agrárgazdaságunk fokozatosan lemaradt az élenjáróktól, növekedett a termelés kitettsége, nőtt a jövedelem-instabilitás. Pedig az elmúlt évtizedek bizonyították, hogy amely országok a világ változásaival lépést tudtak tartani, azok mind fejlett K+F tevékenységgel rendelkeztek. Ezekhez a változásokhoz a „magyar modell” nem alkalmazkodott.

Egy *Nemzeti Agrár Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégia* kialakítására, konszenzussal történő elfogadására és finanszírozására van tehát szükség, amely kereteiben

hangsúlyosan kell kezelni a szárazodáshoz való alkalmazkodást. Például: víztakarékos technológiák kidolgozására, szárazságtűrő növényfajták nemesítésére, új típusú műtrágyák kifejlesztésére van szükség.

Nemzeti Agrár Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégiát azonban nagyon nehéz úgy elkészíteni, hogy az ország nem rendelkezik egy koherens, végrehajtható Nemzeti Agrárstratégiával, ami kijelöli az igazodási pontokat. Ha ezt restség, vagy politikai megosztottság okán továbbra sem fogalmazzuk meg és tűzzük zsinórmértékül magunk elé, akkor marad, ami volt: negatív trendek, a távlatos kérdések hangsúlytalan kezelése, a kockázatos jövőképből adódó bizonytalanság.

ÁLLAMI SZEREPVÁLLALÁS MAGYARORSZÁGON A MEZŐGAZDASÁGI ELEMI KÁROK ENYHÍTÉSÉBEN

SZÖLLŐSI ENDRE

Kulcsszavak: elemi károk, állami szerepvállalás, tapasztalatok, kívánatos új rendszer.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az eddigi tapasztalatokból arra következtethetünk, hogy a nemzeti agrárkár-enyhítési rendszer – korrekciója után – már elfogadhatóan működik, de még mindig csak hiánypótló, átmeneti megoldást jelent, mert csak a katasztrófa méretű károkat enyhíti, és nem terjed ki valamennyi elemi kárra. Hosszabb távon ezért egységes, valamennyi kárfajtára (aszályra is) kiterjedő, az állam által támogatott biztosítási alapú kárkezelés bevezetése lenne a megoldás. Egy ilyen rendszer bevezetésének feltétele azonban

- a vonatkozó uniós szabályok betartása;
- az állam, a biztosítók és a termelők együttműködése a rendszer kidolgozásában;
- a szükséges pénzügyi források biztosítása (építve az uniós források bevonására is);
- és végül, de nem utolsósorban nonprofit biztosítási koordináló/lebonyolító szervezet létrehozása a biztosítók, a gazdálkodók és az állam részvételével.

A rendszer kidolgozása és előkészítése több évet igényel, de az időjárás szélsőségek egyre gyakoribbá és súlyosabbá válása miatt ez sürgető feladat!¹

Az állami szerepvállalás rendszerét és formáit illetően meg kell különböztetnünk az EU-csatlakozás előtti és az azt követő időszakot.

Az *EU-csatlakozás előtt* a következő állami intézkedésekre került sor:

- 1997-2003 között az állam 30%-os támogatást nyújtott a mezőgazdasági biztosítási díjakhoz (összes támogatás 7 év alatt 23,6 milliárd forint).
- Évről évre (30-50 millió forint közötti) támogatást kapott a Baranya megyében működő jégeső-elhárítási rendszer.
- Az egyes években ad hoc intézkedésként támogatást adott az állam a mezőgazdaságot

ért súlyos elemi károk (árvíz, belvíz, jégeső, vihar, fagy- és aszálykár) enyhítéséhez (összesen mintegy 18 milliárd forint támogatás és 50 milliárd forint kedvezményes hitel, amely többségében a 2003. évi súlyos aszályhoz kapcsolódott).

Az *EU-csatlakozást követően* új helyzet állt elő, mivel az elemi kárenyhítés állami támogatásnak minősül, amelyet csak az uniós szabályokkal összhangban lehet nyújtani. Ennek megfelelően kidolgozásra és 2007-től bevezetésre került a magyar nemzeti agrárkár-enyhítési rendszer, amely azóta is érvényben van. Emellett fennmaradt a korábban is alkalmazott jégeső-elhárítási rendszer támogatása.

A *nemzeti agrárkár-enyhítési rendszer* alapelveit és alapvető szabályait a 2006. évi LXXXVIII. törvény állapította meg. A rend-

¹ A cikk alapját képező előadás elhangzott az Aszály és a Szárazodás Magyarországon konferencián Kecskeméten, 2009. október 7-én.

szer a katasztrófális méretű aszály-, fagy- és belvízkárookra terjed ki, és a hozzá önként csatlakozó és évi rendszeres hozzájárulás befizetését vállaló termelők számára nyújt kárenyhítést. A kárenyhítésben azon termelők részesülhetnek, akiknél az elemi károk hatására a növénytermesztési hozamérték a bázisidőszakhoz képest legalább 30%-kal csökken. A kárenyhítési forrásokhoz az állam évenként legalább a részt vevő termelők befizetését elérő összeggel köteles hozzájárulni.

A rendszer hatékonysága a várakozástól jelentősen elmaradó termelői részvétel miatt nem volt kielégítő. A termelőknek csupán mintegy 5%-a, a terület mintegy 10%-ával lépett be a rendszerbe, így nem képződött elegendő forrás a kárenyhítéshez. *Ezért szükségessé vált a rendszer kiigazítása.*

A 2008. évi CI. számú törvény a mezőgazdasági vállalkozások (egyéni vállalkozók, gazdasági társaságok és szövetkezetek) számára kötelezővé tette a rendszerbe való bekapcsolódást, ugyanakkor a mezőgazdasági őstermelők esetében az önkéntesség továbbra is megmaradt. Ennek megfelelően a résztvevők száma közel két és félszeresére, a rendszerbe bevont terület közel hatszorosára nőtt, és elérte a két és fél millió hektárt. A rendszer bevezetése óta lezárt két évben (2007-ben és 2008-ban), az állam által biztosított 5 milliárd forint többletforrást is figyelembe véve, összesen *mintegy 7,1 milliárd forint kárenyhítő juttatás került kifizetésre*, melynek nagyobbik része a 2007. évi rendkívül súlyos tavaszi fagykárokat enyhítette.

Állami szerepvállalás a mezőgazdasági elemi károk enyhítésében

Az EU-csatlakozás előtt

1. **Mezőgazdasági biztosítás** 30%-os **díjtámogatása** 1997-2003 közötti években (összes támogatás: **23,6 Mrd Ft**)
2. **Jégeső-elhárítás** támogatása 1991-től napjainkig (támogatás: **30-50 millió Ft/év**)
3. **Ad hoc** intézkedések:
 - árvíz-, belvíz-, jégeső-, vihar- és aszálykárok enyhítése 1999-2000. évben (összes támogatás: **8,3 Mrd Ft**)
 - fagy- és aszálykárok enyhítése 2003. évben (**9,8 Mrd Ft** támogatás és **50 Mrd Ft** kedvezményes **hitel**)

Állami szerepvállalás a mezőgazdasági elemi károk enyhítésében

Az EU-csatlakozás után

Változás: Csak **EU-konform** támogatási rendszerek alkalmazhatók

Új intézkedés: A **nemzeti agrárkár-enyhítési rendszer bevezetése** (2007. és 2008. évi kifizetés összesen: **7089 millió Ft**)

Megmaradt: A **jégeső-elhárítás támogatása** (**50 millió Ft/év**)

A nemzeti agrárkár-enyhítési rendszer

Bevezetés: 2007. évben (jogszabályi alap: a 2006. évi LXXXVIII. törvény és a 88/2006. (XII. 28) FVM rendelet)

Célterület: fagy-, belvív- és aszálykárok

Alapelvek: önkéntesség, anyagi hozzájárulás (1000 Ft, ill. 3000 Ft/ha/év), állami szerepvállalás

Kárenyhítés: 30%-nál nagyobb üzemi szintű hozamérték-csökkenés esetén

2007. évi működés jellemzői:

- Kismértékű termelői részvétel: a termelők kb. 5%-a, a terület kb. 10%-ával lépett be
- A kárenyhítéssel érintett károk összege: 17 561 millió Ft
- A kifizetett kárenyhítések összege: 6012 millió Ft (ebből termelői hozzájárulás: 531 millió Ft, állami hozzájárulás: 5481 millió Ft)
- A kárenyhítés mértéke a kárhoz képest: **34%**

A nemzeti agrárkár-enyhítési rendszer módosítása

A módosítás lényege: A résztvevői kör kibővítése

A vállalkozások egy része számára (gazdálkodó szervezetek, egyéni vállalkozók) kötelező lett a belépés (őstermelőknél maradt az önkéntes részvétel)

Célterület: fagy-, belvív-, aszály mellett kibővült a jégesőkárokkal

A termelői hozzájárulás mértéke csökkent (szántó 1000-ról 800 Ft-ra, ültetvénynél 3000-ról 2000 Ft-ra hektáronként)

Jogszabályi háttér:

a 2008. évi CI. törvény

és a 32/2009. (III. 31.) FVM rendelet

A módosítás hatása a nemzeti agrárkár- enyhítési rendszerre

Megnevezés	2008. év	2009. év	Index 2008=100
Résztvevők száma (gazdaság)	11 159	27 159	2,43
A kárenyhítési rendszerbe bevont összes terület (ha)	429 241	2 538 971	5,91
ebből:			
szántó (ha)	379 609	2 460 470	6,49
szőlő (ha)	11 876	22 425	1,89
gyümölcs (ha)	37 756	56 076	1,48
Termelői hozzájárulás-fizetési kötelezettség (millió Ft)	528	2 120	4,01

Jövő: Kárenyhítés vagy üzleti biztosítás?

Kárenyhítés: (hiánypótló, **átmeneti megoldás**)

Hosszabb távú cél: **egységes**, valamennyi kárfajtára (aszályra is) kiterjedő, állam által támogatott **mezőgazdasági biztosítási rendszer bevezetése**

A fejlesztés feltételei:

- Az **európai uniós szabályok** (vonatkozó irányelvek, rendeletek) betartása
- Az állam, a biztosítók és a termelők **együttműködése** a rendszer kidolgozásában
- A szükséges **pénzügyi források biztosítása** (EU-források bevonásával)
- **Nonprofit** biztosítási koordináló/lebonyolító **szervezet** létrehozása (a biztosítók, gazdálkodók és az állam részvételével)

AZ ASZÁLYOK GYAKORISÁGA A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN AZ UTÓBBI HÁROMSZÁZ ÉVBEN

PÁLFAI IMRE

Kulcsszavak: aszályerősség, aszálygyakoriság, éghajlatváltozás.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az utóbbi háromszáz év (1710–2009) vizsgálata alapján megállapítható, hogy a Kárpát-medencében megközelítőleg minden második év aszályos volt, s az aszály átlagosan minden tizedik évben súlyos, illetve rendkívül súlyos méreteket öltött. Az aszályok erőssége és gyakorisága (pontosabban: relatív gyakorisága) a vizsgált tíz részidőszakban meglepően nagy ingadozást mutat. Bár az aszályos évek gyakorisága a vizsgált teljes időszak második felében valamelyest csökkent, az aszályok erősségének és gyakoriságának együttes figyelembevételével a legaszályosabbnak az 1983–2009 közötti részidőszak minősíthető, amelyben a súlyos, illetve rendkívül súlyos aszályok 30%-os gyakorisággal fordultak elő. Ez komoly figyelmeztető jel a jövőre nézve, mert az éghajlatváltozás kimenetelétől függően a helyzet még rosszabbá válhat. Bizonyos módszertani fejlesztés szükséges ahhoz, hogy a 21. századra vonatkozó regionális éghajlat-változási modellek eredményei az aszálygyakoriság itt bemutatott adatsorával összevethetők legyenek.¹

BEVEZETÉS

A napjainkban sokat emlegetett éghajlatváltozás kérdéskörén belül számunkra az egyik legérdekesebb kérdés az, hogy hazánkban és szűkebb környezetében, vagyis a Kárpát-medencében, az elkövetkező évtizedekben miként fognak változni a hidroklimatikus viszonyok, tehát azok az éghajlati körülmények, amelyek meghatározzák, illetve lényegesen befolyásolják az árvizek és a belvizek nagyságát, az aszályok erősségét, s mindezen jelenségek gyakoriságát.

E kérdés fontosságát jobban alá tudjuk támasztani, jelentőségét jobban ki tudjuk hangsúlyozni akkor, ha látjuk, hogy ezek

a jelenségek több évszázadot átívelő hosszabb időszakban milyen ingadozást és milyen tendenciát mutatnak. Ezúttal – korábbi adatgyűjtő és feldolgozási munkáimra támaszkodva – azt mutatom be, hogy a Kárpát-medencében az utóbbi háromszáz évben, azaz 1710 és 2009 között, hogyan alakult az aszályok erőssége és gyakorisága.

A MÓDSZER

Az aszálygyakoriság meghatározásához a vizsgált időszak minden egyes évére vonatkozóan tudnunk kell azt, hogy egy adott évben volt-e számottevő aszály, s ha igen, akkor az milyen erősségű volt. Az ennek megállapítására szolgáló módszert a „KLÍMA-21” Füzetek egy korábbi számában részletesen ismertettem (Pálfi, 2009).

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

A módszer lényege egy ún. aszályértékszám meghatározása egy ötfokozatú értékelő (minősítő) rendszerben a következők szerint: az adott évben aszály nem, vagy csak egészen enyhe formában fordult elő (0), mérsékeltén aszályos év volt (1), jelentékeny aszály alakult ki (2), súlyos aszály fordult elő (3), rendkívül súlyos (extrém) aszály pusztított (4). Az aszályértékszám meghatározásához a rendszeres meteorológiai észlelések kezdetétől, a 19. század második felétől, a hőmérsékleti és csapadékadatokból számított, s bizonyos korrekciós tényezőket is tartalmazó aszályindex (Pálfai, 2004) országos átlagait vettem alapul. Ezek – arányukat tekintve – jellemző adatként hozzávetőleg az egész Kárpát-medencére elfogadhatók. A korábbi időszakokra vonatkozóan főleg éghajlat-történeti munkákat (Érkövy, 1863; Milhoffer, 1897; Réthly, 1925, 1970, 1998; Rácz, 2001) használtam.

A hivatkozott „KLÍMA-21”-beli tanulmányban a 18–20. századi aszályértékszámokat táblázatos formában közöltem, így most csak a 2001–2009 közöttieket kellett megállapítani. Ehhez ugyancsak az aszályindex rendelkezésre álló országos átlagait (Pálfai, 2006; VITUKI-ATIKŐVIZIG, 2006-2009) használtam föl.

A relatív aszálygyakoriság megállapítására hozzávetőleg harminc év hosszúságú részdőszakokat (klímaperiódusokat) jelöltem ki, összesen tíz időszakot, mégpedig oly módon, hogy az egyes időszakok kezdő és záró éve is aszályos év legyen. Ilyenformán az aszályos és kevésbé aszályos periódusok jobban elválnak egymástól, mintha kerek harminc éves időszakokat vizsgálnánk. Az aszálygyakoriságot – az ötféle lehetséges aszályértékszám figyelembevételével – három csoport elkülönítésével számítottam ki: az aszálymentes, illetve enyhén aszályos évek (0) mellett egyrészt a mérsékeltén aszályos éveket (1) és a jelentékeny aszályok (2) éveit, másrészt a súlyos aszályok (3) és a rendkívül súlyos aszályok (4) éveit egy-egy csoportba vontam össze. Az aszálygyakoriságon túlmenően, mint kiegészítő mutatót, meghatároztam az

aszályértékszámoknak a vizsgált részdőszakokra vonatkozó átlagát is.

A fenti számítások eredményét a vizsgált teljes időszakra, továbbá annak első (1710–1866 közötti) és második felére (1867–2009) vonatkozóan is bemutatom.

AZ EREDMÉNYEK

A 2001–2009. évekre meghatározott aszályértékszámokat – a szöveges értékeléssel együtt – az 1. táblázatban közlöm. Ezt az adatsort a már korábban publikált 18–20. századi adatokkal (Pálfai, 2009) egyesítve, rendelkezésünkre állnak a vizsgálat tárgyát képező utóbbi háromszáz év aszályértékszámjai.

1. táblázat

A 2001–2009 közötti aszályok értékelése

Év	Aszályértékszám	Szöveges értékelés
2001	0	enyhe aszály
2002	2	jelentékeny aszály
2003	4	rendkívül súlyos aszály
2004	0	enyhe aszály
2005	0	aszálymentes év
2006	0	aszálymentes év
2007	3	súlyos aszály
2008	0	enyhe aszály
2009	2	jelentékeny aszály

Megjegyzés: a 18–20. századi aszályértékszámokat a „KLÍMA-21” Füzetek 2009. 57. számában közölt tanulmány tartalmazza.

Az aszályértékszámok figyelembevételével az 1710–2009 közötti teljes vizsgálati időszakon belül – a módszertani részben leírtak szerint – kijelölt részdőszakok hossza 27 és 34 év között változik (2. táblázat). A 2. táblázatban bemutatom egyrészt az aszályértékszám részdőszaki átlagait, másrészt – három oszlopban – a relatív aszálygyakoriság százalékos értékeit (szükség szerint egész számra kerekítve). Az első oszlop (0) az aszálymentes (vagy csak enyhén aszályos) évek gyakoriságát adja meg, a második oszlop (1-2) gyakorisági adatai a mérsékeltén vagy jelentékenyen aszályos évekre, míg a harmadik oszlopé (3-4) a súlyos vagy rend-

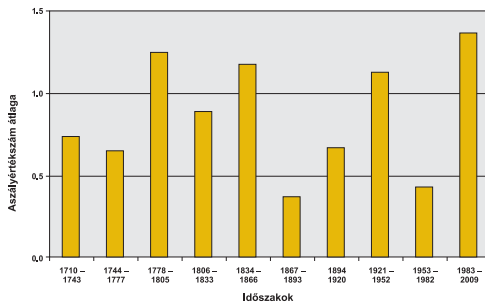
2. táblázat

Az aszályértékszám átlagai és a különböző erősségű aszályok relatív gyakorisága hosszabb időszakokban 1710–2009 között

Részidőszak sorszáma	Időszak		Aszályértékszám átlaga	Aszálygyakoriság (%)		
	kezdeté – vége	hossza (év)		0	1–2	3–4
1.	1710–1743	34	0,74	62	29	9
2.	1744–1777	34	0,65	62	32	6
3.	1778–1805	28	1,25	39	43	18
4.	1806–1833	28	0,89	39	57	4
5.	1834–1866	33	1,18	42	43	15
	1710–1866	157	0,93	50	40	10
6.	1867–1893	27	0,37	74	26	0
7.	1894–1920	27	0,67	70	19	11
8.	1921–1952	32	1,13	47	34	19
9.	1953–1982	30	0,43	67	33	0
10.	1983–2009	27	1,37	44	26	30
	1867–2009	143	1,80	60	28	12
	1710–2009	300	0,87	55	34	11

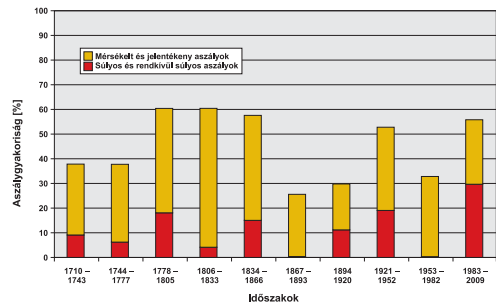
Megjegyzés: Az aszálygyakoriságot a táblázat három csoportba sorolva adja meg az egyes évek aszályértékszámára (0, 1–2 és 3–4) szerint.

1. ábra



Az aszályértékszám átlagai az 1710–2009 közötti részidőszakokban

2. ábra



Az aszályok relatív gyakorisága az 1710–2009 közötti részidőszakokban

kívül súlyos aszályos évekre vonatkoznak. A részidőszaki adatokon kívül a táblázat tartalmazza a teljes vizsgálati időszak első és második felére, végül az egész háromszáz éves vizsgálati időszakra kiszámított jellemző értékeket is.

A 2. táblázat adataiból szerkesztett 1. ábra az aszályértékszám részidőszaki átlagain, a 2. ábra az aszályok gyakoriságának alakulását szemlélteti.

A vizsgálat bemutatott eredményei szerint a tíz részidőszakra meghatározott aszályér-

tékszám-átlagok és aszálygyakorisági értékek meglepően nagy ingadozást mutatnak. Az aszályértékszám átlagai 0,37 és 1,37 között változnak, a háromszáz éves átlag 0,87. A teljes vizsgálati időszak első felére 0,93, második felére 0,80-as átlagot kaptunk. A csökkenés főleg abból adódik, hogy a két kiugróan legalacsonyabb aszályértékszámú időszak (1867–1893 és 1953–1982) egyaránt a második szakaszban van, de ugyanitt találjuk a teljes vizsgálati időszak legnagyobb értékét is, mégpedig 1983–2009 között.

Az aszálygyakoriság különösen a súlyos és rendkívül súlyos aszályok csoportjában mutat kirívó különbségeket. Két részidőszakban, 1867–1893 és 1953–1982 között egyetlen ilyen év sem fordult elő (gyakoriságuk tehát nulla), viszont 1983–2009 közt nyolc (!) ilyen esztendő is volt, ami 30%-os gyakoriságot jelent. Az ilyen aszályoknak a teljes vizsgálati időszakra vonatkozó gyakorisága 11%. Ehhez hozzáadva a mérsékelt és jelentős aszályok 34%-os gyakoriságát, az összes aszály gyakorisága 45%-ra adódik. A teljes időszak első felében ez az arány 50%, második felében 40%.

A vizsgálati eredmények közül leginkább figyelemre méltó a súlyos, illetve rendkívül súlyos aszályok gyakoriságának ugrásszerű növekedése 1983–2009 között. Ez összhangban van a nyári hőmérséklet-anomáliák idősorában az 1980-as évek végétől megmutató pozitív eltérésekkel (OMSZ, 2009), de összefüggésben lehet a globális hőmérsékletek ugyancsak emelkedő jellegével (WMO, 2009). Ezt a jövőre nézve komoly intő jelnek kell tekinteni, mert az aszályhelyzet további súlyosbodásának lehetőségét rejti magában.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) ÉRKÖVY A. (1863): Az 1863. évi aszályosság a Magyar Alföldön (Közigazgatási tanulmány). Pest, 101 p. (2) MILHOFFER, S. (1897): A talajkimerülés tekintettel a csökkenő termésekre és az ezeket befolyásoló termelési tényezőkre. „Könyves Kálmán” Magyar Irodalmi és Könyvkereskedési Részvénytársaság, Budapest, 589 p. (3) OMSZ (2009): Magyarország éghajlata és az aszály. Készült az Aszály és szárazodás Magyarországon c. konferenciára. Kecskemét, 2009. október 7. (4) PÁLFAI I. (2004): Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai Tanulmányok. Közlekedési Dokumentációs Kft., Budapest, 492 p. (5) PÁLFAI I. (2006): Aszálygyakoriság és aszálykárok Magyarországon. Hidrológiai Közlöny 86. évf. 2. sz., 63–64. pp. (6) PÁLFAI I. (2009): Aszályos évek a Kárpát-medencében a 18–20. században. „KLÍMA-21” Füzetek 57. sz., 107–112. pp. (7) RÁCZ L. (2001): Magyarország éghajlattörténete az újkor idején. JGYF Kiadó, Szeged, 303 p. (8) RÉTHLY A. (1925): Magyarország elemi csapásai. Kísérletügyi Közlemények, XXVIII. kötet, 8–17. pp. (9) RÉTHLY A. (1970): Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1701–1800-ig. Akadémiai Kiadó, Budapest, 624 p. (10) RÉTHLY A. (1998): Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900-ig. I. kötet. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 616 p. (11) VITUKI-ATIKÖ-VIZIG (2006–2009): Integrált vízháztartási tájékoztató és előrejelzés. Készítette a VITUKI Rt. Hidrológiai Intézete és az Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság, Budapest–Szeged, www.vizugy.hu (12) WMO (2008): A Meteorológiai Világszervezet állásfoglalása az éghajlat 2007. évi állapotáról. WMO-No. 1031, World Meteorological Organization.

AZ ASZÁLY HATÁSA A GAZDASÁGI ÁLLATOK TAKARMÁNYOZÁSÁRA, HOZAMAIRA ÉS EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTÁRA

MÉZES MIKLÓS – ERDÉLYI MÁRTA

Kulcsszavak: aszály, takarmányok, táplálóanyagok, gazdasági állatok, ivóvíz.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az aszály hatására megváltozik a növények táplálóanyag-tartalma, emiatt kedvezőtlen élettani folyamatok mellett jelentős mértékben csökkenhet a gazdasági állatok termelése és romlik szaporodásbiológiai állapotuk. További problémaként jelentkezhet a gabonafélék kényszerérése miatt növekvő penészgomba-fertőződés veszélye, és emiatt a gabonamagvak fokozott mikotoxin-szennyezettsége. Az aszályos években, bizonyos körzetekben kialakuló részleges vagy tartós ivóvízhiány hatása is jelentős lehet mind az állatok termelésére, mind az egészségi állapotra. Célszerű olyan növényeket termelni, továbbá olyan agrotechnikát alkalmazni, amely a növények fejlődését minden fenofázisban elősegíti, tömegtakarmányoknál pedig fokozott figyelmet szükséges fordítani a tartósítás – történjen az akár szárítással, akár erjesztéssel – technológiájára. A folyamatos és a fajnak, korcsoportnak és termelési csoportnak megfelelő mennyiségű ivóvízellátás alapvető fontosságú, amelyet a telepek kialakításakor szükséges számításba venni.¹

AZ ASZÁLY HATÁSA A TAKARMÁNYNÖVÉNYEKRE

A takarmánynövények közül a gabona- és olajos magvak esetében is a kritikus fenofázisokban, azaz a magvak érése során fennálló jelentős mértékű vízhiány, vagyis aszály hatására a magvak ún. „kényszerérése” következik be. Ennek hatására a *gabonamagvak* táplálóanyag-, így például fehérje-, szénhidrát- és zsír- (olaj-) tartalma jelentős mértékben alacsonyabb lesz (Nagy, 2009), egyes antinutritív, azaz az emésztési folyamatokat csökkentő hatású vegyületek, így például egyes antinutritív anyagok (nem keményítő poliszacharid vegyületek, NSP) mennyisége viszont

jelentős mértékben nagyobb lesz (Orosz *et al.*, 2006). *Olajos magvak*, így például a repce esetében viszont kisebb lesz az olajtartalom, ami az energiatartalom csökkenésével jár. Jelentős mértékben megváltozhat emellett az olajos magvak olajtartalmának zsírsav-összetétele is. Napraforgóolaj esetében például aszályos években megfigyelték, hogy a telítetlen zsírsavak aránya nőtt, a telített zsírsavaké ugyanakkor csökkent, amelynek hatására csökkent az olaj oxidatív stabilitása, azaz fokozódott az avasodás iránti hajlama, amelynek szerepe lehet a megváltozott antioxidáns védelemben (Smirnov, 1993).

Aszályos években, elsősorban a magvak kényszerérése során jelentősebb mértékben megnyílt magháj hatására nő a rovarkártevők kártétele is. A rovarkártétel közvetett módon utat enged a szántóföldi penészek kártételének is (Kükedi, 1988). Ez fokozza a gabonamag-

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

1. táblázat

Penészgombákkal fertőzött gabona etetésének hatása egyes gazdasági állatok termelésére

Termelési paraméter	Kontroll gabona	Penészgombával fertőzött gabona
	<i>Tojótúyk</i>	
Tojástermelés	84,3%	78,8%
Tojánhéj vastagsága	32,1 μm	30,1 μm
Korai embrióelhalás	5,4%	21,5%
	<i>Tenyézkoca</i>	
Választás utáni üres napok	6,33	15,00
Élve született malacok	90,5%	80,8%
	<i>Tejelő tehén</i>	
Takarmányfelvétel	49,5 kg/nap	47,5 kg/nap
Tejtermelés	34,0 liter/nap	30,0 liter/nap
Szomatikus sejttség	$5,73 \times 10^4/\text{ml}$	$6,46 \times 10^4/\text{ml}$

vak mikotoxin-szennyezettségét is, amely súlyos egészségkárosodást idézhet elő az azokat fogyasztó állatokban (Mesterházy, 1998). Példaként mutatjuk be az 1. táblázatban a penészgombákkal fertőzött gabona etetésének hatását tojótúykok, tenyészkocák és tejelő tehén egyes termelési paramétereire (Diaz, 2005).

Az aszály hatására a *tömegtakarmányok* nyersfehérje-tartalma általában alacsonyabb, a nyersrost-tartalom pedig a korai fenofázisokban alacsonyabb, majd jelentősen nagyobb, mint kielégítő mennyiségű csapadékot biztosító évjáratokban. A nyersrost-tartalom belül az ún. neutrális detergens rost tartalom (NDF), amely a hemicellulózt, cellulózt és lignint tartalmazza, összességében csökken, azon belül viszont a lignintartalom nő. Kérdő állatokkal etetve az ilyen tömegtakarmányokat, általában megfigyelhető a szervesanyag-emészthetőség csökkenése. Emellett ilyen tömegtakarmányok etetése során, megfelelő kiegészítés nélkül enyhébb-súlyosabb szaporodásbiológiai problémák jelentkeznek szarvasmarha-állományokban, amelynek oka, hogy az ilyen tömegtakarmányok β -karotin- és E-vitamin-tartalma is rendkívül alacsony (Howes, 1996).

A tömegtakarmányok közül a széna és a szalma mennyisége aszályos években kisebb, amely azt eredményezheti, hogy csökkentik ezek mennyiségét a napi takarmányadagban. Ennek hatására nyersrosthiány lép fel, amely

bendőfermentációs zavarokat, emésztési zavarokat, valamint – a csökkent nyáltermelés miatt – bendőacidózist idézhet elő (Sauvant *et al.*, 2006).

A nyersrost mennyiségének csökkenése a takarmányban minden állatfajban csökkenti a termelést, jelen esetben a testsúlygyarapodást, valamint – különösen sertéseknél – a szaporodásbiológiai folyamatok intenzitását, az ennek hatására fellépő enyhébb-súlyosabb emésztési zavarok miatt. Kérdő állatoknál a termelési paraméterek közül elsősorban a tejsírmennyiség csökkenése és szaporodásbiológiai zavarok léphetnek fel a nyersrosthiány és következményeinek hatására (NRC, 1988).

A nyersrost mellett a többi táplálóanyag mennyisége is jelentős mértékben változhat aszály esetén. Így jelentősen megnőhet a nitrát-N aránya is, mivel a zöld növényi részek mennyisége csökken, emiatt a talajból felvett nitrátok nagy része nem épül be a növényi fehérjékbe. Bár silózás során a nitrátok mennyisége a bakteriális fermentáció során csökkenhet, az aszálykár sújtotta kukoricából készülő szilázs etetése így is okozhat nitrát-terhelést (Hall – Twidwell, 2002).

Az erjesztett tömegtakarmányokat aszály esetén, a betakarított mennyiség optimalizálása érdekében, általában az erjedés szempontjából nem megfelelő, túlzottan alacsony nedvességtartalommal takarítják be. Ennek

hatására romlik a tömöríthetőség, melynek következtében a hosszabb ideig fennálló sejt-légzés miatt karamellizáció alakulhat ki, ami rontja a táplálóanyagok – különösen a fehérjék – emészthetőségét és csökkenti a takarmány energiataralmát. Emellett ilyenkor az erjedés folyamata lelassul, és számos esetben az erjedés kedvezőtlen, vajsavas irányba tolódik el. A lassú és különösen az energiaigényes vajsavas erjedés miatt végeredményben alacsony lesz az erjesztett tömegtakarmány energiataralma (Woolford, 1984).

AZ IVÓVÍZHIÁNY HATÁSAI GAZDASÁGI ÁLLATOKNÁL

Baromfifajoknál az ivóvízigény függ a fajtól, a korcsoporttól és a termelési iránytól is (2. táblázat). Ezeket az igényeket a telep létesítéskor és a vízellátó rendszer tervezésekor feltétlenül figyelembe kell venni.

2. táblázat

Egyes baromfifajok, korcsoportok és termelési irányok ivóvízigénye

Faj/korcsoport/hasznosítási irány	Ivóvízigény (liter/nap)
Brojlersirke	0,2–0,3
Tenyészjérce	0,3–0,4
Tojótjúk	0,3–0,4
Növendék lúd	0,6–0,7
Húslúd	0,7–0,8
Pecsényekacsa	0,3–0,5
Brojlerpulyka	0,3–0,4
Pulykatojó	0,4–0,6
Pulykakakas	0,5–0,7

Nem megfelelő ivóvízellátás esetén, annak mértékétől függően első tünetként a baromfi-állományban csökken a víz- és takarmányfelvétel, emiatt romlik a takarmányértékesítés (1. ábra). Növendék állományokban csökken a súlygyarapodás (2. ábra) és nő az elhullás mértéke (Pesti *et al.*, 1985). Brojlersirke esetében például megállapították, hogy az átlagosan maximálisan 5% elhullás mértéke 7,5-8%-ra nő. Tojóállományokban ugyanakkor csökken a tojástermelés intenzitása

(Adams, 1973), valamint tenyésztojások esetén a termékeny tojások aránya és a keltethetőség mértéke is (Patterson *et al.*, 1989).

Sertésnél a megfelelő mennyiségű és folyamatos ivóvízellátás biztosítása érdekében tekintettel kell lenni arra, hogy az újszülött malac testének 80%-a, míg a kifejlett sertésnek 55%-a víz. Az ivóvízszükséglet meghatározása során növendék és kifejlett sertéseknél úgy számolnak, hogy a napi szárazanyag-felvétel mennyiségének 2,5-szeres mennyiségét kell ivóvízzel biztosítani. Javasolják emellett az alábbi képlet alkalmazását is (Brooks – Carpenter, 1990):

$$0,788 + (2,23 \times \text{kg takarmány}) + (0,367 \times \text{kg testsúly}^{0,06})$$

Az egyes súlykategóriák és termelési csoportok ivóvízszükséglete a fentiek alapján az alábbiak szerint alakul (3. táblázat).

3. táblázat

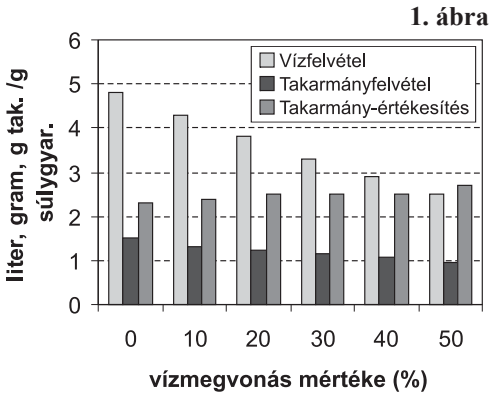
A sertés napi ivóvízszükséglete (Thulin – Brumm, 1991 nyomán)

Súlykategória/termelési csoport	Ivóvízszükséglet (liter/nap)
< 6 kg	0,25–1,0
6–16 kg	1–2
30–50 kg	3–5
50–100 kg	5–10
Vemhes koca	12–15 [a vemhességek számával nő]
Szoptató koca	20–40
Tenyészkan	8–10

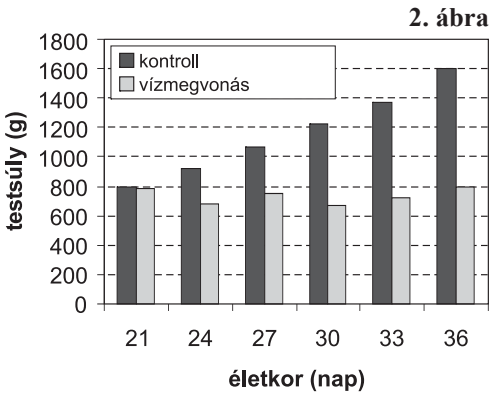
A hazánkban is alkalmazott nedves/folyékony takarmányozás esetén a 25-105 kg súlykategóriában a szükséges vízmennyiség (kg szilárd takarmány/m³ víz) 1:1,5 értékről 1:4,0 értékig folyamatosan nő (Mézes, 2008).

Az ivóvízhiány tünetei malacoknál 4-8, növendék és kifejlett állatoknál 24-36 óra múlva jelentkeznek. A fontosabb tünetek: étvágytalanság, zavart mozgás, vakság, elfekvés, görcsös rohamok, és tartós hiány esetén elhullás.

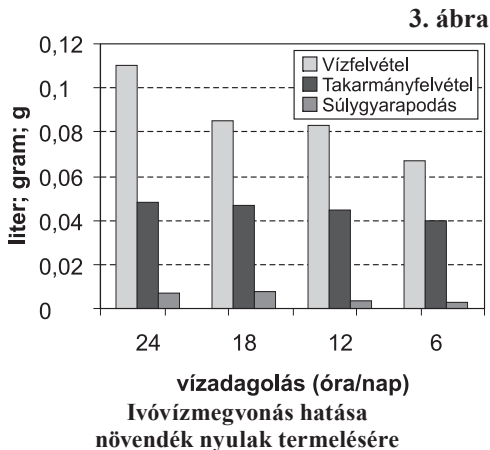
Húsnyulaknál az ivóvízszükséglet mérsékelte ugyan (4. táblázat), de annak folyama-



Eltérő mértékű vízmegvonás hatása a brojlercsírke víz- és takarmányfelvételére, valamint takarmányértékesítésére



Vízmegvonás hatása a brojlercsírke súlygyarapodására



Ivóvízmegvonás hatása növedék nyulak termelésére

4. táblázat

Húsnnyulak egyes korcsoportjainak ivóvízszükséglete

Termelési csoport/testsúly (kg)	Ivóvízigény (liter/nap)
Növedék / 1,0 kg	0,30
Hízónyúl / 2,3 kg	0,64
Vemhes anya / 4,5 kg	0,35
Szoptató anya / 8,5 kg*	1,02

* Anya 4,5 kg + alom (8 x 0,5 kg)

5. táblázat

A szarvasmarha egyes korcsoportjainak és termelési csoportjainak ivóvízszükséglete (Beede, 1992 nyomán)

Korcsoport/termelési csoport	Ivóvízszükséglet (liter/nap)
Borjú (1-4 hónapos)	5–13
Üsző (5-24 hónapos)	14–36
Tejelő tehén (13,6 liter/nap)	68–83
Tejelő tehén (22,7 liter/nap)	87–102
Tejelő tehén (36,3 liter/nap)	114–136
Tejelő tehén (45,5 liter/nap)	132–155
Szárazonálló tehén	34–49

tos biztosításáról mindenkor gondoskodni szükséges (Bawa et al., 2006). A nyúl vízfelvételét alapvetően a felvett takarmány szárazanyag-tartalma határozza meg, így a takarmány/vízfelvétel aránya a hizlalás során fokozatosan nő (Laffolay, 1985). A vízadagolás szakaszos kimaradása hatására csökken a növedék nyulak takarmányfelvétele és súlygyarapodása (3. ábra).

Különösen fontos a folyamatos vízellátás a szoptató anyanyulak számára, ahol a vízfelvétel a napi takarmányfelvétel közel kétszerese (de Blas – Wisemann, 1998). Mivel a tej a fiókák kizárólagos tápláléka 15-20 napos korig, ezért a választáskori lomlétszám és az alomsúly szempontjából is kritikus jelentőséggel bír az anyanyúl vízellátása.

Szarvasmarhánál az ivóvízigény – amint az 5. táblázat adataiból látható – jelentős mértékben függ az életkortól és a tejtermelés mértékétől.

Megfelelő mennyiségű ivóvíz hiányában a szarvasmarha takarmányfelvétele csökken

(Gonzalez et al., 2009). Ennek hatására húsmarhánál csökken a súlygyarapodás, tejelő tehenekben pedig fokozott zsírmobilizáció, és következményesen az energiahány hatására ketózis alakul ki. A ketózis eredményeként szaporodásbiológiai zavarok, valamint a tejtermelés csökkenése jelentkezik tünet-

ként. Hosszabb ideig fennálló ivóvízhiány hatására fellépő csökkent nyáltermelés miatt szubakut bendőacidózis alakul ki, fiatal állatoknál pedig gyakran kiszáradás következik be, amely súlyosabb esetekben elhullással is járhat (McFarland, 1998).

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ADAMS, A.W. (1973): Consequences of depriving laying hens of water a short time. *Poult. Sci.* 52: 1221-1223. pp. (2) BAWA, G.S. – AFOYALAN, S.B. – OLUMEYAN, D.B. – ASHIRU, R. (2006): Effects of various durations of water deprivation on performance of weaner rabbits in a sub-humid environment. *Pakistan J. Nutr.* 5: 551-554. pp. (3) BEEDE, D.K. (1992): Water for dairy cattle. In: H.H. Van Horn – C.J. Wilcox (eds.): Large dairy herd management. American Dairy Science Association, Champaign, IL. (4) DEBLAS, C – WISEMANN, J. (1998): The nutrition of the rabbit. CA Publishing, Wallingford 333 p. (5) BROOKS, P.H. – CARPENTER, J.L. (1990): The water requirement of growing-finishing pigs: Theoretical and practical considerations. In: Haresign, W. – Cole, D.J.A. (eds.): Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths. Boston, 115-136. pp. (6) DIAZ, D.E. (ed.) (2005): The mycotoxin blue book. Nottingham University Press, Nottingham, 349 p. (7) GONZALEZ, L.A – CORREAL, B. – FERRET, A. – MANTECA, X. – RUIZ DE LA TORRE, J.L. – CALSAMIGLIA, S. (2009): Intake, water consumption, ruminal fermentation, and stress response of beef heifers fed after different lengths of delays in the daily feed delivery time. *J. Anim. Sci.* 87: 2709-2718. pp. (8) HALL, R.C. – TWIDWELL, E.K. (2002): Effect of drought-stress on corn production. *ExEx* 8033, 1-3. pp. (9) HOWES, A.D. (1996): Production efficiency for dairy cows. Alltech's 1996 European and Southern African Lecture Tour. 19-33. pp. (10) KÜKEDI E. (1988): Az őszi búza kalászfuzáriózisáról, különös tekintettel az időjárásra és a termesztéstechnikára. *Növénytermelés* 37: 83-89. pp. (11) LAFFOLAY, B. (1985): Croissance journalière du lapin. *Cuniculture* 12, 331-336. pp. (12) MCFARLAND, D.F. (1998): Watering dairy cattle. Dairy feeding systems management, components and nutrients. Natural resources, agriculture and engineering services, Ithaca, N.Y. 116 p. (13) MESTERHÁZY Á. (1998): A penészgombák és mikotoxinok vizsgálata. In: Kovács F. szerk. Mikotoxinok a táplálékláncban. Magyarország az ezredfordulón, MTA, 13-72. pp. (14) MÉZES M. (2008): Vízellátás és vízminőség – Alábecsült és alulértékelt problémák. *A Sertés* 13: (2) 26-29. pp. (15) NAGY J. (2009): Effect of sowing date on the yield and quality of maize hybrids with different growing seasons. *Acta Agron. Hung* 57: 389-399. pp. (16) NRC (1988): Nutrient Requirements of Dairy Cattle (6th revised edition). National Academy Press, Washington DC (17) OROSZ SZ. – VETÉSI M. – MÉZES M. (2006): A rost szerepe a gazdasági állatok takarmányozásában. 1. közl. *Monogasztrikus állatok. Állatteny. Takarm.* 55: 149-168. pp. (18) PATTERSON, P.H. – SUNDE, M.L. – PIMENTEL, J.L. (1989): Water consumption and fecal moisture of laying hens fed wheat middlings and corn-soybean-alfalfa meal diets. *Poult. Sci.* 68: 830-833. pp. (19) PESTI, G. M. – AMATO, S.V. – MINEAR, L.R. (1985): Water consumption of broiler chickens under commercial conditions. *Poult. Sci.* 64:803-808. pp. (20) SAUVANT, D. – GIGER-REVERDIN, S. – MESCHY, F. (2006): The control of latent ruminal acidosis. *Prod. Anim.* 19: 69-78. pp. (21) SMIRNOFF, N. (1993): The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.* 125: 27-58. pp. (22) THULIN, A.J. – BRUMM, M.C. (1991): Water: The forgotten nutrient. In: Miller, E.R. – Ullrey, D.E. – Lewis, A.J. (eds.): Swine nutrition. Butterworths-Heinemann; Boston. 315-326. pp. (23): Woolford, M.K. (1984): The silage fermentation. Marcel Dekker, New York, 350 p.

A TÁVÉRZÉKELÉS ALKALMAZÁSA A BIOMASSZA ÉS A VÍZKÉSZLETEK MENNYISÉGÉNEK, VALAMINT MINŐSÉGÉNEK MEGÁLLAPÍTÁSÁNÁL

NEMÉNYI MIKLÓS – TAMÁS JÁNOS – FENYVESI LÁSZLÓ – MILICS GÁBOR

Kulcsszavak: távérzékelés, biomasszatömeg-meghatározás, vegetációs indexek, vízkészlet-gazdálkodás.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Amikor a klímaváltozás, a szárazodás előrejelzéséről, illetve hatásainak folyamatos nyomon követéséről (monitoringjáról) beszélünk, akkor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy Magyarország területének mintegy 75%-án intenzív, valamilyen formában az agrárgazdasághoz köthető tevékenység folyik. Az ország területének mintegy 50%-án szántóföldi termelés folyik, 20%-án erdőgazdálkodás, 3%-a a területnek családi házhoz tartozó kert, ahol ugyancsak hathatós, sok esetben nem teljesen szakszerű technológiai beavatkozás zajlik. Meggyőződésünk, hogy a szárazodás vizsgálatánál ezeket a tényeket figyelembe szükséges venni, illetve ezekből indokolt kiindulni.

A korszerű termelési technológia nagyban mérsékelheti a szárazodás következményeit, illetve segíthet a kihívásokra megadni a válaszokat, de ehhez a legkorszerűbb műszaki-térinformatikai rendszerek alkalmazása, folyamatos fejlesztése szükséges. A biomassza-előállítás nyomon követésének egyik eszköze a távérzékelés, amelynek segítségével az ún. vegetációs indexek elkészítésére és vizsgálatára nyílik lehetőség. Ez a jellemző a növények által a fotoszintézis során előállított biomasszával, vagyis a termelt klorofillal áll összefüggésben. A növényzet a látható fényt csak kis mértékben veri vissza, míg a közeli infravörös tartományban (760-900 nm) a növényzet klorofill-tartalmával, a termelt biomasszával arányos mértékben változik a visszaverődés. A termelt növényi tömeg tehát úgy mutatható ki, hogy a látható (ezen belül a vörös tartományt használjuk: 630-690 nm) és a közeli infravörös tartományban visszavert hullámok intenzitásának különbségét fejezik ki. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatták, hogy az egyszerű különbség helyett az ún. Normalizált Differenciál Vegetációs Index (NDVI) használata pontosabb, valósabb értékeket ad. Az NDVI használata számos területen segítheti elő a környezeti elemek közvetlen vagy közvetett vizsgálatát. Jelen írásban ezek közül ismertetünk néhányat.¹

BEVEZETÉS

A multispektrális (széles sávú) vegetációs indexek, annak függvényében, hogy a felszínborítás milyen tulajdonságát szeretnék vizsgálni, széles körben állnak rendelkezésre a kutatóknak (1. táblázat). A felszínborítás

vizsgálatakor – különösen akkor, ha vegetációval borított területet vizsgálunk – a legelterjedtebb az NDVI.

A Landsat műholdfelvételek elemzése során a 3-as (RED, vörös) és a 4-es (NIR, közeli infravörös) sávot használjuk az NDVI kiszámításához, így

$$NDVI = \frac{(R_4 - R_3)}{(R_4 + R_3)} = \frac{(R_{NIR} - R_{RED})}{(R_{NIR} + R_{RED})} \quad (1)$$

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

1. táblázat

Néhány fontosabb multispektrális vegetációs index

Név	Vegetációs index	Hivatkozás
Simple Ratio Index (SR)	$SR = \frac{R_{NIR}}{R_{RED}}$	Rouse et al., 1974
Modified Simple Ratio (MSR)	$MSR = \frac{R_{NIR} / R_{RED} - 1}{(R_{NIR} / R_{RED})^{0.5} + 1}$	Chen, 1996
Ratio Vegetation Index (RVI)	$RVI = \frac{R_{RED}}{R_{NIR}}$	Richardson – Wiegand, 1977
Normalized Ratio Vegetation Index (NRVI)	$NRVI = \frac{RVI - 1}{RVI + 1}$	Baret – Guyot, 1991
Difference Vegetation Index (DVI)	$DVI = R_{NIR} - R_{RED}$	Tucker, 1979
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = \frac{(R_{NIR} - R_{RED})}{(R_{NIR} + R_{RED})}$	Rouse et al., 1973
Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)	$GNDVI = \frac{(R_{NIR} - R_{GREEN})}{(R_{NIR} + R_{GREEN})}$	Gitelson – Merzlyak, 1998
Transformed Vegetation Index (TVI)	$TVI = \sqrt{\frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}}} + 0.5$	Deering et al., 1975
Corrected Transformed Vegetation Index (CTVI)	$CTVI = \frac{NDVI + 0.5}{ABS(NDVI + 0.5)} \cdot \sqrt{ABS(NDVI + 0.5)}$	Perry – Lautenschlager, 1984
Thiam's Transformed Vegetation Index (TTVI)	$TTVI = \sqrt{ABS(NDVI + 0.5)}$	Thiam, 1997
Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index (TSAVI)	$TSAVI = \frac{a(R_{NIR} - aR_{RED} - b)}{R_{NIR} + aR_{RED} - b}$	Baret et al., 1989
Middle Infrared-based Vegetation Index (MIVI)	$MIVI = \frac{(R_{MIR1} - R_{RED})}{(R_{MIR1} + R_{RED})}$	Thenkabail et al., 1995

Az index értéke -1 és +1 között változik, a vegetációval borított területek a pozitív, míg a vegetációmentes területek a negatív tartományban helyezkednek el. Egy nagyobb vízfelület, a hó negatív értéket mutat, míg a növényzettel borított területek a vegetációs periódus alakulásával változó mértékű pozitív értékeket eredményeznek (1. ábra).

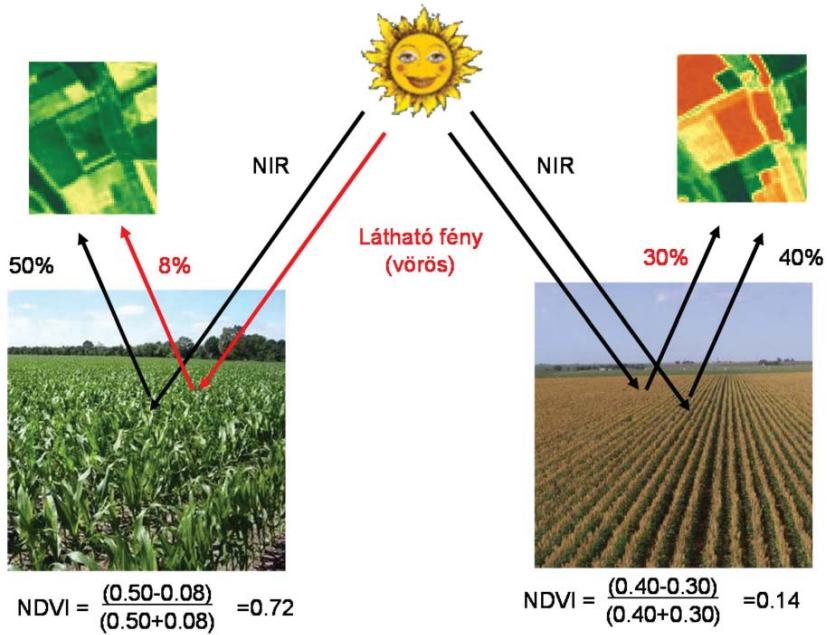
AZ NDVI INDEX ALKALMAZÁSA A BIOMASSZATÖMEG MEGHATÁROZÁSÁBAN

A vegetációs indexek értéke, így az NDVI értéke is az idő függvényében – pontosabban a zöldtömeg változásának függvényében – változik (2. ábra). A július 28-án készült mű-

holdfelvételen látható, hogy a vizsgált terület körüli táblákon a betakarítás már megtörtént (az NDVI negatív értéket mutat). Ezen a napon az általunk monitorozott táblán a kukorica még zöld állapotban volt. Az ábra bal oldalán látható színskála figyelembevételével jól követhető a vegetációs index változása.

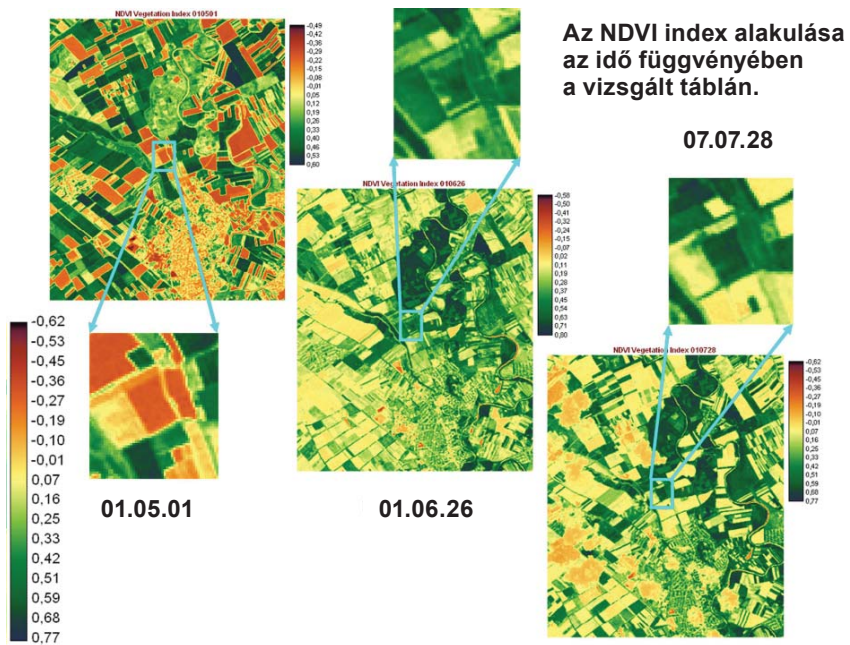
A 3. ábra az NDVI változását érzékelteti az idő függvényében a különböző hozamú területeken, a táblán belül. Véletlenszerűen kiválasztott képelemek esetén megvizsgáltuk a képelem területére jutó hozamot, majd az idő változásának függvényében végigkísértük a vegetációs index alakulását. Az adatsor mellé hozzárendeltük a felvételezést megelőző időszak összegzett csapadékmennyiségét. Nem lehet nem észrevenni, hogy a csapadék mennyiségének csökkenésével ugyancsak csökken a vegetációs index (bekarikázott rész).

1. ábra



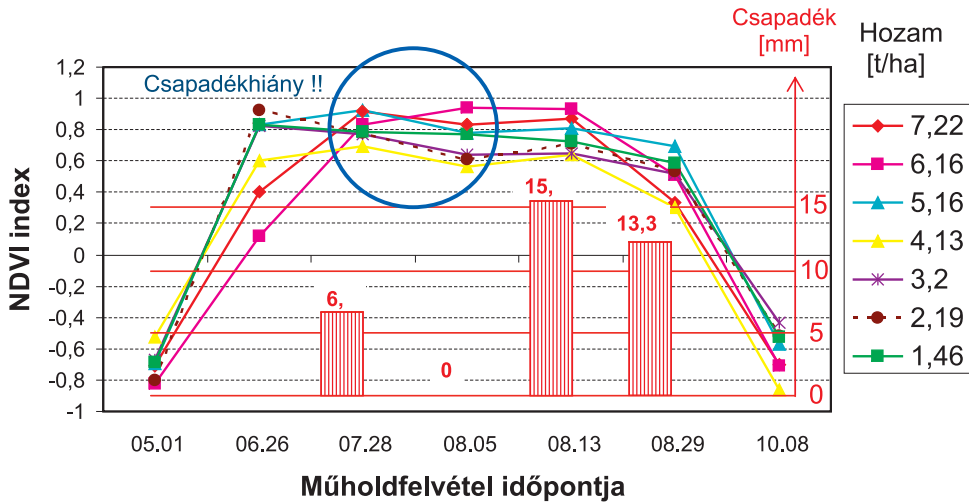
Az NDVI index értelmezése

2. ábra



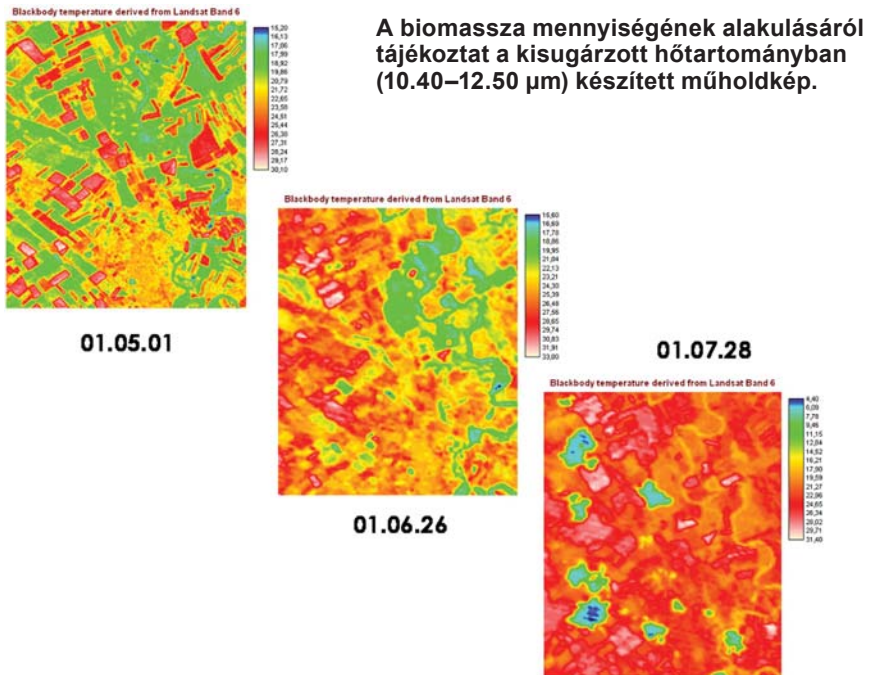
Az NDVI változása a zöldtömeg változásának függvényében

3. ábra



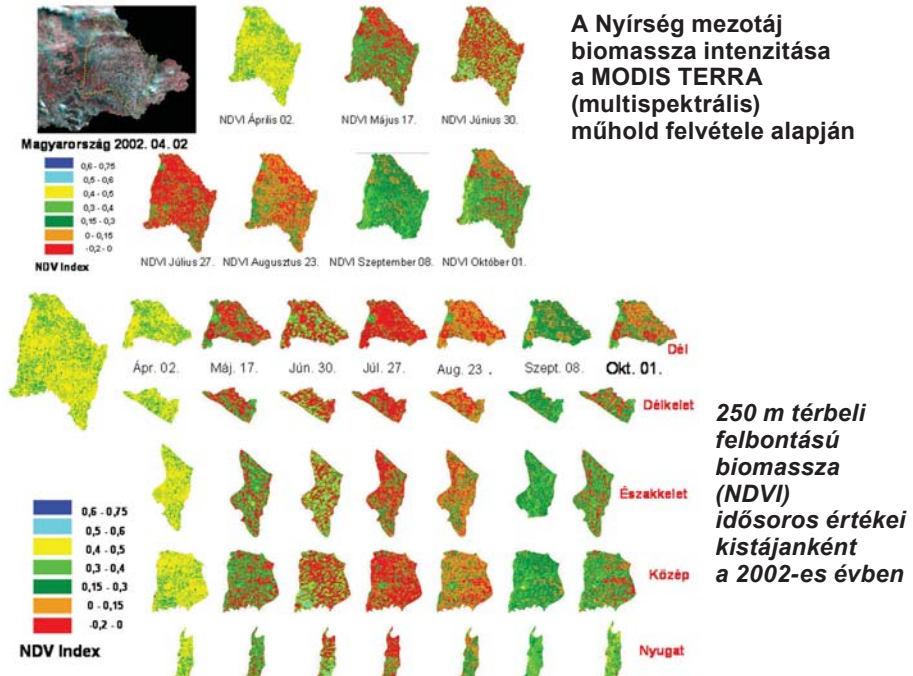
A csapadékhány jelentkezését mutató vegetációs index változása

4. ábra



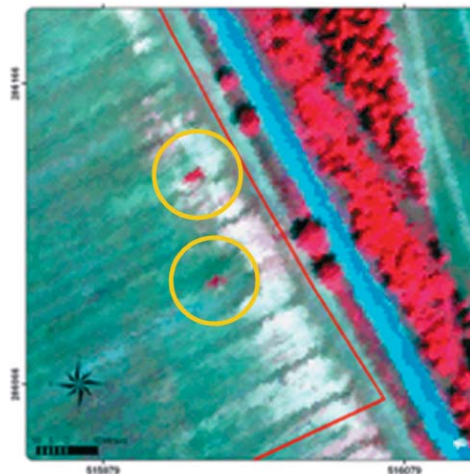
A Landsat 6 (hőtartomány) sávbán készített felvételek

5. ábra



Mezotáj léptékű NDVI alapú biomassza idősoros értékek

6. ábra



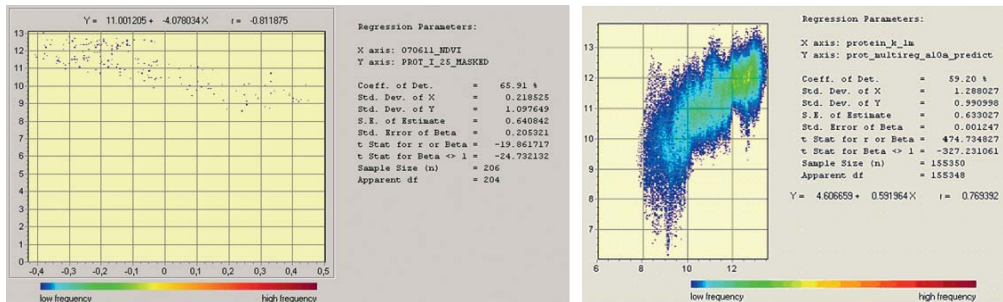
Kis kiterjedésű összefüggő vadkenderfolt detektálása nagyfelbontású légi felvételen

2. táblázat

Néhány fontosabb hiperspektrális vegetációs index

Név	Vegetációs index	Hivatkozás
Modified Triangular Vegetation Index (MTVI ₁)	$MTVI_1 = 1.2 \cdot [1.2 \cdot (R_{800} - R_{550}) - 2.5 \cdot (R_{670} - R_{550})]$	Haboudane et al., 2004
Modified Triangular Vegetation Index (MTVI ₂)	$MTVI_2 = \frac{1.5 \cdot [1.2 \cdot (R_{800} - R_{550}) - 2.5 \cdot (R_{670} - R_{550})]}{\sqrt{(2 \cdot R_{800} + 1)^2 - (6 \cdot R_{800} - 5 \cdot \sqrt{R_{670}}) - 0.5}}$	Haboudane et al., 2004
Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)	$RDVI = \frac{(R_{800} - R_{670})}{\sqrt{(R_{800} + R_{670})}}$	Rougean – Breon, 1995
Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (MCARI ₁)	$MCARI_1 = 1.2 \cdot [2.5 \cdot (R_{800} - R_{670}) - 1.3 \cdot (R_{800} - R_{550})]$	Daughtry et al., 2000
Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (MCARI ₂)	$MCARI_2 = \frac{1.5 \cdot [2.5 \cdot (R_{800} - R_{670}) - 1.3 \cdot (R_{800} - R_{550})]}{\sqrt{(2 \cdot R_{800} + 1)^2 - (6 \cdot R_{800} - 5 \cdot \sqrt{R_{670}}) - 0.5}}$	Daughtry et al., 2000
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$SAVI = (1 + L) \cdot (R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670} + L)$ [L: (0.1)]	Huete, 1988
Modified SAVI with self-adjustment factor L (MSAVI)	$MSAVI = \frac{1}{2} \left[2 \cdot R_{800} + 1 - \sqrt{(2 \cdot R_{800} + 1)^2 - 8 \cdot (R_{800} - R_{670})} \right]$	Qi et al., 1994
Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI)	$OSAVI = (1 + 0.16) \cdot (R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670} + 0.16)$	Rondeaux et al., 1996
Transformed Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (TCARI)	$TCARI = 3[(R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550})] / (R_{700} / R_{670})$	Haboudane et al., 2002

7. ábra



A mintamennyiség és a korreláció pontosságának alakulása műholdas (multispektrális) és repülőgépes (hiperspektrális) távérzékelés esetén

A biomassza tömegének változásához további információt nyújthatnak azok a felvételek is, amelyek a hőtartományban (10,40-12,50 µm) rögzítik a változásokat (4. ábra).

Az 5. ábrán adott nyírségi terület idősorait mutatjuk be, amely a térségben épülő biomassza-erőművek egyfajta „terméstérképe”. Ez is jelzi a multispektrális és hiperspektrális monitorozás széles körű felhasználási lehetőségét.

A hiperspektrális felvételek (legyenek azok légi, műholdas, vagy akár földközeli) akár egy hullámhossz visszaverődésének tanulmányozását is lehetővé teszik. Ezzel olyan jellemzők kimutatására is lehetőség nyílik, mint például a minőségi paraméterek, növényi betegségek, kórokozók, kártevők, gyomok stb. (2. táblázat). Mivel a hiperspektrális légi felvételek geometriai felbontása is nagymértékben javul a műholdképek geometriai

felbontásához viszonyítva, a vizsgált területen található elkülönülő foltok is könnyebben detektálhatók válnak (Neményi – Milics, 2007; Milics – Neményi, 2007) (6. ábra).

A 7. ábrán a multi- és hiperspektrális szenzorálás előnyei közül a minőségi paraméterek rögzítését érzékeltetjük, jól látható a hiperspektrális NDVI és az adott növény (árpa) fehérjetartalma közötti szoros korreláció. Ugyanakkor az a tény is megfigyelhető, hogy a hiperspektrális adatsor és a fehérjetartalom közötti korreláció gyengébb, de az adatok száma nagyságrenddel nagyobb, ami további elemzésekre ad lehetőséget.

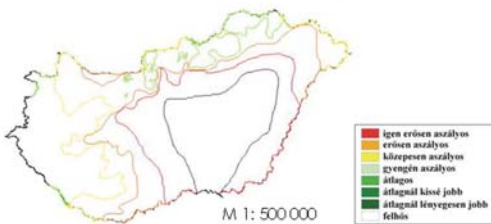
A TÁVÉRZÉKELES ALKALMAZÁSA A VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁSBAN

A többcélú édesvízkészlet – minden gondoskodás ellenére – az igények robbanásszerű növekedése miatt rohamosan fogy. Mind a meglévő vízkészletekkel végzett fenntartható gazdálkodás, mind egyéb alternatív (tisztított) vizek felhasználása térben és időben összehangolt munkát igényel. A klímaváltozási scenáriók és a tapasztalatok szerint a szélsőséges csapadékesemények gyakorisága nő, ugyanakkor a bekövetkezés helye és ideje egyre kevésbé határozható meg kizárólag a múltbeli hidrológiai eseményeken alapuló statisztikai számításokkal, mivel az elemzés feltételei mára részben megváltoztak.

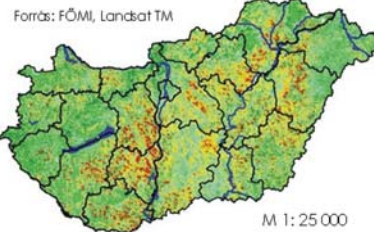
A néhány évtizede elegendő megbízhatósággal megalkotott adatállományok újragondolásra szorulnak. A nagyfelbontású műholdas és légi távérzékelési adatok léptékváltást és ezzel együtt járó információ-többletet nyújtanak a szakértők számára. A láthatóan jobb felbontású képek a vizuális információ-tartalom mellett az igazi többletet az infravörös és a távolabbi spektrumokban nyújtják. A Hortobágyhoz közel fekvő hajdúsági löszháton szemmel még nem kivehető látens károkat figyelhetünk meg, amelyet a növényi stressz (szikesedéssel összefüggő belvív-aszály foltok hatása) okozta színes mintázat jól mutat (8. ábra).

8. ábra

Ma általánosan használt aszálytérkép



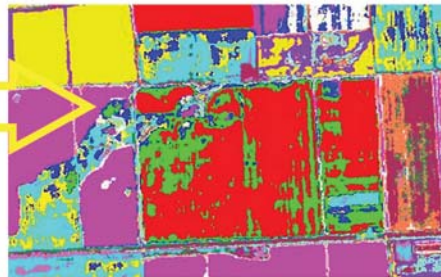
Tényleges aszály esemény (2007.08.)



Szikesedés ami légi felvételen látható

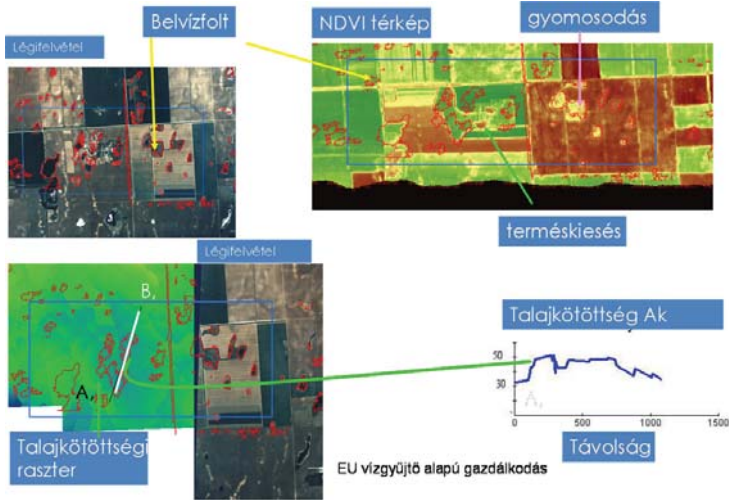


Szikesedés ami hiperspektrálisan mérhető



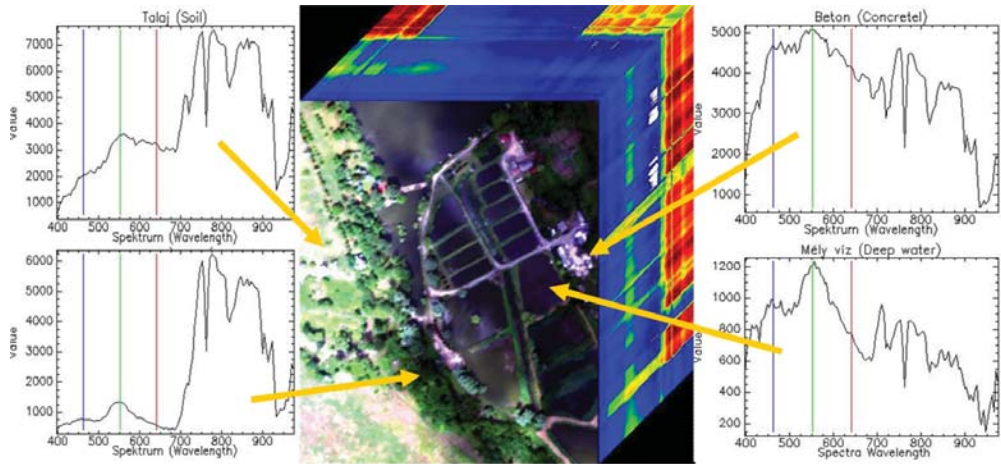
A léptékváltás és információ-többlet szükségessége a vízgazdálkodásban

9. ábra



Belvízfoltok és talajfizikai tulajdonságok térbeli értékelése

10. ábra



Az N dimenziós (298 csatornás) kép értelmezése és elemzése

Hazánk Hollandia után a második olyan ország (területi arányában), amelyet árvizek és belvizek leginkább fenyegetnek. Ezek nagyfelbontású felmérése, amely az EU vízgyűjtő alapú gazdálkodási igényeit és a hazai hatékonyabb földhasználatot kielégítené, nem történt meg. A hiányos adatok jelentik a

mezőgazdasági támogatási rendszerek egyik fő hibaforrását (termelésből kimaradt, de támogatást igényelt területek). Hasonló okokra vezethető vissza a nitrát-érzékeny területek (hazánk területének 49%-a!) „nagyvonalú” meghatározása, amely a szántók helytelen korlátozásához vagy a vizek felesleges

szennyezéséhez egyaránt vezethet. A 9. ábrán ezen kritikus területeknek (piros foltok tavaszi előntésből lehatárolva) a távérzékelés és földi felméréssel pontosított térképezését mutatjuk be. Az is látható, hogy a hiperspektrális felvételek a talajfizikai jellemzőkkel is függvénykapcsolatba hozhatók.

A legújabb légi hiperspektrális technikák lehetővé teszik, hogy akár 1 m-es geometriai felbontással, méterről méterre anyagvizsgálatot végezzünk a talajokra, növényekre, vizekre és lakott területre egyaránt. A Gödöllő közeli halastavak vízminősége és a környező tereptárgyak vizsgálatára példa a 10. ábrán bemutatott 298 képi csatornát feldolgozó adatkocka. A hagyományos távérzékelési eljárások 2-3 csatornájához képest az adatok mennyisége óriási mértékben megnőtt, amely a ténylegesen informatív értékeléshez speciális adatfeldolgozási algoritmusok és módszerek bevezetését is igényli.

Ezek a nagytömegű adatok mára nemcsak egy-egy kísérlet alkalmával érhetőek el, hanem egyre nagyobb gyakorisággal készülnek multi- és hiperspektrális adatok. A korábban szegénynek tekintett országok is távérzékelési hatalommá nőttek ki magukat.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a távérzékelés mára technikailag elérhető stratégiai információs ágazat, amelynek alkalmazott művelésére, továbbfejlesztésére a hazai műhelyek felkészültek. A szárazodás hatásainak mérsékléséhez és/vagy kivédéséhez:

- Térben és időben egyre nagyobb felbontású eszközöket kell fejleszteni.

- A nagyszámú adatbázis feldolgozásához új modellezési (kiértékelési) eljárásokat kell kidolgozni (fuzzy logika, neurális hálók stb.).

- Az új technológiákat és módszereket tesztelni (kalibrálni) és adaptálni kell.

- Új felhasználói ismeretek szükségeseik, és ezeket vissza kell csatolni a fejlesztőkhöz.

Meggyőződésünk, hogy a magyar kutatási háttér infrastruktúrában, szürkeállományban, valamint tapasztalat vonatkozásában felkészült a feladatokra. Remélhetően nem csak a törekvő harmadik világban ismerik fel a döntéshozók, hogy érdemes ebbe a technológiába többet investálni, hanem idehaza is. Mert az átlagember is tudja, hogy egy jó (tér)kép többet ér, mint ezer szó.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARET, F. – GUYOT, G. (1991): Potentials and Limits of Vegetation Indices for LAI and APAR Assessment. Remote Sensing and the Environment, Vol. 35, 161-173. pp.
- (2) CHEN, J. (1996): Evaluation of vegetation indices and modified simple ratio for boreal applications. Canadian Journal of Remote Sensing. Vol. 22, 229-242. pp.
- (3) DAUGHTRY, C. S. T. – WALTHALL, C. L. – KIM, M. S. – BROWN DE COLSTOUN, E. – ILL, J. E. M. (2000): Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. Remote Sensing of Environment. Vol. 74, 229-239. pp.
- (4) DEERING, D. W. – ROUSE, J. W. – HAAS, R. H. – SCHELL, J. A. (1975): Measuring „Forage Production” of Grazing Units From Landsat MSS Data. Proceedings of the 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment, II, 1169-1178. pp.
- (5) GITELSON, A. A. – MERZLYAK, M.N. (1998): Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. Advances in Space Research, 22, 689-692. pp.
- (6) HABOUDANE, D. – MILLER, J. R. – PATTEY, E. – ZARCO-TEJADA, P. J. – STRACHAN, I. B. (2004): Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sensing of Environment, Vol. 90 (3), Elsevier Science Ltd., 337-352. pp.
- (7) HABOUDANE, D. – MILLER, J. R. – TREMBLAY, N. – ZARCO-TEJADA, P. J. – DEXTRAZE, L. (2002): Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. Remote Sensing of Environment, Vol. 81, Elsevier Science Ltd., 416-426. pp.
- (8) MILICS G. – NEMÉNYI M.

- (2007): Adatgyűjtés műszaki és informatikai háttere. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, 139-159. pp. (9) NEMÉNYI M. – MILICS G. (2007): Precision agriculture technology and diversity. *Cereal Research Communications*, Akadémiai Kiadó, Vol. 35, Nr. 2, 829-832. pp. (10) PERRY, C. JR. – LAUTENSCHLAGER, L. F. (1984): Functional Equivalence of Spectral Vegetation Indices. *Remote Sensing and the Environment*, Vol. 14, 169-182. pp. (11) QI, J. – CHEHBOUNI, A. – HUETE, A. R. – KERR, Y. H. – SOROOSHIAN, S. (1994): A modified Soil Adjusted Vegetation Index. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 48(2), 119-126. pp. (12) RICHARDSON, A. J. – WIEGAND, C. L. (1977): Distinguishing Vegetation From Soil Background Information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 43, 119-126. pp. (13) RONDEAUX, G. – STEVEN, M. – BARET, F. (1996): Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, Vol 55 (2), 95-107. pp. (14) ROUGEAN, J. L. – BREON, F. M. (1995): Estimating PAR absorbed by vegetation from bidirectional reflectance measurements. *Remote Sensing of Environment*, Vol 51, 375-384. pp. (15) ROUSE, J. W. – HAAS, R. H. – SCHELL, J. A. – DEERING, D. W. (1973): Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, Vol. 1. NASA, Washington DC., 309-317. pp. (16) ROUSE, J. W. – HAAS, R. H. – SCHELL, J. A. – DEERING, D. W. – HARLAN, J. C. (1974): Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC, Greenbelt, MD., unpaginated (17) THENKABAIL, P. S. – WARD, A. D. – LYON, J. G. (1995): Landsat-5 Thematic Mapper models of soybean and corn crop characteristics. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 15, 49-61. pp. (18) THIAM, A. K. (1997): Geographic Information Systems and Remote Sensing Methods for Assessing and Monitoring Land Degradation in the Sahel: The Case of Southern Mauritania. Doktori disszertáció, Clark University, Worcester Massachusetts (19) TUCKER, C. J. (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 8, 127-150. pp.

AZ ASZÁLY ÉS A SZÁRAZODÁS TÉMAKÖR NEMZETKÖZI ELŐZMÉNYEI ÉS KAPCSOLÓDÁSAI

VERMES LÁSZLÓ

**Kulcsszavak: ENSZ, ICID, Európai Unió, sivatagosodás,
kezdeményezések, intézkedések.**

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az aszály, szárazodás, sivatagosodás rendkívül káros hatásaira – növekvő vízhiány, termőterületek leromlása, elszegényedés, migráció – irányítják a figyelmet a témakör nemzetközi előzményei. Ezek egyúttal aláhúzzák az eddigi magyarországi kezdeményezések helyes irányát és az „Aszály és szárazodás Magyarországon” konferencia időszerejét, valamint jelentőségét.¹

BEVEZETÉS

Az aszály és a szárazodás – a világszer-
te elterjedtebb kifejezéssel sivatagosodás
– minden kontinensen az érdeklődés hom-
lokterébe került, de különösen az ún. szá-
raz, rendszeresen vízhiányos területeken
vált egyre élesebb problémává. A globális
felmelegedés következtében kialakuló klí-
maváltozás lehet a legfőbb oka többek közt
a csapadékviszonyok megváltozásának, ami
sok országban – a nem kifejezetten aridnak
számító területeken is – a száraz periódusok,
az aszályok bekövetkezése gyakoriságának
és erősségének növekedését eredményezi.
A hosszan tartó és gyakran ismétlődő víz-
hiányos időszakok végül is az érintett terü-
let teljes leromlásához és az ott élő népesség
elszegényedéséhez vezetnek, ami társadal-
mi konfliktusokat gerjeszthet. Ennek veszé-
lye napjainkban több mint 1 milliárd embert
érint a Földön, és a felmérések szerint 135

millió főre tehető azok száma, akik emiatt
lakóhelyük elhagyására kényszerülhetnek,
főként az ún. fejlődő országokban. Mindez
elegendő indok arra, hogy a világ politikusai
is kiemelt figyelmet szenteljenek az aszály
és a szárazodás, illetve sivatagosodás elleni
küzdelemnek. Az alábbiakban az ezzel össze-
függő főbb nemzetközi eseményeket tekint-
jük át, különös tekintettel azokra, amelyek-
hez hazai kapcsolódások is történtek.

NEMZETKÖZI ELŐZMÉNYEK ÉS AZ AZOKHOZ VALÓ KAPCSOLÓDÁSAINK

Az ENSZ-szintű események

*Az Egyesült Nemzetek szintjén kétségtelen-
ül az 1992-ben (húsz évvel a Stockholmban
tartott első környezetvédelmi világkonfe-
renciát követően) Rio de Janeiróban meg-
rendezett Környezet és Fejlődés Konferencia
(UNCED) tekinthető alapvető fontosságú-
nak, mert igen körültekintően foglalkozott
a Föld környezetvédelmi kérdéseivel, és egy*

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyar-
országban című konferencián (Kecskemét, 2009.
október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

sor ügyben hozott jobbítást célzó határozatokat. Sok egyéb mellett itt tettek javaslatot *három globális egyezmény* létrehozására, nevezetesen

- a sivatagosodás elleni küzdelemről (UNCCD);
- a biológiai sokféleség (biodiverzitás) védelméről (UNCBD); és
- az éghajlatváltozásról (UNFCCC) szóló egyezmények kialakítására és megkötésére.

Említésre érdemes az is, hogy ekkor jelent meg a *Sivatagosodási Világ Atlasz* első kiadása, amely segítette ráirányítani a szélesebb közvélemény figyelmét erre a problémára. Az Atlasz második, átdolgozott kiadása *1997-ben jelent meg Nairobian*, az ott rendezett *Sivatagosodási Konferencián* (UNCOD).

A Rióban megkezdődött folyamat és előkészítő munka eredményeként *1994-ben, Párizsban* került sor a *UNCCD elfogadására* és kihirdetésére. A dokumentum pontos címe a következő: *ENSZ Egyezmény a Sivatosodás Elleni Küzdelemről azokban az Országokban, amelyeket komoly mértékű Aszály vagy Sivatosodás sújt, különösen Afrikában*. Ebből is látható, hogy bár legfőképpen a sivatagosodás és az ennek következtében kialakuló terület-degradáció megfékezése az Egyezmény célja, az aszály elleni küzdelemmel is foglalkozik.

Az Egyezmény elfogadásának napja, *július 17.* azóta a *Sivatagosodás és az Aszály Elleni Küzdelem Világnapja*, amikor világszerte rendezvényeken hívják föl az emberek figyelmét a kezdeményezés fontosságára. A csatlakozó 50. tagállam aláírása után 90 nappal lépett hatályba az Egyezmény *2006. december 26-án*, de ma már 191 ország vesz részt benne. Hazánk *1999-ben csatlakozott* az Egyezményhez, a 47/1999. (VI.3.) OGY határozattal, de ennek *kihirdetése* később történt meg, a *2003. évi CVII. törvényvel*. Ez az Egyezmény azért fontos, mert a hozzá csatlakozók *kötelezettséget vállalnak a Nemzeti Aszály Stratégia és a Cselekvési Program kidolgozására*, és ez országunk esetében is teljesítendő feladatot jelent. Magyarország hivatalos összekötője

(*Focal Point*) a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumban van.

A UNCCD legfelső döntéshozó szerve a *Részes Felek Konferenciája* (COP), amelyet két évente rendeznek meg, s amelyen áttekinthetik az aktuális helyzetet és feladatokat. Térselegünk szempontjából kiemelendő a *2000-ben, Bonnban tartott 4. Konferencia (COP4)*, ahol az Egyezményhez csatolták azt a mellékletet, amely a közép- és kelet-európai országokban a sivatagosodás és az aszály elleni küzdelem megvalósítandó sajátosságaival foglalkozik. Ennek szellemében kezdeményezte a Titkárság a *2003-ban, Minszkben* tartott regionális értekezleten egy közös, szubregionális aszályközpont létrehozását, majd *2004-ben, a Poiana-Brassov-ban* rendezett technikai workshopon ugyanennek a központnak a szakmai előkészítését. *2006-ban, Szófiában* újabb technikai workshop foglalkozott a létesítendő központ feladatainak és működésének pontos meghatározásával, és *2007-ben, Genfben* döntés született a UNCCD és a WMO közös *Közép- és Kelet-Európai Aszály Központjának (DMCSEE) megalakításáról*.

Hazánk részéről mind az előkészítő és tervező munkában, mind a Ljubljanában székelő Központ működésében aktívan részt vettünk és veszünk, segítve ezzel a régió aszály elleni tevékenységének szervezését, hatékonyságának javítását. Itt említhető meg az is, hogy Magyarország képviselőtében személyesen vettünk részt a *UNCCD Szakértő Csoportjában* 2002-2007 között, amely tanácsadó szervként foglalkozott a tagországok által jelzett kiemelkedő fontosságú témákkal, köztük pl. a Sivatosodási Világ Atlasz megújítását szolgáló irányelvek kidolgozásával, amelynek jelen dolgozat szerzője volt a témafelelőse.

A UNCCD szerepét értékelve megállapítható, hogy tevékenysége a tagországok kormányainak – elsősorban adminisztratív eszközökkel történő – meggyőzésén keresztül próbálta érvényesíteni az Egyezményben lefektetett alapelvek és követelmények teljesítését. A szervezetet ért kritikák hatására *2008-ban, Isztambulban rendkívüli ülést tartottak* a UNCCD központi szervei (CRIC,

CST), hogy kidolgozzák a működés megújulásához szükséges ajánlásokat a Részes Felek következő konferenciája számára. Ennek keretében került sor többek között a *10 éves stratégiai terv* kialakítására, valamint a *nemzeti jelentések készítéséhez indikátorok* kidolgozására. Mindezek nyomán a *2009 szeptemberében, Buenos Aires-ben tartandó COP9-en* és a hozzá kapcsolódó első tudományos konferencián fontos határozatok meghozatala várható az Egyezmény hatékonyabbá, eredményesebbé tétele érdekében.

Az Egyezményhez való csatlakozásunkból adódó feladatok nem csupán mint teljesítendő kötelezettségek fontosak számunkra, hanem főként azért, mert megegyeznek az országban egyébként is jelentkező problémákkal, és – amennyiben felismerjük szerepüket saját gondjaink enyhítésében – segítik azok megoldását.

Az ICID tevékenysége

A *Nemzetközi Öntözési és Vízrendezési Szövetség* (ICID) viszonylag korán felismerte az aszály okozta károk jelentőségét és a tartós vízhiányból származó problémákat, ezért két munkacsoportját is az aszály elleni fellépés szolgálatába állította. Az egyik munkacsoport világméretben az öntözés és az aszályok összefüggéseit vizsgálja a vízhiányos területeken, a másik kifejezetten az európai térség problémáival foglalkozik (EWTDRO). Utóbbi magyar javaslatra jött létre és igen aktív magyar közreműködéssel tevékenykedett, amit mutat az, hogy már az *1992-ben Budapesten megrendezett 16. Európai Regionális Konferencia* is intenzíven foglalkozott az aszály kérdéseivel, és ajánlást fogadott el az aszály kiemelt vizsgálatára a régióban. Ennek hatására kiterjedt kutatómunka indult meg az aszályval leginkább érintett országokban, és további nemzetközi rendezvényeken igyekeztek a szakértők ismertetni eredményeiket, javaslataikat. Ilyen volt az *Aszály a Kárpát-medencében* címmel *1995-ben, Budapesten tartott konferencia*, ahol ajánlás született többek közt az előbb említett Európai Aszály Munkacsoport felállítására, továb-

bá az *1998. évi Balkáni Aszály Konferencia* a volt Jugoszláviához tartozó Zajecarban, ahol megvitatták és elfogadták az ICID Aszálystratégiai Irányelveit, ami magyar szerkesztésben készült el, és ami alapját képezte a Bonnban, 1999-ben megjelent *Aszálystratégiai Útmutatónak*. Ezt a kiadványt több nyelvre lefordították, és számos országban fölhasználták a nemzeti aszálystratégia kidolgozásához, így természetesen hazánkban is.

A *Közép- és Kelet-Európai Aszálycsökkentési lehetőségek* volt a témája annak az ICID workshopnak is, amit *2000-ben ugyancsak Magyarországon* rendeztek (Budapest-Felsőörsön). A résztvevők itt olyan deklarációt fogadtak el, amely javaslatokat tartalmazott a további munkához, és hangsúlyozta a nemzetközi összefogást az aszályval kapcsolatos kérdésekben. Ezt egészítette ki a *2002-ben, Bledben (Szlovénia) megtartott ICID aszálycsökkentési konferencia*, amelyen javaslat született az *Európai Aszályérzékenységi Térkép* megszerkesztésére. Bár ennek a térképnek a kidolgozása még várat magára, a szerkesztés módszertanának alapjait a konferencia megfogalmazta. A nemzetközileg egységes metodika pontosítása még további kutatómunkát igényel, de egy ilyen térkép nagy segítséget nyújtana ahhoz, hogy az aszály elleni lépéseket a hatásának kitett legérzékenyebb területekre koncentrálhassák a térség országai. Reményeink vannak arra, hogy a Ljubljánban működő nemzetközi *Aszály Központ* (DMCSEE) keretében előbb-utóbb sor kerül mind a módszertan kidolgozására, mind pedig legalább egy regionális aszályérzékenységi térkép megszerkesztésére.

Intézkedések az Európai Unióban

Az Európai Unió is jelentőségének megfelelően foglalkozik az aszály problémáival. *2000-ben Brüsszelben* elfogadták az *EU Víz Keret Irányelvét (VKI)*, amely célul tűzte ki a Közösség területén a vizek minőségének javítását és a vízgazdálkodási szélsőségek (aszály, árvíz) kivédését. Az ennek alapján kidolgozandó vízgyűjtő-gazdálkodási ter-

vekben ki kell térni többi közt az aszályal kapcsolatban szükséges helyi intézkedésekre is. Fontosságára való tekintettel a VKI a *Nemzeti Aszály Stratégia* eddig elkészült tervezetében is a figyelembe veendő alapelvek között szerepel. Konferenciánkon külön kiadvány ismerteti a VKI hazai alkalmazásával kapcsolatos részleteket.

2007 júliusában, Brüsszelben kiadták a *klimaváltozásról szóló EU Zöld Könyvet*, amelyben kiemelik, hogy minden tagországban alkalmazkodási stratégiákra és cselekvési programokra van szükség a várható kedvezőtlen hatások ellensúlyozására, továbbá bemutatják, hogy az EU milyen nagy figyelmet fordít az emisszió-csökkentésre és az aszály elleni küzdelemre. Ezzel egyidejűleg jelent meg *A vízhiányról és az aszályról az Európai Unióban* című Bizottsági Tanulmány, amelyben ajánlásokat fogalmaztak meg a tagországok számára az aszály elleni felkészülésre, és ismertették az *Európai Víz Információs Rendszert (WISE)*, amely arra hivatott, hogy segítse többi közt az aszály elleni küzdelmet az EU területén.

A vízhiány és az aszály témái állandóan szerepelnek egyrészt a Víz Igazgatók Érte-

kezletein, másrészt az *EU Nemzetközi Környezetügyi Munkacsoportjának (WPIEI)* ülésein, amelyek közül többet kifejezetten a sivatagosodás és az aszály kérdéseinek szenteltek. Ezekben az üléseken sürgették és támogatták a UNCCD megújulását, valamint hangsúlyozták a három ENSZ Egyezmény közötti szorosabb kapcsolatok erősítését a tevékenységeik hatékonyabbá tétele érdekében. A Munkacsoport által létrehozott *Európai Aszály Hálózat (ENID)* konkrét kritikai megjegyzéseket és javaslatokat fogalmazott meg az Egyezmény reformjára vonatkozóan.

Ide kívánczik még annak megemlítése, hogy *2008 decemberében, az olaszországi Isprában* működő EU Közös Kutató Intézet szervezésében megkezdődött a *Sivatagosodási Világ Atlasz új változatának* kidolgozása. Az erre létrehozott szerkesztőbizottságban magyar képviselő is részt vesz a jelen dolgozat szerzője személyében. A tervezett új atlasz a korábbinál részletesebben és árnyaltabban kíván foglalkozni a sivatagosodás és az aszály jelenségeivel, és nyomtatott formája mellett digitális változatban is hozzáférhető lesz az érdeklődők számára.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) PÁLFAI, I. – PETRASOVITS, I. – VERMES, L. (1995): Some methodological questions of the European drought-sensitivity map. Proc. of the International Workshop on Drought in the Carpathians' Region (Eds: L. Vermes and A. Mihalyfy) ICID-HNC/MTESZ, Budapest-Alsó-göd, 3-5 May, 131-142. pp. (2) RAGAB, R. – DE JAGER, J.M. – VERMES, L. (eds.) (1997): Proceedings of the International Workshop of ICID on the Sustainable Irrigation in Areas of Water Scarcity and Drought – Oxford, England, 11-12 September (3) VERMES, L. (1992): Drought in Europe and in other parts of the World – General Report. Proc. of the 16th European Regional Conference of ICID – Budapest, 21-27 June – Vol. IV., 16-28. pp. (4) VERMES, L. (1996): European Work Team on Drought. ERWG Letter, 2. Moser Druck + Verlag GmbH, Rheinbach, 8-9. pp. (5) VERMES, L. (1996): Mit kellene tartalmaznia egy országos aszálystratégiának? Hidrológiai Tájékoztató, okt. MHT, Budapest, 29-30. pp. (6) VERMES, L. (1997): Measures to combat the socio-economic and environmental impacts of drought – General Report. Proc. of the International Workshop of ICID, Oxford, England, 11-12 Sept., 234-238. pp. (7) VERMES, L. (1998): Nemzetközi felkészülési törekvések az aszálykárok csökkentésére. Meteorológiai Tudományos Napok kiadványa (Szerk.: Mika J.), OMSZ, Budapest, 147-155. pp. (8) VERMES, L. (ed.) (1998): How to Work out a Drought Mitigation Strategy. An ICID Guide, DVWK Guidelines, 309/1998 – ICID ERWG and Kommissionsvertrieb WVGW mbH, Bonn (9) VERMES, L.

(1999): First Meeting of the Balkan Drought Work Team in Zajecar. ERWG Letter, 8., 10-11. pp. (10) VERMES, L. (2002): International efforts for drought mitigation. *Időjárás*, 106(3-4) 239-247. pp. (11) VERMES L. (2003): A Sivatagosodási Világ Atlasz korszerűsítése. *Agrokémia és Talajtan*, 52(3-4) 493-500. pp. (12) VERMES L. (2003): Az ENSZ Sivatagosodás és az Aszály Elleni Küzdelemről szóló Egyezménye (UNCCD) Szakértő Csoportjának alakuló ülése. *NHP/DHP Híradó*, 1. VITUKI, Budapest, 8-9. pp. (13) VERMES L. (2006): A Nemzeti Aszály Stratégia. „AGRO-21” Füzetek, 48. 30-33. pp. (14) VERMES L. – PÁLFAI I. (2007): Aszályok az újkori történelemben. *Magyarország és Európa, História*, XXIX(5-6) 53-55. pp. (15) VERMES, L. – SZEMESSY, Á. (eds.) (2000): Proceedings of the Central and Eastern European Workshop on Drought Mitigation. 12-15 April, Budapest-Felsőgöd, Hungary, 343 p.

*

A szövegben előforduló betűszavak magyarázata

COP	Conference of the Parties <i>Részes Felek Konferenciája (nemzetközi egyezményeknél)</i>
CRIC	Committee for the Review of the Implementation of the Convention <i>Az Egyezmény Végrehajtását Felügyelő Bizottság</i>
CST	Commission on Science and Technology <i>Tudományos és Technológiai Bizottság (nemzetközi egyezményeknél)</i>
DMCSEE	Drought Management Centre for South and Eastern Europe <i>Dél-Kelet Európai Aszály Központ (Ljubljana, Szlovénia)</i>
ENID	European Network on Impacts of Drought <i>Nemzetközi Aszály Hálózat</i>
EWTDRO	European Work Team on Drought (of ICID) <i>Európai Aszály Munkacsoport (ICID)</i>
ICID	International Commission on Irrigation and Drainage <i>Nemzetközi Öntözési és Vízrendezési Szövetség</i>
UNCBD	UN Convention on Biological Diversity <i>ENSZ Egyezmény a Biológiai Sokféleségről</i>
UNCCD	UN Convention to Combat Desertification (in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, particularly in Africa) <i>ENSZ Egyezmény a Sivatagosodás Elleni Küzdelemről (azokban az Országokban, amelyekben Komoly Aszály, ill. Sivatagosodás fordul elő, különös tekintettel Afrikára)</i>
UNCED	UN Conference on Environment and Development <i>ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia (Rio de Janeiro, 1992)</i>
UNCOD	UN Conference on Desertification <i>ENSZ Konferencia a Sivatagosodásról (Nairobi, 1997)</i>
UNFCCC	UN Framework Convention on Climate Change <i>ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény</i>
WISE	Water Information System for Europe <i>Európai Víz Információs Rendszer</i>
WMO	World Meteorological Organization <i>Meteorológiai Világszervezet (Genf)</i>
WPIEI	Working Party on International Environment Issues (EU) <i>EU Nemzetközi Környezetügyi Munkacsoport (Brüsszel)</i>

GAZDASÁGI NÖVÉNYEK SUGÁRZÁSHASZNOSÍTÁSÁNAK AGROKLIMATOLÓGIAI ELEMZÉSE

LANTOS ZSUZSANNA – VARGA ZOLTÁN – VARGA-HASZONITS ZOLTÁN
– ENZSÖLNÉ GERENCSÉR ERZSÉBET

Kulcsszavak: fotoszintetikusan aktív sugárzás,
sugárzáshasznosulás, biomassa, termés.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Meghatároztuk négy – az élelmezés szempontjából fontos – gazdasági növény (őszi búza, őszi árpa, kukorica, burgonya) sugárzáshasznosítását 1951-től 1990-ig minden megyére, 1951-től 2000-ig pedig 14 megyére.

A burgonyánál tapasztalható a legnagyobb mértékű sugárzáshasznosulás, átlagosan 3%. A legkisebb mértékben az őszi árpa hasznosítja a sugárzást, átlagosan 0,8%-os értékkel, melyet a másik kalászos gabona, az őszi búza csak kevéssel halad meg (0,86%). A kukorica átlagos sugárzáshasznosítása közelíti az 1%-ot. Az időbeli vizsgálatok azt mutatták, hogy a korszerű fajták bevezetése és az agrotechnika fejlődése a 90-es évekig növekvő trendet eredményez a sugárzáshasznosulás értékeiben. A 90-es évek elejétől visszaesés tapasztalható, amely agrotechnikai okokra vezethető vissza. A területi eloszlásnál megfigyelhető, hogy a sugárzáshasznosítás nagysága nem követi a fotoszintetikusan aktív sugárzás eloszlásának hazánkban tapasztalt övezetes rendjét. A legnagyobb sugárzáshasznosulással jellemezhető terület mind a négy növénynél főleg a Dunántúlon található, a legkisebb értékek az északkeleti részekben fordulnak elő.

A vizsgált növényekre kapott sugárzáshasznosulási együtthatók irodalmi értékekkel való összehasonlításakor azt tapasztaltuk, hogy számos esetben a képződött biomasszamentenyiség és a növény által elnyelt fotoszintetikusan aktív sugárzás hányadosával határozzák meg a sugárzáshasznosulási együtthatót. Ha átkonvertáljuk az általunk használt összefüggéseket erre a hányadosra, nagyságrendileg megfelelő értékeket kapunk, még az egyes növényekre kapott értékek közötti eltérések is hasonlóan jelennek meg az irodalmi értékekhez viszonyítva.

Az elméletileg lehetséges maximális értékekhez viszonyítva a vizsgálatainkban kapott eredmények viszonylag alacsony sugárzáshasznosulás-értékeket adtak mindegyik növényre. Célszerű a fontosabb gazdasági növények sugárzáshasznosulási együtthatóinak értékét növelni, mert ekkor arányosan nagyobb mértékű terméshozam érhető el. Például az őszi búza esetén a sugárzáshasznosulás 0,86%-ról 1%-ra történő emelkedése a terméshozamban már 16%-os növekedést eredményezne. Ugyanilyen mértékű terméshozam-növekedést a burgonyánál a 3%-os sugárzáshasznosulás 3,5%-ra történő emelkedése produkálna. Ez a cél a sugárzást jobban hasznosító fajták nemesítésével és a sugárzáshasznosulást elősegítő gyakorlati eljárások alkalmazásával érhető el.¹

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben két jelentős változás hívta fel a figyelmet az élelmiszer-termelés fontosságára. Az egyik változás a Föld lakosságának rohamos növekedése. A mezőgazdasági termelést folytató országok gondoskodhatnak arról, hogy a folyamatosan növekvő lakosság számára a szükséges élelmet megtermeljék. A mezőgazdasági termelést alapvetően kétféle módon lehet fokozni: vagy növelik a termőterület nagyságát, vagy fokozzák a termelés intenzitását. A legtöbb országban a termés intenzitásának a fokozása zajlott az elmúlt évtizedekben.

A másik változás a környezeti viszonyok alakulásában következett be. A 19. század közepe óta zajló erőteljes ipari tevékenység miatt a levegőben egyre több üvegházhatású gáz halmozódott fel, aminek hatására a Föld középhőmérséklete fokozatos emelkedést mutat. Emiatt felmerült az éghajlat világméretű megváltozásának a lehetősége, ami ugyancsak jelentős következménnyel járna az élelmiszer-termelés területén (Sun et al., 2009). Az éghajlat esetleges módosulása vagy az éghajlati övezetek eltolódása a mezőgazdasági termelés struktúrájának a változó viszonyokhoz való fokozatos hozzáigazítását igényelné.

Az élelmiszer-termelés alapja, hogy a zöld növények képesek a nap sugárzás energiája segítségével szerves anyagokból szerves anyagot előállítani. A szerves anyagok a nap sugárzás energiáját kémiai kötések formájában tartalmazzák, s ebből az energiából fedezik a növények szervezetük működésének energiaszükségletét.

A Föld teljes növényzetének sugárzáshasznosulása megbecsülhető, ha ismerjük a légkör felső határára érkező sugárzás energiáját (Gates, 1980; Budiko, 1984; Varga-Haszonits – Tölgyesi, 1990), valamint ebből a földfelszínre érkező, a növények által a fotoszintézis során hasznosítható energiamentiséget, illetve a növények által kémiaiilag megkötött energiamentiséget (Hall

– Rao, 1983; Penman, 1971). Ezek alapján megállapítható, hogy a Földre érkező fotoszintetikusán aktív sugárzás energiájának csak 0,23%-a hasznosul. Ez az alacsony érték azzal magyarázható, hogy a Föld felszínére érkező sugárzásmennyiségnek több mint 70%-a tengerekre és óceánokra jut, hozzávetőlegesen 9,3%-a terméketlen területre, 20%-a erdőre, füves területre és művelt területre (Hoffmann, 1987). Ezért külön megvizsgálták a szárazföldeket, és megállapították, hogy a sugárzáshasznosulás függ egyéb külső tényezőktől is, elsősorban a nedvességellátottságtól (Jefimova, 1977). A nem túlságosan nagy sugárzásienergia-bevétellel rendelkező Európában található a legnagyobb átlagos hasznosulás (1,26%). Ennek oka az lehet, hogy Európa jelentős részén jó a nedvességellátottság. Elég magas a Dél-Amerikára kapott érték is (1,13%). A produktivitást a nedves trópusok erdői nagymértékben növelik. Legalacsonyabb értékek Afrikában és Ausztráliában tapasztalhatók (0,6% alatt), melyek a nagy kiterjedésű sivatagos területekkel magyarázhatók, ahol nedvesség hiányában a sugárzási energia kihasználatlan marad.

Az egyes kontinensekre, illetve a Föld egészére számított sugárzáshasznosulás-értékek mellett érdemes meghatározni az elméletileg lehetséges maximális sugárzáshasznosulást, melyhez viszonyíthatjuk a tapasztalati értékeket.

A maximálisan lehetséges sugárzáshasznosulás meghatározására az egyik módszer Campbell (1977) dolgozta ki. Ebben a fotoszintetikusán aktív sugárzás középső hullámhosszához tartozó fotonok energiáját vetik össze az 1 mólnyi anyagban megkötött energia mennyiségével. Ekkor a maximális sugárzáshasznosulást úgy számítják ki, hogy a fotoszintetikusán aktív sugárzás 380 nm és 710 nm közötti sávját veszik alapul. A tartomány középső hullámhosszának a 445 nm hullámhossz felel meg, ahol 1 foton energiája Planck törvénye alapján 269 kJmol^{-1} . Ebből meghatározható a fotoszintézis beindításához szükséges fotonok energiája, illetve

a mólonként elnyelt energiamennyiség. Ezt összevetve a fotoszintézis során képződött 1 mól szénhidrát által megkötött energiával, 22% maximálisan lehetséges sugárzáshasznosítást kapunk.

A másik módszer – *Burgos (1986)* elmélete alapján – a földfelszínre érkező sugárzás felhasználásának becsült értékéből következtet a maximálisan lehetséges sugárzáshasznosulás értékére. A következtetése három feltételezésen alapul:

a) A fotoszintetikusan aktív sugárzás a földfelszínre érkező sugárzásnak mintegy 45-55%-át teszi ki. Tétélezzük fel, hogy ennek alsó határa (45%) érzékel a növényállományok felső határára.

b) Ebből a sugárzási energiából mintegy 5-10%-nyi visszaverődik a növényállományról (*Jones, 1983; Rosenberg et al., 1983*). Vegyük a visszavert értéket 10%-nak, akkor a növényállományok számára már csak 35% áll rendelkezésre.

c) A növényeknek életfolyamataik lebonyolításához is energiára van szükségük, amelynek mértékét a fotoszintézis által megkötött teljes energiamennyiség egyharmadára becsülik (*Burgos, 1986*). Vagyis a b) pontban meghatározott energiamennyiségnek mintegy 11-12%-a az életfolyamatok fenntartására fordítódik. Így végül hozzávetőlegesen a növényállományra érkező sugárzásnak maximálisan mintegy 23-24%-a az, ami a fotoszintézis során hasznosulni képes.

Mindkét módszerben egymáshoz közeli eredmény adódott. A maximálisan lehetséges sugárzáshasznosulás feltételezhető értéke 22-24%, a valóságban azonban a növények legfeljebb csak néhány %-ot képesek hasznosítani. Ezért jobban meg kell ismerni a fontosabb gazdasági növények tényleges sugárzáshasznosítását, illetve ennek növelésének feltételeit – alkalmazkodva az említett változásokhoz –, mivel nagyobb mértékű sugárzáshasznosulás intenzívebb szervesanyag-termelést okoz.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A sugárzási energia és a terméshozam-értékek folyamatos megfigyelése lehetővé teszi, hogy a hazai gazdasági növények sugárzáshasznosulását meghatározzuk. A növények sugárzáshasznosítását (ϵ) a növények által elnyelt és megkötött energiának ($Q_{\text{NÖV}}$) az adott helyen földfelszínre érkező összes energiamennyiséghez (Q_{FA}) viszonyított aránya fejezi ki:

$$\epsilon = \frac{\text{A növény által kémiailag megkötött energia}}{\text{A talajfelszínre érkező összes energia}} = \frac{Q_{\text{NÖV}}}{Q_{\text{FA}}} \quad (1)$$

Mindenekelőtt a növények által elnyelt és megkötött energia mennyiségét szükséges meghatározni. Ehhez két értéket kell ismerni: a képződött biomassa mennyiségét és az egységnyi biomassa előállításához szükséges sugárzásmennyiséget. A biomassa helyett sok esetben a föld feletti zöldtömeget szokták megadni, mivel a gyökérzet súlyának figyelembe vétele megnehezítené a méréseket. A zöldtömeget általában nem mérik, hacsak nem esik egybe a gazdaságilag hasznos termékkel (pl. a lucerna esetében). A gazdaságilag hasznos termést mérik, de ebből a zöldtömeg kiszámítható, ha ismerik a gazdaságilag hasznos termés és a zöldtömeg arányát (harvest index = HI), amelyet a következőképpen adhatunk meg:

$$HI = \frac{Y_{\text{GAZD}}}{Y_{\text{BIO}}} \quad (2)$$

ahol Y_{GAZD} a gazdaságilag hasznos termés, az Y_{BIO} pedig a biológiai termés, vagyis a zöldtömeg.

Amennyiben ismerjük a gazdaságilag hasznos termést és a harvest index értékét, akkor a (2) egyenletből ki tudjuk számítani a zöldtömeget:

$$Y_{\text{BIO}} = \frac{I}{HI} \cdot Y_{\text{GAZD}} \quad (3)$$

A zöldtömeget kívül ismerni kell még az 1 g biomassa előállításához szükséges energiamennyiséget (Q_0), amit állandónak szoktak tekinteni, értéke pedig 17 000 J (*Penman,*

1971). Ez az érték 1 kg szerves anyagra vonatkozóan 17 000 kJ. A növény által kémiai-
lag megkötött energia mennyiségét ($Q_{NÖV}$)
úgy kapják meg, hogy a kg-ban megadott
biomassza-mennyiséget (Y_{BIO}) megszoroz-
zák az 1 kg biomassa előállításához szüksé-
ges energiamennyiséggel ($Q_0 = 17\,000$ kJ):

$$Q_{NÖV} = Y_{BIO} \cdot Q_0 = \left(\frac{1}{HI} \cdot Y_{GAZD} \right) \cdot Q_0 \quad (4)$$

A földfelszínre érkező összes energia
mennyiségét folyamatosan mérik a meteoro-
lógiai állomásokon. A vegetációs periódusra
vonatkozó fotoszintetikusán aktív sugárzás
értéke (Q_{FA}) így a mért adatokból egyszerűen
meghatározható. Ennek megfelelően, ha a
gazdasági termés adatai állnak a rendelkez-
zésre, akkor az (1) összefüggés így írható:

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{1}{HI} \cdot Y_{GAZD} \right) \cdot Q_0}{Q_{FA}} \quad (5)$$

Az Y_{GAZD} kg/ha értékekben van megadva,
a Q_0 kJ-ban, a Q_{FA} értékek pedig MJ·m⁻²-ben,
ezért ez utóbbiakat át kell számítani kJ·ha⁻¹
értékekre. A kapott eredményt pedig %-ban
szokták kifejezni.

A sugárzáshasznosulás adatait hazánkban
korábbi adatokon már elemezték (Varga-Ha-
szonits, 1981; Szász, 1994; Varga-Haszonits
et al., 1999). Jelen munkában az elemzést a
20. század második felének adatsorán végeztük
el. A gazdaságilag hasznos termés adatai
megyékre vonatkozóan rendelkezésre álltak
a Központi Statisztikai Hivatal által kiadott
Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Statisztikai
Zsebkönyvekben. Számításainkhoz az
ezekben található megyei adatokat használ-
tuk fel. A fotoszintetikusán aktív sugárzás
értékeit az Országos Meteorológiai Szolgálat
állomáshálózata által mért napfénytartam-
adatok felhasználásával a Varga-Haszonits
és Tölgyesi (1990) által kidolgozott módszerrel
számítottuk ki. 1951-től 1990-ig minden
megyére meghatároztuk az őszi búza, őszi
árpa, burgonya és kukorica sugárzáshasznosulási
együtthatóinak értékét. Mivel 1991-től
2000-ig csak 14 megyére vonatkozóan álltak

rendelkezésre a fotoszintetikusán aktív su-
gárzás értékei, így az 1951-től 2000-ig terje-
dő 50 éves időszakra csak Győr-Moson-Sop-
ron, Vas, Zala, Tolna, Baranya, Bács-Kiskun,
Pest, Jász-Nagykun-Szolnok, Csongrád, Bé-
kés, Hajdú-Bihar, Szabolcs-Szatmár, Bor-
sod-Abaúj-Zemplén és Heves megyére hatá-
roztuk meg a sugárzáshasznosulást.

A harvest index értékeknél figyelembe
vettük, hogy az őszi árpa és az őszi búza
esetén nincs jelentős eltérés. Az irodalom-
ban 0,36 és 0,55 közötti értékek találhatók,
legtöbb esetben 0,4-től 0,5-ig terjedően (Ba-
nedjschafie et al., 2008; Delogu et al., 1998;
Fletcher – Jamieson, 2009; López – Arrúe,
1997; Moret et al., 2007). Ezért vizsgálataink
során mindkét növényre 0,45-ös harvest in-
dexszel számoltunk.

A kukoricára vonatkozó harvest index
értékek a 0,5 körüli, viszonylag szűk inter-
vallumban mozognak, így ezt vettük figye-
lembe (Cedron et al., 2008; Mushagalusa et
al., 2008). A burgonya harvest index értéke
0,5-től indulóan egyes esetekben még a 0,8-as
érték közelében is található, de leggyakrab-
ban 0,6-os érték a jellemző, ezért ezzel szá-
moltunk (Fageria, 1992; Mackerron – Heilb-
ronn, 1985; Mushagalusa et al., 2008).

AZ EREDMÉNYEK

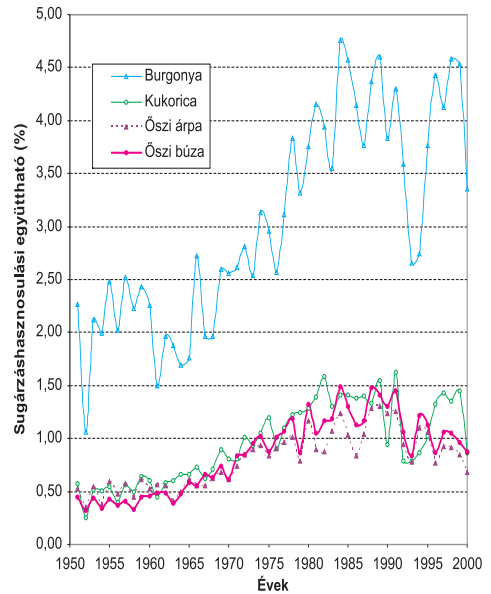
Az 1. ábra mutatja az (5) formula alap-
ján a megyei értékekből kiszámított orszá-
gos átlagértékeket a vizsgált négy növényre,
az 1951-2000 időszakra. Az eredmények-
ből látható, hogy a legnagyobb mértékben
a burgonya hasznosítja a sugárzást, legki-
sebb mértékben pedig az őszi árpa. A bur-
gonya sugárzáshasznosulási együtthatója az
50 éves időszak folyamán átlagosan 3,05%.
Ez több mint háromszorosa annak, amit a
másik három növénynél figyelhetünk meg.
A kukoricára átlagosan 0,96%, az őszi búza
és őszi árpa esetén ettől kb. 0,1%-kal kisebb
átlagértékeket kaptunk az 50 éves időszakra.

A sugárzáshasznosulás értékeiben mind-
egyik növénynél tapasztalható egy határozot-

tan növekvő tendencia 1951-től a 90-es évek elejéig, a meteorológiai tényezők által okozott évenkénti ingadozás mellett. 1993-ban az összes növénynél egy jelentős visszaesés mutatkozik, majd a következő években az 1993 előtti érték közelébe visszaálló sugárzashasznosulás enyhe csökkenő trendet mutat 2000-ig, ami agrotechnikai okokkal magyarázható. A legnagyobb mértékű ingadozás a burgonyánál figyelhető meg.

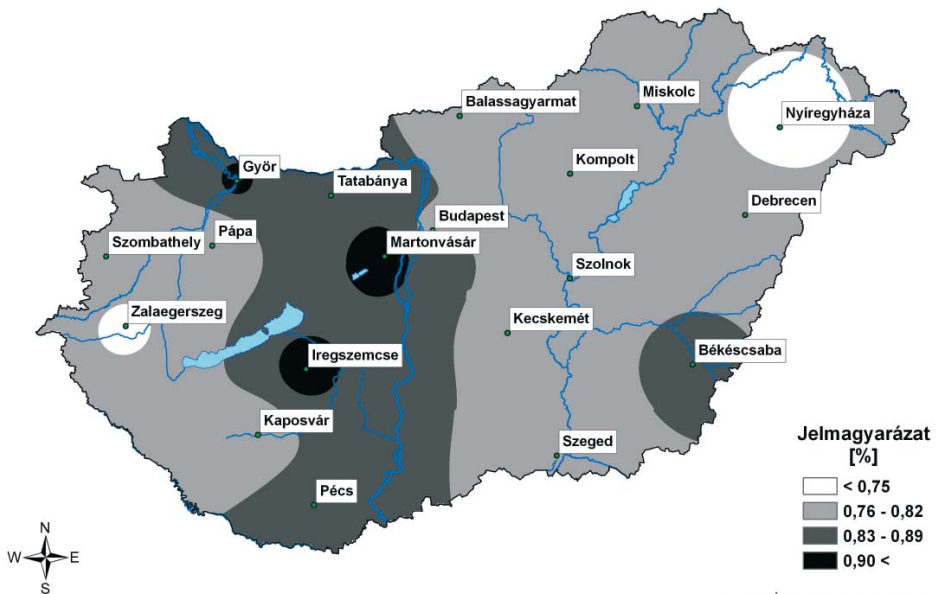
A megyei adatok alapján elemeztük a vizsgált növények sugárzashasznosulási együtthatóinak területi eloszlását is. Az 1951-től 1990-ig tartó időszakra az őszi búzára vonatkozó átlagos értékeket szemlélteti a 2. ábra. A legnagyobb értékek (0,90 felett) Győr, Martonvásár és Iregszemcse megfigyelőhelyek körzetében található (feketével ábrázolt területek). A Győr-Komárom-Fejér-Tolna-Baranya sávban a Dunántúl keleti részén és Békés megye környékén 0,83 feletti értékek található (sötétszürke terület). Az ország nagyobb részén 0,76 és 0,82 közötti értékek a jellemzőek (középszürke terület).

1. ábra



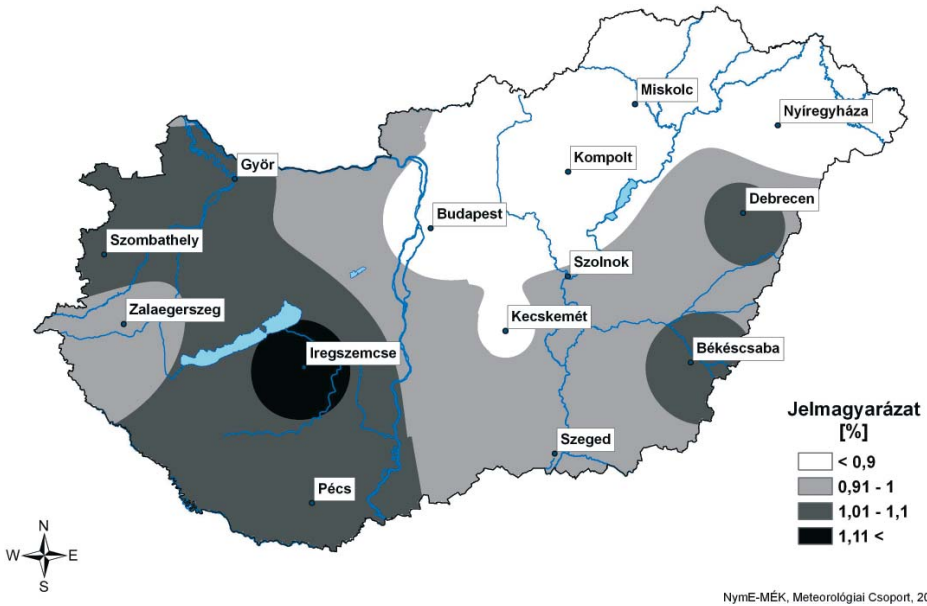
Sugárzashasznosulási együtthatók országos átlagértékei 1951-től 2000-ig

2. ábra



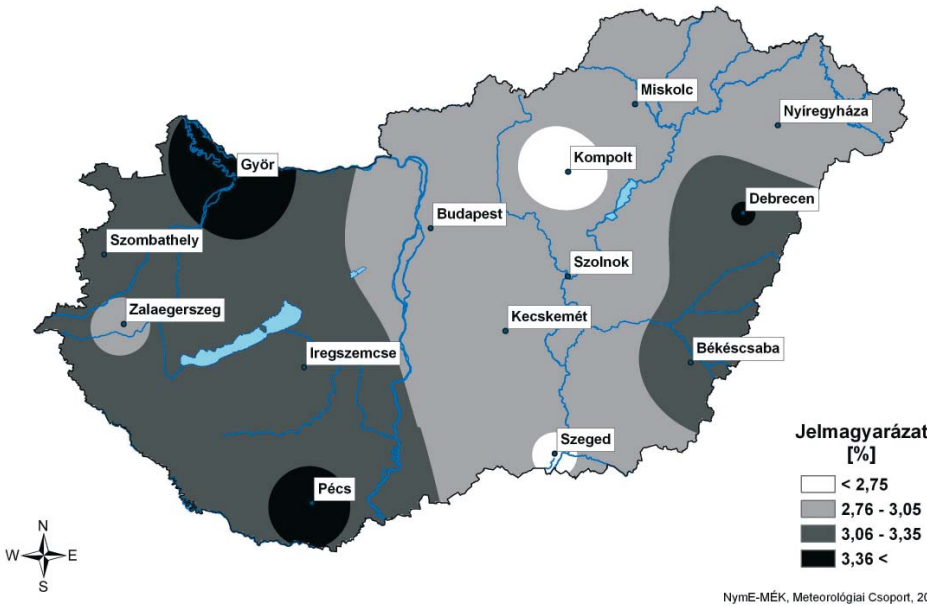
Őszi búza sugárzashasznosulása megyei átlagokkal 1951-től 1990-ig

3. ábra



Kukorica sugárzáshasznosulása megyei átlagokkal 1951-től 2000-ig

4. ábra



Burgonya sugárzáshasznosulása megyei átlagokkal 1951-től 2000-ig

1. táblázat

**A sugárzashasznosulási együttható értékek átlagai és szélsőértékei
1951-től 1990-ig, illetve 1951-től 2000-ig 14 megyére**

	1951-1990			1951-2000		
	minimum	átlag	maximum	minimum	átlag	maximum
Burgonya	0,66	2,86	7,12	0,66	3,05	7,12
Kukorica	0,17	0,91	1,98	0,17	0,96	2,08
Őszi búza	0,23	0,81	1,73	0,23	0,86	1,73
Őszi árpa	0,26	0,76	1,53	0,26	0,80	1,53

A legkisebb hasznosulás Zala és Szabolcs megyében van 0,75% alatti értékekkel (fehér területek). Az őszi árpa hasonló területi eloszlást mutat.

A kukorica 1951 és 2000 közötti időszakra vonatkozó átlagértékei (3. ábra) a Dunántúl középső részén a legnagyobbak (1,11% felettiek). A Dunántúl sötétszürkével ábrázolt területére, valamint Békéscsaba és Debrecen környékére az 1,01 és 1,10 százalék közötti értékek a jellemzők. Az ország nagyobb részén (a középszürke árnyalatú területeken) a kukorica sugárzashasznosítása 0,91 és 1,01 százalék között mozog. Az ország északi-északkeleti területein és Kecskemét környékén a legkisebbek (0,90% alattiak) a sugárzashasznosulás értékei (fehér színű terület).

A burgonya sugárzashasznosulásának területi eloszlását az 1951 és 2000 közötti időszak adatai alapján szemlélteti a 4. ábra. A legmagasabb értékek (3,35% felettiek) a Kisalföld területének nagy részére és a Pécs környéki területre jellemzőek (fekete színű terület). A Dunántúl legnagyobb részén és a kelet Tiszántúl középső részén a sugárzashasznosulás 3,06% és 3,35% közötti (sötétszürke árnyalatú terület). A Duna–Tisza köze, a nyugat Tiszántúl és Észak-Magyar-

ország területein a burgonya sugárzashasznosulása 2,76% és 3,05% között változik (középszürke árnyalatú rész). Csak Kompolt és Szeged környékén fordulnak elő 2,75% alatti sugárzashasznosulási értékek.

Mivel viszonylag kevés megfigyelőállomásról voltak adataink, ezért a kapott sugárzashasznosulás-értékek területi eloszlása csak egy tendenciát érzékeltet, amely mind a négy növényre azt mutatta, hogy a legnagyobb sugárzashasznosulás a dunántúli területeken és az Alföld délkeleti részén található, közepes értékek az Alföld középső területein, és a legkisebb hasznosulás az északkeleti részekben tapasztalható.

Összehasonlítottuk 1951-től 1990-ig a megyei adatok átlagát az 1951-től 2000-ig terjedő időszakokra kapott átlaggal, ugyanazt a 14 megyét figyelembe véve. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Minden növénynél 5-6%-kal magasabb átlagos sugárzashasznosulási értékeket kaptunk az 50 éves időszakban, szinte változatlan minimum és maximum értékek mellett. Ennek oka az, hogy az 1991-2000 időszak viszonylag magas hasznosulási értékei nem párosultak nagyobb ingadozásokkal az 1990 előtti 40 éves időszakhoz képest.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BANEDJSCHAFIE, S. – BASTANI, S. – WIDMOSER, P. – MENGEL, K. (2008): Improvement of water use and N fertilizer efficiency by subsoil irrigation of winter wheat. *European Journal of Agronomy*, Vol 28. Issue 1, 1-7. pp. (2) BUDIKO, M. I. (1984): Globalnaja ekologija. *Gidrometeoizdat*, Leningrad (3) BURGOS, J. J. (1986): Equilibrium and extreme climatic conditions of world's biomes and agroecosystems. *Land Use and Agrosystem Management under Severe Climatic Conditions*, WMO. Technical Note, No. 148: 12-56. pp. (4) CAMPBELL, I. M. (1977):

Energy and the atmosphere. A physical-chemical approach. John Wiley and Sons Ltd., London (5) CAVIGLIA, O.P. – SADRASA, V.O. (2001): Effect of nitrogen supply on crop conductance, water- and radiation-use efficiency of wheat. *Field Crops Research* (69) 259-266. pp. (6) CEDRÓN, F. X. L. – BOOTE, K. J. – PIÑEIRO, J. – SAU, F. (2008): Improving the CERES-Maize Model Ability to Simulate Water Deficit Impact on Maize Production and Yield Components. *Agron. Journal*. (100) 296–307. pp. (7) DELOGU, G. – CATTIVELLI, L. – PECCHIONI, N. – FALCIS, D. D. – MAGGIORE, T. – STANCA, A. M. (1998): Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy*, Vol 9. Issue 1, 11-20. pp. (8) FAGERIA, N. K. (1992): Maximizing Crop Yields. Marcel Dekker Inc. New York (9) FLETCHER, A. L. – JAMIESON, P. D. (2009): Causes of variation in the rate of increase of wheat harvest index. *Field Crops Research* (113) 268–273. pp. (10) GATES, D. M. (1980): *Biophysical Ecology*. Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin (11) HALL, D. O. – RAO, K. K. (1983): *Photosynthesis*. Third edition. (Orosz fordítás), Mir, Moszkva (12) HOFFMAN, P. (1987): *Fotoszintézis*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (13) JEFIMOVA, N. A. (1977): *Ragyiacionniye faktori progyuktyivnosztyi rasztyityelnovo pokrova*. Gidrometeoizdat, Leningrád (14) JONES, G. (1983): *Plants and Microclimate*. Cambridge University Press, Cambridge (15) KEMANIAN, A. R. – STÖCKLE, C. O. – HUGGINS, D. R. (2004): Variability of Barley Radiation-Use Efficiency. *Crop Sci.* (44) 1662–1672. pp. (16) KINIRY, J.R. – LANDIVAR, J.A. – WITT, M. – GERIK, T.J. – CAVERO, J. – WADE, L.J. (1998): Radiation-use efficiency response to vapor pressure deficit for maize and sorghum. *Field Crops Research* (56) 265–270. pp. (17) LINDQUIST, J. L. – ARKEBAUER, T. J. – WALTERS, D. T. – CASSMAN, K. G. – DOBERMANN, A. (2005): Maize Radiation Use Efficiency under Optimal Growth Conditions. *Agron. J.* (97) 72–78. pp. (18) LÓPEZ, M.V. – ARRÚE, J.L. (1997): Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. *Soil & Tillage Research* (44) 35-54. pp. (19) MACKERRON, D.K.L. – HEILBRONN, T.D. (1985): A method for estimating harvest indices for use in surveys of potato crops *Potato Research* (28) 279-282. pp. (20) MORET, D. – ARRÚE, J.L. – LÓPEZ, M.V. – GRACIA, R. (2007): Winter barley performance under different cropping and tillage systems in semiarid Aragon (NE Spain). *European Journal of Agronomy*, Vol 26. Issue 1, 54-63. pp. (21) MUSHAGALUSA, G. N. – LEDENT, J.-F. – DRAYE, X. (2008): Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany* (64) 180–188. pp. (22) PENMAN, H. L. (1971): Water as factor in productivity. In: *Potential Crop Production, A Case Study*. Ed. by P.F. Wareing and J. P. Cooper, Heinemann Educational Books, London, 89-99. pp. (23) ROSENBERG, N. J. – BLAD, B. B. – VERMA, S. B. (1983): *Microclimate. The Biological Environment*. John Wiley and Sons, New York (24) SUN, J. – YANG, L. – WANG, Y. – ORT, D. R. (2009): FACE-ing the global change: Opportunities for improvement in photosynthetic radiation use efficiency and crop yield. *Plant Science* (177) 511–522. pp. (25) SZÁSZ G. (1994): Szántóföldi növények szoláris energiahasznosítása Magyarországon. *Növénytermelés*, Tom 43. No. 5. 403-416. pp. (26) VARGA-HASZONITS Z. (1981): A gazdasági növények terméshozamának éghajlati potenciálja. *MTA X. Osztályának Közleményei* 14, 2-4, 253-269. pp. (27) VARGA-HASZONITS Z. – TÖLGYESI L. (1990): A globálsugárzás és a fotoszintetikusán aktív sugárzás számítása rövid időszakokra. *Beszámolók az 1986-ban végzett tudományos kutatásokról*, OMSz, Budapest, 109-132. pp. (28) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS Zs. – SCHMIDT R. – VÁMOS O. (1999): A fontosabb gazdasági növények sugárzáshasznosítása Magyarországon. *Növénytermelés*, 48, No. 2. 189-197. pp.

A KLÍMAVÁLTOZÁS DETEKTÁLÁSA ÉS HATÁSAINAK SZIMULÁCIÓS VIZSGÁLATA KESZTHELYEN

KOCSIS TÍMEA

Kulcsszavak: Keszthely, hőmérséklet-emelkedés,
csapadécsökkenés, kukorica, mikroklíma.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Keszthelyen a részletesebb elemzések rámutatnak arra, hogy a XX. század második felében a csapadékadatokban módosulás tapasztalható. Statisztikailag igazolható a tavaszi lineáris csapadécsökkenési tendencia, ami igen kritikusan érintheti a mezőgazdaságot. A keszthelyi adatsorok alapján az őszi hónapokban jelentkező második maximum eltűnni látszik, az őszi hónapok csapadékösszegei kiegyenlítettek. Október hónapban szignifikáns csapadécsökkenés mutatkozik. A csapadékmentes periódusok számának vizsgálatakor megállapítható, hogy egy-egy tenyészidőszak alatt legalább egy 15 napos, vagy két 10-14 napos csapadékmentes periódussal szükséges szembesülniük a gazdálkodóknak.

Keszthelyen a statisztikailag igazolható felmelegedés ($0,49\text{ °C}/100\text{ év}$) kisebb, mint a többi dunántúli állomáson kimutatható hőmérséklet-emelkedési tendencia ugyanezen időszak alatt. A nyáron kimutatható felmelegedés egyrészt kedvezően befolyásolhatja a balatoni turizmust, másrészt a párolgás és a párolgotatás fokozásával kedvezőtlenül hathat a Balaton vízkészlet-változására és a növényi vízfelhasználásra. A nyári és az őszi középhőmérsékletek változékonyságában csökkenés mutatható ki, ami arra utal, hogy egyre inkább az évszakos átlaghoz közelebb eső értékek fordulnak elő az adatsorban. Meg kell itt jegyeznünk, hogy ezzel párhuzamosan a nyári középhőmérséklet az éves tendenciát meghaladó mértékű emelkedést mutat. A havi adatokban nem mutatható ki szignifikáns változás.

A kukoricaállományok mikroklíma-vizsgálataiban megállapítható, hogy az állomány energiaforgalmában nem tapasztalható szignifikáns eltolódás a víz párolgotatására szolgáló látens hő irányába a feltételezett felmelegedés és csapadécsökkenés hatására. A mikroklíma elemeinek alakulására vonatkozó eredmények alapján megerősített nyert, hogy a klimatikus körülményeken kívül az állomány architektúrája is kiemelt szerepet játszik alakulásukban. A sztómaellenállás, a növény és az állományon belüli légtér hőmérsékletének változásaiból arra következtethetünk, hogy a természetes vízellátás a klímaváltozás fokozódásával nem fogja fedezni a növényi vízigényt, így a kukorica gazdaságos termelése érdekében a gazdáknak Keszthely környékén is fel kell készülniük az öntözéssel termelésre, valamint a talaj vízkészleteinek megővését segítő agrotechnikai eljárások alkalmazására.

BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedekben a globális klímaváltozás és annak érzékelhető hatásai nemcsak a tudományos körök, de a környezetért aggódó lakosság figyelmének is a középpontjába kerültek. A globális klímaváltozás – az eddigi kutatások alapján, és főképpen a közelmúlt eredményei szerint – valós veszélyt jelent a társadalom számára, az esetleges változásokra való felkészülés elengedhetetlen. A globális klímaváltozás hatásai szakterületenként és földrészenként, területenként is eltérőek. Európa szívében a Kárpát-medence az egyik legérzékenyebb és legnehezebben modellezhető terület. A változások mértéke és egyes esetekben az iránya sem egyértelmű. Magyarország éghajlatának változása a nemzetgazdaság szinte minden ágát (pl.: egészségügy, energiaipar, turizmus stb.) érinti, a mezőgazdaságot a leginkább. Az utóbbi évtized szélsőséges hőmérsékleti és csapadékviszonyai hatással voltak egyik legfontosabb természeti kincsünk, a Balaton életére is (halmozódó csapadékhiány miatti vízszintcsökkenés). Meteorológiai adatok elemzésére alkalmas adatsorok Keszthelyen több mint 130 évre visszamenőleg állnak rendelkezésre. Ezen adatok birtokában már viszonylag nagy biztonsággal vonhatók le következtetések az éghajlat alakulásának tendenciáiról.

Vizsgálataink célja elsősorban a keszthelyi hosszú idősoros meteorológiai mérések adatainak éghajlati-statisztikai elemzése volt. Az adatok elemzése révén kerestük a globális klímaváltozás helyi megnyilvánulásainak esetleges bizonyítékait. Az éves, évszakos és havi adatok alapján meg kívántuk határozni, hogy milyen változások következtek be a mérések kezdete óta a hőmérséklet és a csapadékmennyiség értékeiben. A változások detektálásához fontos háttér-információként szolgált a keszthelyi meteorológiai mérések történetének részletes feldolgozása. Másodsorban figyelmünket a helyben, több évtizede, kísérleti céllal termelt kukorica egy esetleges klímaváltozáshoz való alkal-

mazkodására irányítottuk, melyet mikrometeorológiai szimulációs vizsgálatokkal igyekeztünk megismerni. A keszthelyi *Agrometeorológiai Kutatóállomáson* több évtizede folynak mikroklíma-megfigyelések, és egy évtizede szimulációs modellezés segítségével is nyerhetők információk az amúgy korábban csak ritkán regisztrált mikrometeorológiai elemekről. Célunk az volt, hogy felhasználva a keszthelyi mérési adatokat és az ország, valamint a Balaton vízgyűjtő területére kidolgozott prognózisokat, szimuláljuk a kukoricaállományok mikroklímájának és életfolyamatainak alkalmazkodását egyes – valószínűleg várható – klimatikus feltételekhez.

A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZEREI

Adatbázis és a statisztikai módszerek. Vizsgálatainkban kezdetben az ősi *Georgikon* területén, majd az *Országos Meteorológiai Szolgálat* által üzemeltetett meteorológiai állomásokon 1871-től 2000-ig mért havi csapadékösszegeket elemeztük, emellett kiegészítésként a lineáris trendelemzéseket 2006-ig is elvégeztük. Az 1901-2006 közötti időszakra vonatkozóan az Országos Meteorológiai Szolgálat bocsátotta rendelkezésünkre a homogenizált havi középhőmérsékleti adatokat, melyekből évszakos és évi középhőmérsékleteket képeztünk. Az évszakos adatok számításánál a meteorológiában szokásos módon jártunk el. A hőmérséklet-adatok homogenizálását *Szentimrey (2000)* végezte a MASH (*Szalai – Szentimrey, 2001*) elnevezésű programmal.

A feldolgozásban az idősorok elemzésénél kiterjedten alkalmazott *lineáris trendszámítással és mozgóátlagolással*, valamint az adatsor *középértékeinek és szóródási, megoszlási jellemzőinek* meghatározásával elemeztük az adatsort (*Péczely, 1998*). Az egyszerű statisztikai mutatókon túl az éghajlat esetleges módosulásait további jellemzőkkel próbáltuk közelíteni.

Az éghajlati változékonyságnak két formája ismeretes. Az egyik esetben a változékonyság abban nyilvánul meg, hogy hol magasabb, hol alacsonyabb értékek követik egymást, de az ingadozás rendszerint egy, a mindenkori szélsőségek által behatárolt intervallumon belül marad. Ekkor *éghajlat-ingadozásról* beszélünk (Varga-Haszonits, 2003). A másik esetben az ingadozás intervalluma tolongik el valamilyen irányba: vagy számottevően magasabb vagy számottevően alacsonyabb értéktartományban megy végbe az ingadozás. Ha ez az eltolódás hosszabb időn át tartóssá válik, akkor *éghajlatváltozásról* beszélünk. Nyilvánvaló, hogy az éghajlat-ingadozásnak két interpretációja lehetséges: az egyik az adott érték és a sokévi átlag közötti különbség (abszolút értékben), a másik az egymásra következő értékek közötti különbség (Varga-Haszonits, 2003). Vizsgálatainkban az első közelítést alkalmaztuk.

A legtöbb szántóföldi növény az 5-10 napot meghaladó csapadék nélküli időszakokat már megsínyli, s irreverzibilis károsodást szenved (Szász, 1994). Vizsgálatunkban a csapadékmentes időszakokat két időkategóriában, 10-14 napos és 15 napot meghaladó csapadékmentes időszakra bontva elemeztük 1968-tól 2006-ig (mért napi adatok alapján).

Mikroklíma szimulációs modell. A növényállományon belüli mikroklíma alatt az állományon belüli légtér jellemzőinek rendszerét (hőmérséklet, nedvességtartalom, szél és egyéb elemek egymással kölcsönhatásban levő együttesét) értjük. Ezek jelentik azokat a közvetlen környezeti tényezőket, amelyek megszabják a növényi produkció alakulásának feltételeit, valamint az együtt élő organizmusokra – gombák, vírusok, állati kártevők – is ez a környezeti feltétel bír közvetlen hatással (Hunkár, 1990).

A vadon élő és termesztett növények növekedését és produktivitását az őket körülvevő légkör anyag- és energiacsere-folyamatai szabályozzák. Az anyagcsere a CO₂ felvételét és fotoszintézisbeli hasznosulását, valamint a vízgőz forgalmát foglalja magában (Páll et al., 1998). Ezen folyamatok szimulálásához

a Goudriaan (1977) munkásságán alapuló mikroklíma szimulációs modellt alkalmaztuk. A modell a növényállományon belüli energiakiacserélődési folyamatok leírása alapján működik (Páll et al., 1998).

A szimulációs modellek alapja a növény vízháztartásának, a levelek fénynyelésének és hasznosításának, a szárazanyag előállításának, valamint ez utóbbi szervenkénti megoszlásának számszerű meghatározása. Goudriaan (1977) szimulációs modellje és annak javított változata (Goudriaan – Van Laar, 1994) az állományra jutó sugárzási energia megoszlását, annak különböző energiaigényes folyamatokban történő felhasználását követi nyomon (Anda – Lőke, 2003).

A *Crop Micrometeorological Simulation Model* (CMSM) elméleti háttere az energiaátalakulás és transzportfolyamatok fizikája. A modell a talaj- és légkörfizikai, valamint növényélettani törvényszerűségek segítségével a mikroklímát és a növényzetet jellemző sajátosságokat számítja (Páll et al., 1998).

A növényeket érő sugárzási energia egy része visszaverődik, másik része behatol az állományba, s a harmadik részét megkötik az állományok (Jones, 1983; Anda – Lőke, 2003). Ez utóbbi energiahányad különösen a növényi életfolyamatok szempontjából fontos, mivel ez a kiindulási alapja a transzspiráció és a fotoszintézis fenntartásának, működtetésének. A két gázcserevel összekötött folyamatot a közös kivezető nyílás, a sztóma elválaszthatatlanul kapcsolja össze, amely a CO₂- és a vízgőzforgalom lebonyolításáért egyaránt felelős. Mindkét életfolyamat modellezésekor a kiindulási állapot az állomány megköttött sugárzási energiája jelenti. Ami eltérő a két életfolyamat közelítésében, az a számításnál figyelembe vett sugárzási tartomány, mert addig, amíg a fotoszintézis meghatározásánál csak a látható sugárzási tartományban való megköttetés elegendő, a transzspirációnál a teljes nettó sugárzást szükséges figyelembe venni (Anda – Lőke, 2003).

Mivel a növényállományok függőleges struktúrája nem homogén, az energia további sorsának meghatározásához a növénymagasságot különböző számú rétegre szokás bontani, melyek tulajdonságaik tekintetében már többé-kevésbé homogénnek tekinthetők (több rétegű modell). A rétegek számát az állomány sajátosságai, valamint a kitűzött cél, a vizsgálni kívánt elem befolyásolhatják (Goudriaan, 1977; Anda et al., 2002). Minden egyes rétegben az energiának forrása, illetve nyelője van. Meg kell határozni a különböző formájú energia forrásának, illetve nyelőjének irányát, intenzitását. Az energiaátalakulás mértéke, az áramlás iránya és erőssége mind a légköri folyamatoktól, mind a növényzet sajátosságaitól nagymértékben függ, ezért a növényállományokra vonatkozó mikroklíma-modellek növényélettani összefüggéseket is alkalmaznak (Páll et al., 1998).

A modell részletes számítások alapján profilokat állít elő az állományon belül az egyes meteorológiai elemekre. A CMSM három fő részből áll: sugárzási, aerodinamikai és talajalmodellből. Az első két almodell statikus minden időpillanatban a légtérben fennálló egyensúlyi állapot szerint, míg a talajalmodell dinamikus.

A modell által számított paraméterek közül a szenzibilis és látens hőáramot, a léghőmérsékletet, a levélhőmérsékletet, a sztómaellenállást és a fotoszintézis-intenzitást vontuk be a szimulációs vizsgálatokba. A szenzibilis és látens hőáramokat hányadosuk, a *Bowen-arány* (β) formájában ábrázoltuk. A Bowen-arány a szenzibilis és a látens hő arányát fejezi ki.

A modelleredményeket párosított t-próbával elemeztük a szignifikáns eltérések kimutatása érdekében. A számításokat a STATA 5.0 (1996) statisztikai programcsomag segítségével végeztük.

A globális klímaváltozás kukoricaállományokra gyakorolt hatásainak szimulálása érdekében scenáriókat (forgatókönyveket) állítottunk fel, melyek a jövőben lehetséges időjárási helyzeteket adnak meg. A növényállomány architektúrája, az asszimiláló felület

nagysága és sűrűsége tekintetében analógiákat alkalmaztunk. Azon évjáratokban mért növényi jellemzőket alkalmaztuk inputként, melyek időjárása hasonlóságot mutatott az általunk felállított scenáriókkal. A növény intercelluláris járatainak szén-dioxid-koncentrációját irodalmi adatok alapján (Jackson et al., 1994) a légkör szén-dioxid-koncentrációjának változásával összhangban emeltük.

- *Kontroll*: jelenlegi klimatikus feltételek (átlagos júliusi nap), átlagos talajnedvességtartalom (-7 bar talajvíz-potenciál), 380 ppm légköri CO₂-koncentráció. A LAI értéke 3,0, mely Keszthelyen átlagosnak számít ebben az időszakban.

- *Scenárió 1.*: a talaj nedvességtartalmát 10%-kal csökkentettük, 0,6 °C léghőmérséklet-emelés mellett (a keszthelyi 1977-2006 közötti júliusi meteorológiai adatok alapján kimutatható lineáris változások folytatódását feltételezve), és ezzel együtt LAI értékét is csökkentettük 2,8-ra. A légköri CO₂-koncentrációt 440 ppm-re növeltük.

- *Scenárió 2.*: a talaj nedvességtartalmát 25%-kal csökkentettük, 1,3 °C léghőmérséklet-emelés mellett, és ezzel együtt LAI értékét is csökkentettük 2,3-ra. A légköri CO₂-koncentrációt 760 ppm-re növeltük.

- *Scenárió 3.*: 35%-kal csökkentettük a talajnedvesség-tartalmat 2 °C-os léghőmérséklet-emelés mellett, és LAI értékét 2,0-ra redukáltuk. A légköri CO₂-koncentrációt 760 ppm-re növeltük.

A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

Keszthely csapadékadatsorának elemzése

Az adatsorelemzés során megállapítottuk, hogy mind a mozgóátlagok, mind a klímanormálok azt jelzik, hogy a XX. század második felében a csapadék mennyisége csökkent (1. ábra).

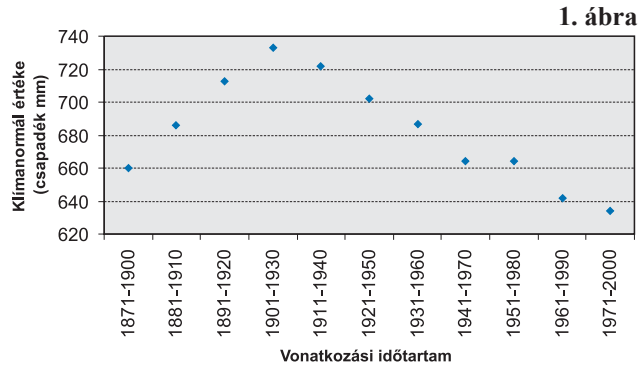
Az adatok évszakos bontását tekintve a tavasz esetében mutatható ki statisztikailag igazolhatóan a lineáris csapadékcsökkenés. Az évszakos adatok változékonysága egyik

évszak esetében sem módosult szignifikánsan. A csapadék éves járásában az őszi hónapokban jelentkező másodmaximum eltűnni látszik.

Október hónap csapadéköszege szignifikáns csökkenést mutat az 1871-2000 közötti időszakban. A 2006-ig kibővített lineáris trendelemzések is megerősítik ezt.

A csapadékmentes periódusok számának vizsgálatakor megállapítható, hogy legalább egy 15 napos, vagy két 10-14 napos csapadékmentes periódussal szembesülhetnek a gazdálkodók egy-egy tenyészidőszakban.

Megállapítható, hogy a globális klímaváltozás egyik következményeként nyilvántartott csapadékcsökkenés Keszthelyen évszakszinten érvényesül, bár az éves és havi adatokban is fellelhetők a módosulás nyomai. A tavaszi csapadékbevitel csökkenése igen kritikusan érintheti a mezőgazdasági termelést, hiszen mind a tavaszi vetésű (csírázás),

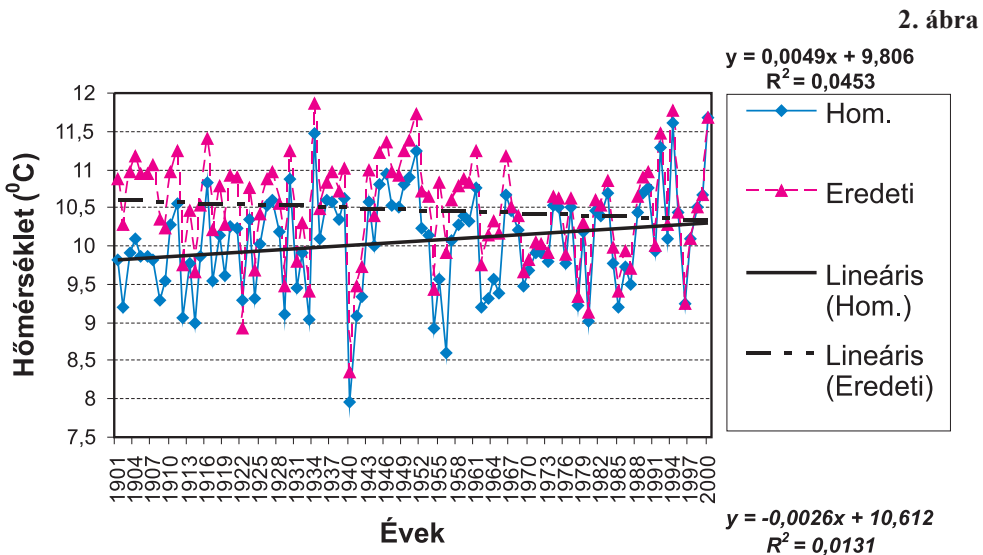


A harmincéves klímanormálok alakulása tízéves periódusokkal csúsztatva (a WMO javaslata alapján)

mind az őszi vetésű (virágzás) gabonák esetében termés kiesést okozhat a csapadékszegény időjárás.

Keszthely hőmérsékleti adatainak elemzése

Az évi középhőmérsékletek adatsorában szignifikánsan kimutatható a felmelegedés (0,49 °C/100 év) 1901-2000 között (2. ábra),



Az eredeti és a homogenizált évi középhőmérsékletek változásainak trendje

de a változékonyság módosulása nem (Kocsis – Anda, 2006). A 2006-ig kibővített adatsor ennél még erősebb felmelegedést jelez ($0,58\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ év}$). A felmelegedés tényét a klímanormálok alakulása is alátámasztja. A klímanormálok képzésének elve alapján tíz évvel csúsztatott 30 éves periódusok lineáris tendenciái közül az utolsó, 1971-2000-es periódus szignifikáns melegedést jelez ($0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ év}$).

Nyáron szignifikáns hőmérséklet-emelkedés tapasztalható ($0,61\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ év}$) 1901-2000 közötti időszakban, míg a többi évszakban nem tudunk statisztikailag igazolható változást detektálni. A 2006-ig kibővített adatsor tendenciája ezt megerősíti, sőt az itt tapasztalható emelkedés intenzívebbnek mutatkozik ($0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ év}$). A nyári és az őszi középhőmérsékletek változékonyságában csökkenés mutatható ki. A havi adatok esetében nem mutatható ki szignifikáns változás.

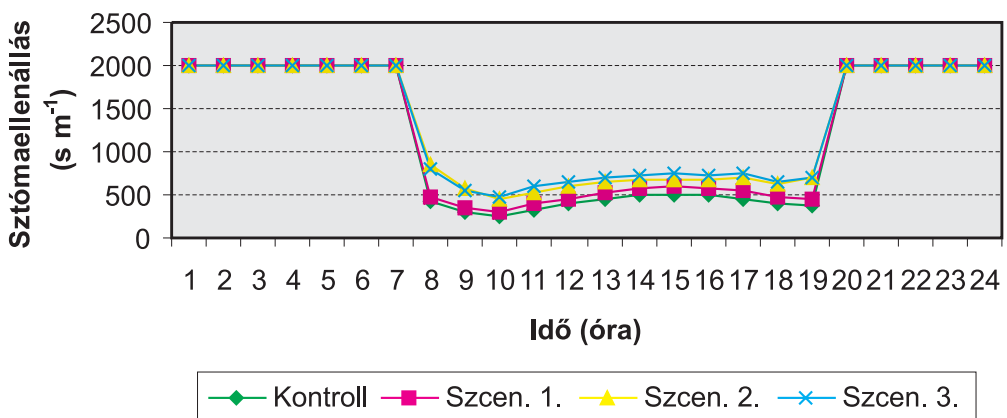
Következtetesként megállapítható, hogy Keszthelyen a statisztikailag igazolható felmelegedés kisebb, mint a többi dunántúli állomáson kimutatott változás. Nyáron kimutatható felmelegedés egyrészt kedvezően befolyásolhatja a balatoni turizmust, másrészt a párolgás és a párologtatás fokozásával kedvezőtlenül hathat a Balaton vízkészlet-változására és a növényi vízfelhasználásra.

A globális klímaváltozás hatásának vizsgálata kukoricaállományokra mikroklíma szimulációs modellezés segítségével

Az a beérkező energiahányad, amely az állományról való visszaverődés, illetve a talaj irányába való továbbhaladás után elnyelődik az adott rétegben, a fűtő folyamatok (szenzibilis hőáramlás), valamint az evapotranszspiráció (látens hőáramlás) energiaforrásává válik. Amennyiben nincsen vízkorlátozás, az evapotranszspiráció a növényállomány fő energiafelhasználója. A Bowen-arány a szenzibilis és a látens hőáramok hányadosaként állítható elő. A statisztikai elemzések rámutatnak arra, hogy egyik scenárió esetében sem mutatható ki szignifikáns eltérés a kontrollfuttatástól.

A fotoszintézis intenzitását és a transzspirációt a CO_2 -koncentráció is befolyásolja a sztómaellenállásra gyakorolt hatása révén. A magasabb termés elérése érdekében a növénynek egyensúlyt kell teremtenie a sztómák nyitottsági foka révén a levélbe jutó, a fotoszintézishez rendelkezésre álló CO_2 minél magasabb mennyisége és a levélből távozó vízmennyiség minél alacsonyabb szintje között. A két ellentétes irányú folyamatot a sztóma kapcsolja össze. A módosított klíma-

3. ábra



A kukorica szimulált sztómaellenállása különböző klimatikus feltételek mellett

elemek sztómaellenállásra gyakorolt hatása a 3. ábrán látható. A sztómák zártnak tekinthetők, amikor a sztómaellenállás meghaladja a 2000 s m^{-1} -t. A kukorica sztómaellenállása az éjszakai órákban meghaladta ezt a határértéket (este 8 óra és reggel 7 óra között). Az ellenállás napi átlagban (8-19 óra között) 16,76%, 61,55% és 69,1%-kal növekedett az 1., 2. és 3. scenáriókban a kontrollfuttatással összehasonlítva. Ezek az eltérések a statisztikai vizsgálatok alapján szignifikáns változásokat takarnak (*Anda – Kocsis, 2007*).

A fotoszintézis folyamata szén-dioxidot használ fel a környező levegőből és vizet a talajban tárolt vízkészletekből a növényi szerves anyag termelésekor. A folyamat végső haszna az asszimilációban előállított szervesanyag-mennyiség és a respiráció folyamatában (az éjszakai órákban) elhasznált asszimilátumok mennyisége közti különbség. A respiráció intenzitása (este 8 óra és reggel 6 óra között) nem tűnt érzékenynek a feltételezett éghajlatváltozásra. A fotoszintézis intenzitása a nappali órákra vonatkozó értékek átlagában az 1. és 3. scenárió esetében kis mértékben csökkent, ami arra utal, hogy a rendelkezésre álló szén-dioxid (440 ppm és 760 ppm) nem tudta kompenzálni a csapadékcsökkenés hatását, és a sztómák szűkülése révén, bár a vízfelhasználás takarékosabb lett, a levélbe jutó szén-dioxid mennyisége is korlátozott volt. A 2. scenárió esetében a közepes mértékű változásokat a 760 ppm szén-dioxid-koncentráció még kompenzálni tudta, sőt a fotoszintézis intenzitásában növekmény adódott. A fotoszintézis intenzitásának változása az 1. és 2. scenáriók esetében szignifikáns eltérést takar a kontrollhoz viszonyítva, míg a 3. scenárió nem mutat szignifikáns eltérést.

Az állomány-hőmérséklet emelkedésének 24 órás átlagértéke a 2. és 3. scenárió esetében meghaladta a hőmérséklet-emelés mértékét, az 1. scenárióban tapasztalható emelkedés átlaga ehhez képest alulmaradt. A növény-hőmérséklet esetében mindhárom scenárió eredményei magasabb emelkedést mutatnak, mint a hőmérséklet-emelés mértéke. A nappali

li órák növekményeinek átlagértéke esetében mindhárom scenárió állomány-hőmérsékletében bekövetkezett átlagos növekedés alacsonyabb, mint a hozzáadott hőmérséklet-emelés. Ennek oka a nappali órákban fellépő önárnyékolás lehet, hiszen napsütéses órák idején a levelek különleges védelmet nyújtottak, így az állomány légtérének hőmérséklet-növekedése mérsékeltebb volt, mint a körülötte lévő környezet hőmérséklet-emelkedése. A növény-hőmérséklet esetében az átlagos növekmény közel azonos, vagy kicsit alacsonyabb volt a betáplált hőmérséklet-emeléshez képest. A növény a körülötte lévő levegő hőmérsékletének közelében tudta tartani saját hőmérsékletét. Úgy tűnik, hogy a talajvízkészlet csökkenése és a melegedés ellenére a növény nem szenvedett jelentősebben hő okozta stressztől. A változások mindhárom scenárió esetében (mindkét hőmérsékleti jellemzőre vonatkozóan) szignifikáns eltéréseket takarnak.

A sztómaellenállás, a növény és az állományon belüli légtér hőmérsékletének változásaiból arra következtethetünk, hogy a természetes vízellátás a klímaváltozás fokozódásával nem fogja fedezni a növényi vízigényt, így a kukorica gazdaságos termelése érdekében a gazdáknak fel kell készülniük az öntözéssel, valamint a talaj vízkészleteinek megővését segítő agrotechnikai eljárások alkalmazására. Azonban a klímaváltozás kezdeti szakaszában a növény még képes kompenzálni a kedvezőtlen körülményeket, nem szenved károsodást alacsonyabb vízellátottság mellett sem.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani *Anda Angélnak*, a Pannon Egyetem Georgikon Kar Meteorológia és Vízgazdálkodás Tanszék tanszékvezető egyetemi tanárának szakmai támogatásáért, *Szentimrey Tamásnak* és az Országos Meteorológiai Szolgálatnak, amiért rendelkezésre bocsátották a homogenizált hőmérsékleti adatokat, és *Mika Jánosnak* szakmai segítségéért.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANDA A. – KOC SIS T. (2007): Evaluation of the influence of climatic changes on maize energy consumption in Hungary. *European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(2): 200-205, pp. (Print ISSN 1752-3842). (2) ANDA A. – LÖKE ZS. (2003): A kukorica párolgását meghatározó tényezők, a sztómaellenállás, a növényhőmérséklet, valamint a fotoszintézis-intenzitás számítása szimulációs modellel. *Növénytermelés* 52./3-4.: 351-363. pp. (3) ANDA A. – LÖKE ZS. – SZ. KIRKOVITS M. (2002): Kukorica néhány vízháztartási jellemzőjének szimulációja. *Journal of Central European Agriculture* 3./2.: 95-103. pp. (4) GOUDRIAAN J. (1977): Crop micrometeorology: a simulation study. *Simulation monographs*, Pudoc, Wageningen (5) GOUDRIAAN, J. –VAN LAAR, H. H. (1994): *Modelling Potential Crop Growth Processes*. Kluwer Academic Publishers No. 2. (6) HUNKÁR M. (1990): Kukoricaállomány mikroklímájának szimulációja. *Időjárás* 94./4.: 221-229. pp. (7) JACKSON, R. B. – SALA, O.E. – FIELD, C. B. – MOONEY, H. A. (1994): CO₂ alters water use, carbon gain, and yield for dominant species in a natural grassland. *Oecologia* 98.: 257-262. pp. (8) JONES, S H. G. (1983): *Plants and microclimate*. Cambridge University Press, Cambridge (9) KOC SIS T. – ANDA A. (2006): Keszthely léghőmérséklete a XX. században. *Léggör* 51./1.: 21-25. pp. (10) PÁLL J. – ANDA A. – HUNKÁR M. (1998): Különböző vízellátású kukorica állományok mikroklímájának modellezése. *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina* 34.: 41-60. pp. (11) PÉCZELY GY. (1998): Éghajlat. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest (12) STATA 5.0 (1996) Stata Corporation LP Texas, USA. www.stata.com (13) SZALAI S. – SZENTIMREY T. (2001): Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? In: Dr. sen. Berényi Dénes születésének centenáris jubileumi tudományos ülése (szerk.: Szász G.) DE-MTA-OMSZ, Debrecen: 203-214. pp. (14) SZENTIMREY T. (2000): Az éghajlati adatsorok homogenizálásának alapvető kérdései. In: Országos Meteorológiai Szolgálat Beszámolója az 1999. évi tevékenységről (szerk.: Hunkár M.), Budapest, 127-145. pp. (15) VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scenáriók. „AGRO-21” Füzetek 31. 9.-28. pp.

AZ ELMÚLT ÖTEZER ÉV ÉGHAJLAT-VÁLTOZÁSI ESEMÉNYEI A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN ÉS TÁRSADALMI HATÁSAIK

DEMÉNY ATTILA – SCHÖLL-BARNA GABRIELLA
– SIKLÓSY ZOLTÁN – BONDÁR MÁRIA – SÜMEGI PÁL – SERLEGI GÁBOR –
FÁBIÁN SZILVIA – FÓRIZS ISTVÁN

Kulcsszavak: klímaingadozások, társadalmi hatások, holocén, stabilizotóp-geokémia.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az elmúlt évtized infrastrukturális fejlesztésének eredményeképpen hazánkban is lehetővé vált a klímajelző képződmények nagy felbontású stabilizotóp-geokémiai elemzése. A Geokémiai Kutatóintézetben létrejött Geokémia és Paleoklíma Kutatócsoport számos ilyen képződménytípussal foglalkozik, amiből a jelen munkában a cseppkövek és kagylók elemzésére, ezen belül is a csak néhány ezer éves anyagok vizsgálatára mutatunk be eredményeket.

Az utóbbi kb. ötezer évből két, eddig kevésbé ismert klímaváltozási eseményt emelünk ki, amelyek a késő réz korban és a középső-késő bronzkor határán játszódtak le. A stabilizotóp-összetételek alapján több száz éves időszakot lefedő lehűlések és felmelegedések történtek ezen időszakokban. A nagyobb léptékű és az ismertebb időszakokkal összevetve az adatok arra utalnak, hogy a rézkori és bronzkori események léptéke hasonló volt a többi holocénkori (az utóbbi kb. 10 000 évben lezajlott) klímaingadozáshoz (mint például a jól ismert Kisjégkorszakhoz).

Jóllehet historikus források nem állnak rendelkezésre, a társadalmi változások nyomait a régészeti leletanyag tükrözi. A régészeti tanulmányok vetették fel elsőként annak a lehetőségét, hogy a rézkori és bronzkori társadalmi (településszerkezeti és -eloszlási, mezőgazdasági) változások okai legalábbis részben környezeti hatásokhoz köthetők.

A jelen tanulmányban bemutatott eredmények megerősítették a feltételezéseket. Fontos továbbá, hogy a nagyléptékű földtörténeti klímaváltozásokhoz képest elenyésző mértékű holocénbeli ingadozások is jelentős hatást gyakoroltak a Kárpát-medence társadalmára. Ha figyelembe vesszük ezen klímaingadozások feltételezett hőmérsékleti tartományát (kb. 0,5-1 °C) és az elkövetkező évszázadokban prognosztizált hőmérséklet-növekedést (2-6 °C), könnyen belátható, hogy a várható változások nem elhanyagolhatóak.

Ugyanakkor jól ismert, hogy a jelenlegi éghajlatnál jóval melegebb pliocén és miocén időszakban a mai Kárpát-medence területén sokkal csapadékosabb volt az éghajlat. Ez felhívja a figyelmet a klímaváltozással szembeni felkészülési stratégia megalkotásában a földtani eredményekkel való összevetés fontosságára.

¹ A dolgozat az Aszály és szárazodás Magyarországon című konferencián (Kecskemét, 2009. október 7.) elhangzott előadás nyomán készült.

BEVEZETÉS

Napjaink egyik legnagyobb társadalmi érdeklődést keltő tudományos területe a klímaváltozás kérdésének vizsgálata, nevezetesen annak eldöntése, hogy a természeti folyamatok mellett az emberi tevékenység mennyire képes befolyásolni a globális éghajlatot. A globális klímaváltozás egyik legismertebb indikátora a légköri szén-dioxid mennyiségének változása, tekintettel annak az üvegházhatásban való részvételére, valamint az utóbbi évtizedek drasztikus koncentráció-növekedésére. Emellett az utóbbi mintegy százötven évben kb. 1 °C-nyi globális hőmérséklet-emelkedést mutattak ki (lásd *Pachauri – Reisinger, 2007*), amelynek mértéke azonban egyelőre a társadalomban nem okoz veszélyérzetet. A médiában ismertetett tudományos eredmények általában a várható klímaváltozási scénáriókra vonatkoznak (főként az IPCC állásfoglalásai kapcsán), illetve a földtörténet nagy klímaváltozási eseményeit mutatják be. Ugyanakkor az emberiség történelme során bekövetkezett kisebb mértékű éghajlat-változási események és azok társadalmi hatásai kevésbé ismertek a nagyközönség számára. Tekintettel arra, hogy az egy generáció élete során prognosztizált változások hasonló léptékűek a történelem során detektálhatóakkal, ezek megismerése közelebb hozhatja a társadalmat a kutatási eredményekhez. Emellett az ilyen jellegű kutatási munka a Kárpát-medence kisebb időléptékű viselkedésének megismeréséhez – és így az alkalmazkodás megtervezéséhez – is hozzájárul. A jelen tanulmányban az utóbbi mintegy öt évezred során bekövetkezett fontosabb éghajlat-változási események vizsgálataiból mutatunk be példákat, valamint az ezekhez kapcsolódó társadalmi változások néhány aspektusát emeljük ki.

KLÍMAVÁLTOZÁS A MÚLTBAN

Ahhoz, hogy a kis idő- és térbeli léptékű változások folyamatait és okait megért-

sük, ismerni szükséges azokat a tényezőket, amelyek a nagy klímaváltozási eseményeket (földtörténeti léptékben) létrehozták. Ehhez ad alapvető információt a földtörténeti anyag elemzése. A nagymérvű klímaváltozás tekintetében a legkézenfekvőbb példa az elmúlt kb. 60 millió év során lezajlott lehülés, ami a pleisztocénkori eljegesedéshez vezetett. Jól ismert, hogy ezen időtartamon belül a mélytengeri fúrások karbonát anyagának oxigénizotóp-összetétele ($\delta^{18}\text{O}$ értéke; az adatok és a továbbiakban használt fogalmak jelentésének leírását lásd a Függelékben) egyre erősödő eltolódást mutat (*Raymo – Ruddiman, 1992*). Ennek oka egyrészt a hőmérséklet, másrészt a vízösszetétel változása. Állandó stabilizotópos vízösszetétel mellett, csökkenő hőmérséklet esetén a karbonát és a vele egyensúlyban levő víz közötti frakcionáció értéke nő, ami a karbonát értékének pozitív irányú eltolódását okozza. A víz oxigénizotóp-összetétele ugyanakkor a sarki jégsapkák és a szárazföldi jégmennyiség függvénye, mivel a sarkokon és a kontinensek belsejében levő magashegységeken képződő jég relatíve dús a könnyű oxigénizotópban (^{16}O), és a masszív jégképződés által az óceán vize dúsul a nehéz izotópban (^{18}O). A tengervízből kiválasztott karbonát (ilyennek tekinthető az élő szervezetek mészváza is) ezzel a megváltozott oxigénizotóp-összetételű vízzel van kapcsolatban, és annak változását a karbonát is követi. Mindebből következik, hogy globális lehülés esetén a hőmérséklet-csökkenés is és a jégsapkák növekedése is pozitív irányú oxigénizotóp-összetételi eltolódást okoz, egymást erősítve. A globális klímaváltozás okai között számos folyamat sorolható fel (a naptevékenység változása, a vulkanizmus hatása, hegységképződési folyamatok, óceáni áramlási rendszerek változása stb.), a tengeri üledékek stronciumizotóp-arányainak változása azonban árulkodó jel a mállási folyamatok hatására. A Föld köpenyének és az abból származó magmás kőzeteknek a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ aránya kisebb, mint a kontinentális kéregé, így a kontinentális kéreg erő-

teljesebbé váló lepusztulása nagy $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arányú anyagot (mind törmelékes, mind oldott stroncium formában) hord az óceáni medencékbe. A kontinentális mállás azonban a légköri CO_2 -t vonja ki a szilikátok kémiai átalakulása során, így a felerősödő kontinentális lepusztulás és mállás a széndioxid-koncentráció csökkenését, az üveg-házhatás gyengülését okozza, és közvetve globális lehűlést hoz létre. A jelen modellek szerint a kb. 40 millió évvel ezelőtt lezajlott ugrásszerű $\delta^{18}\text{O}$ -változás a Himalája kiemelkedésének és az ennek következtében bekövetkező globális lehűlés során az antarktisi, majd az északi féltekén megjelenő jégsapka kialakulásának köszönhető (*Raymo – Ruddiman, 1992*). A kiemelkedési korok, valamint stroncium- és oxigénizotóp-arány-változások egybeesése jelzi, hogy az utóbbi kb. 60 millió év klímaváltozása nagy valószínűséggel a Föld saját belső működéséhez köthető, semmint külső hatás (pl. naptevékenység) eredménye.

Más a helyzet az utóbbi kb. kétmillió éven belül megfigyelt klímaváltozásokkal (lásd *Solomon et al., 2007* összefoglaló munkáját, valamint az ott hivatkozott számos publikációt). A tengeri mélyfúrások üledékmintáinak oxigénizotóp-összetételei, valamint a sarki jégsapkák fúrásaiból nyert stabil hidrogén- és oxigénizotóp-összetételek, CO_2 - és CH_4 -koncentrációk fluktuációi kb. 40 és 100 ezer éves ciklicitásokat mutatnak, ami jól modellezhető a földpálya paramétereinek változásából adódó besugárzásváltozással. A pálya-excentricitás, valamint a tengelydőlés szöge és precessziója a beérkező napenergia változásával mintegy modulálja a klímaviszonyokat, ami a 100 millió éves változásokhoz képest másodrendű változásokat jelent. Ugyanakkor az emberiség számára ezek a földtörténeti szempontból kismértékű ingadozások hatalmas jelentőséggel bírnak, hiszen például az utóbbi 15 ezer éven belül az Európa nagy részét és Észak-Amerikát betérítő jégsapkák visszahúzódásával lett lakható a terület jelentős része.

Klímaingadozás a holocénben

A holocén a földtörténetnek egy elenyészően kis részét jelenti, az utóbbi kb. 11 000 évet. Ezen belül jól ismert, hogy a jelenlegi viszonyoknál melegebb és hidegebb időszakok is voltak. A jégkorszakból történő felmelegedést követően az északi féltekén további, a jelenlegi átlaghőmérséklethez képest kb. 2,5 °C-os hőmérséklet-emelkedés következett be, amit a szakirodalom holocén klímaoptimumként ismer. A klímaoptimum a kb. 9000 és 6000 év BP („Before Present”, ezelőtt) közötti időszakot fedi le. Ezen belül volt egy markáns hőmérséklet- és tengervíz $\delta^{18}\text{O}$ -változás kb. 8200 évvel ezelőtt (*Alley et al., 1997*), amit a jelenlegi elméletek a kanadai Lake Agassiz olvadékvízének hirtelen atlantikumba áramlásával és az észak-atlanti áramlat csökkenéséhez köthető lehűléssel magyaráznak (*Barber et al., 1999*). Ezt követően több, relatíve hideg és meleg időszak következett, amelyek közül a legismertebb a római kori meleg időszak (kb. a Krisztus előtti utolsó és a Krisztus utáni első két évszázad), a középkori meleg időszak (X-XV. sz.), majd a Kisjégkorszak (XV-XIX. sz.). Az ismertség oka a historikus forrásokban keresendő, hiszen a korábbi időszakokról írott ismeretanyag nem, vagy csak nagyon korlátozott mértékben áll rendelkezésre. A globális vagy a félteke nagyszámú változásokra jelenleg már nagyszámú adat áll rendelkezésre, ugyanakkor a regionális és lokális folyamatok és hatások nem kellően ismertek, illetve az adatok a rendszer sokrétűségéből fakadóan esetenként ellentmondásosak. Az adott terület klímaváltozással szembeni viselkedésének megértéséhez azonban pontosan helyi adatokra és a lokális folyamatok tisztázására van szükség.

A Kárpát-medence holocén során fennállt klímaviszonyainak vizsgálata több évtizedre nyúlik vissza. A historikus forrásokat megelőző időszakokból eddig olyan földtudományi adatok álltak rendelkezésre, amelyek főként az ezer éves léptékű változásokat voltak képesek kimutatni. Ilyen vizsgálatok

– a barlangi, tavi és folyóvízi üledékek, valamint tőzeglápok szedimentológiai, őslénytani és paleobiológiai elemzése (Gál et al., 2005; Zatykó et al., 2007), különösen gerinces maradványok – alapján a holocénen belül több °C-os különbség feltételezhető a nyári középhőmérsékletben (Kretzoi, 1957; Kordos, 1977). A növényzet aktívan válaszolt a hőmérséklet- és csapadékmennyiség-változásokra, amit az üledékek pollenanyagának, makrobotanikai anyagának, növényi opalit összetételének, illetve a növényzeti változásokra rendkívül érzékeny Mollusca fauna összetételének elemzéséből állapíthatunk meg (Sümegei – Törőcsik, 2007; Sümegei – Jakab, 2008).

A NAGY FELBONTÁSÚ VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A Geokémiai Kutatóintézetben létrejött Geokémia és Paleoklíma Kutatócsoport tagjai számos képződmény vizsgálatával (tengeri és édesvízi mészkövek, talajok, cseppkövek, kagylóhéjak, faégyűrűk, fosszilis felszín alatti vizek) foglalkoznak, amelyen belül a jelen tanulmányban a kagyló- és cseppkővizsgálatok eredményeiből mutatunk be példákat, amik az elmúlt mintegy öt évezredben lejátszódott nagyobb mértékű éghajlati változások nyomait rögzítik. Jól ismert a historikus források alapján is, hogy az utolsó ezer évben két fontosabb éghajlati periódus különböztethető meg, a középkori meleg időszak („Medieval Warm Period”, MWP) és a Kisjégkorszak („Little Ice Age”, LIA). Ezen időszakok mellett, a régészeti leletek alapján, egyre több sejtés fogalmazódik meg, hogy a rézkorban és a bronzkorban lejátszódott társadalmi változások legalábbis részben éghajlati tényezőkre vezethetők vissza, a néhány száz éves időtartamú lehűlések és felmelegedések, valamint a csapadék mennyiségének változása befolyásolta a mezőgazdasági tevékenységhez szükséges környezetet, és így az akkori társadalmat. A továbbiakban a késő rézkori és a középső bronzkori eseményekre fókuszálunk.

A rézkori és a bronzkori változások általános ismeretei

Az emberi beavatkozások környezetátalakító hatása, ennek negatív következménye nem új keletű, az intenzív földművelés óta kimutatható jelenség. Az erdők fokozatos felégetése, vagy a nagyállattartás régóta hat a környezetre. Ugyanakkor a növényzet és a talajösszetétel változása elég gyorsan hatott az egykori közösségek életmódjára, települési helyeik kiválasztására. A kezdetleges számszámokkal csak korlátozott mértékben tudták kiaknázni a termőterület lehetőségeit, ha kimerült a talaj, ha eltartóképessége nem biztosította a családok megélhetését, a közösség arrébb vándorolt, s új területeket hódított el a természettől.

Ha a különböző talajtípusok és az emberi megtelepedés közötti összefüggéseket nézzük a mai Magyarország területén – nagyon leegyszerűsítve a problémát – azt tapasztaljuk, hogy a korai neolitikumban (Kr. e. 6000-5400) itt élt földművelők a löszös talajt kedvelték, az agyagos, köves helyeken, s a magas dombokon nem telepedtek meg. A késő neolitikum–korai rézkor idején (Kr. e. 5000-4000) inkább a lankás dombokat részesítették előnyben a korábbi időszakhoz képest fejlettebb földműveléssel, jobb számszámokkal rendelkező népcsoportok. A dombtetőkön lévő telepekről jól szemmel tarthatták a környéken zajló eseményeket, s védeni tudták településüket is. A középső rézkorban (Kr. e. 4000-3600) nincs jelentősebb változás, többségében a korábbi településeket lakták. A késő rézkor idején (Kr. e. 3600-2700/2500) ismét a löszös, homokos talaj a kedveltebb, a hegyekben csak ritkán létesítettek telepeket. A korai bronzkorban (Kr. e. 2700/2500-1900/1800) a késő rézkor sűrű települési hálózatához képest csökkent a telepek száma és nagysága. A középső bronzkorra (Kr. e. 1900/1800-1400/1300) létrejött a települések koncentráltasága: azaz egy-egy központi telep körzetében több időszakos, átmeneti szálláshely létesült, amelynek régészeti nyomai (tűzelőhelyek, összetört

edények) gyakran megtalálhatók. Új települési forma is megjelenik, az ún. tell település, amely hosszú ideig egyazon területen lakó népesség lakóhelye. A Közel-Keleten jellemző településtípus lényege: az egyes települési időszakokban leégett házak nyomait elegyengetik, s helyükön új házat építenek, ily módon ember alkotta dombok jönnek létre. A tell kultúrák fennállása során ugrásszerűen megnőtt a népesség száma, ami a fejlett földművelésből és állattartásból adódóan egy-egy terület megnövekedett eltartóképeségének pozitív következménye.

A régészeti lelőhelyeken és tágabb körzetükben feltárt pollenmaradványokból és a helyszínen vett talajmintákból egyre több mozaikkockán rajzolódik ki a különböző régészeti korok éghajlata (*Willis et al., 1998; Sűmegi, 1998*).

Az újkőkor közepétől (Kr. e. 5400/5300 körül) a Kárpát-medence éghajlata is jelentős változáson ment át, a korábbi, a földműveléshez ideális klíma fokozatosan hűvösre, csapadékosra fordult. Ennek következtében a növénytakaró is jelentősen átalakult: a hárs-, szil-, mogyoró- és tölgyerdőket felváltották a luc- és jegenyeerdők, és megnövekedett a bükkösök területe.

A középső rézkor végén (Kr. e. 3600/3500 táján) a jelentős erdőirtásnak köszönhetően csökkent a hárs, szil, mogyoró, de még a tűlevelű fák mennyisége is. A talajmintákban jelentős mértékben kimutatható a gabona. Ugyanakkor a mélyebb helyzetű völgyekben, tóparti területeken megváltozott a talaj is, a korábbi agyagos képződményekre tavi üledék, mocsári rétegek rakódtak.

A késő rézkorban, a badeni kultúra idején (Kr. e. 3600-3000) megnövekedett a csapadék mennyisége, és így a talajvízszint, amely a magasabb térszínen lerakódott tavi üledékek bizonyítanak. Ezzel párhuzamosan az emberi hatások is felerősödtek, ezt a taposást és legeltetést jelző növények növekvő aránya jelzi. Ezzel párhuzamosan felszakadozott az addigi zárt erdőtakaró, és a fennmaradt, ligetessé vált erdőkben a tölgy, bükk, mogyoró és nyírfá vált jellemzővé.

A késő rézkor máig ható két fontos innovációja, a kocsis és az eke felfedezése – majd a korai bronzkorban a domesztikált ló tömeges elterjedése – jelentős mértékben hatott ember és környezete kapcsolatára. A szekér nagy területek között nyitott új lehetőségeket a kereskedésben, árucserében (*Sherrat, 1993, 2004; Harding, 2000; Premiers charriots, Premiers araires, 2006*), ugyanakkor az utak kialakítása miatt jelentős talajerózió (talajszerkezet összetörése, talajporosodás) következett be bizonyos területeken. Az ekés földművelés elterjedése biztonságosabb, nagyobb terméseredményeket hozott a gabona-termesztésben, s kevesebb erdőt kellett felégetni megművelhető területek megszerzése miatt. Megnőtt a telepek körüli földek eltartóképesége, ennek következtében demográfiai növekedés következett be, és megindult egy jelentős gazdagodási folyamat is, amely régészeti szempontból jól nyomon követhető. Az intenzívebb gazdálkodás és valószínűleg a technológiai fejlődés nyomán változás figyelhető meg a talajtípusokban, s a korábbinál jóval nagyobb területen kimutatható az emberi megtelepedés (pl. ércelelőhelyek közelében létesített telepek).

A Kárpát-medencében a korai bronzkor végén létrejött tell kultúrák a középső bronzkor (Kr. e. 1800-1300) végéig éltek békés életüket. Ezek a központi, rendszerint árok- és sáncokkal körülvett telepek fontos kereskedelmi és fémműves centrumok is voltak egyben, a létesítésükhöz és hétköznapijához szükséges növényfelhasználás jelentősen módosította a flórát. Az erődítésekhez, a fémolvasztáshoz rengeteg fát felhasználtak, nagy erdőirtásokra került sor, az egymásra rétegződött települési szinteken megnőtt a biomasza mennyisége.

A bronzkor egész időszaka az ún. szub-boreális fázisra keltezhető. A kora bronzkor második felében véget ért a korai szubboreális klímaszakasz hűvös időszaka, s kezdetét vette a középső szubboreális szakasz. A korábbihoz képest emelkedett a hőmérséklet, és a felmelegedéssel együtt nőtt a csapadék mennyisége is (ezt a svájci tavak vízszint-

változása és a vízparti területek településtörténeti adatai is bizonyítják; *Shennan, 1993; Menotti, 2003*). A bükk (*Fagus sylvatica*) részaránya ekkorra csökkent, s előtört a tölgy (*Quercus*), kőris (*Fraxinus*) és szil (*Ulmus*) ligeterdők alkotta növényzet. Az emberi tevékenység, a nagyarányú földvárépítkezések és a fémkohászat miatt komoly erdőirtás megy végbe, az irtványokon megtelepül a nyírfa, és megjelennek a pollenanyagban a taposott gyomok (*Sümegei, 1998*).

A gazdasági fejlődéshez kedvező éghajlat Kr. e. 1500-1450 körül kezd kedvezőtlenebbé válni (késő szubboreális), ismét hűvösebbre fordult, megemelkedett a talajvízszint, megváltoztak a mezőgazdasági termelés feltételei. Erre az időszakra esik a Kárpát-medencében a tell-telepek felhagyása és jelentős fémkincsek elrejtése, amely eseményre többféle magyarázat is létezik (betörő ellenség előli menekülés, rituális okok, klímaváltozás miatt más területre történő elvándorlás stb.), végleges válasz azonban még nincsen.

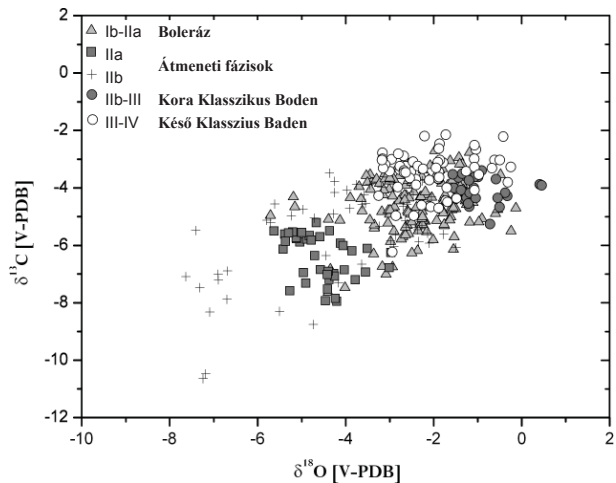
A késő rézkori változások

A késő rézkori eseményeket az *MTA Régészeti Intézete* által a Balatonkeresztúr–Réti-dűlő területén (Somogy megye, M7 autópálya építését megelőző ásatás) végzett ásatások anyagán tanulmányozzuk. A területen a középső rézkortól a késő középkorig kerültek elő maradványok. A rézkoron belül a településszerkezet és -helyzet, valamint állati maradványok alapján a Boleráz és a késő klasszikus badeni periódusok között több alfázist sikerült elkülöníteni. Az egyes objektumokból előkerült leletek korának meghatározása régészeti eszközökkel (kerámiatipológia) történt, amit 7 db AMS (gyorsító tömegspektrométeres) ^{14}C elemzés egészített ki. Így a badeni kultúra Boleráz alfázisának (Ib-IIa)

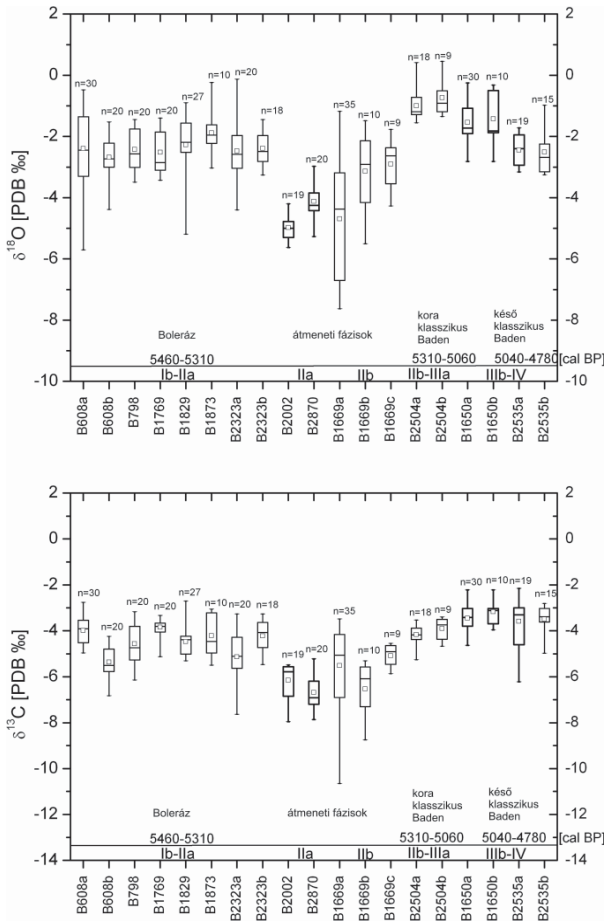
kora 5460-5310 cal BP (3510-3360 cal BC), a korai klasszikus badeni kultúra (IIb-IIIa) kora 5310-5060 cal BP (3360-3110 cal BC), a késő klasszikus badeni kultúra (IIIb-IV) kora pedig 5040-4780 cal BP (3090-2920 cal BC). A Boleráz időszakban a településekre lazább, szórta szerkezet jellemző, a domboldalak, a mai mocsaras Nagyberék széléhez közel eső tó- és mocsárparti részeit is kihasználva. Az állati csontmaradványok esetében a szárazabb éghajlatot kedvelő juh és kecske dominál. A késő klasszikus badeni kultúra esetében a települések már csak egy szűk területre koncentrálnak, a löszhát alsó régiói kihasználatlanok. A csontmaradványok alapján megnőtt a vadászott állatok aránya, és megjelent a nedvesebb, mocsarasabb körülményeket kedvelő sertés tartása (*Fábián – Serlegi, 2010*). Ebből adódott a feltételezés, hogy ebben az időszakban éghajlati változás játszódhatott le, amit viszont a tavi kagylók stabilizotóp-összetételei tükrözhetnek.

Az objektumokból számos *Unio pictorum* (festőkagyló) is előkerült, amelyek stabilizotópos elemzését végeztük el (összesen 18 mintán 357 elemzés készült; *Barna et al., 2009*).

1. ábra



A Balatonkeresztúr–Réti-dűlő késő rézkori ásatásból előkerült *Unio pictorum* kagylóhéjak stabil szén- és oxigénizotóp-összetételei (%-ben)



**Az 1. ábra adatai
a kagylóhéjak kora szerint rendezve**

Mint az 1. ábrán látható, a szén- és oxigénizotóp-összetételek pozitív összefüggést mutatnak, ami csapadékosabb hűvös (negatívabb C és O izotóptértékek) és szárazabb és melegebb éghajlati viszonyok (pozitív irányú eltolódás) fennállására utal. Az egyes kagylódarabokon belül megfigyelt változásokat a héjak kora szerinti ábrázolva látható (2. ábra), hogy mind a szén-, mind az oxigénizotóp-összetételek negatív eltolódást jeleznek a IIa-IIb átmeneti fázisban. A kagylóhéjakon belüli szórás az adott kagyló életidején (kb. 3-4 év) belüli sze-

2. ábra zonális változások mértékét jelezheti, azonban szignifikáns eltérés nem tapasztalható az egyes időszakok esetében. Mindez alátámasztja, hogy a késő rézkorban a Balaton területén valóban hűvösebb és csapadékosabb éghajlat alakult ki a Boleráz időszakot követő átmeneti fázis során, amint az a csontleletek és települési bélyegek alapján feltételezhető volt. Ugyanakkor a kagylóhéjak izotóp-összetételei egyértelműen jelzik, hogy a klasszikus badeni alfázisok idején az éghajlat ismét szárazabb és melegebb lett, ami nem jelenik meg a régészeti csontleletekben. Ez arra utal, hogy a népesség a sertéstartás előnyeit felismerve a kissé előnytelenebb körülmények között is fenntartotta az állattenyésztés jellegét.

A középső bronzkori változások

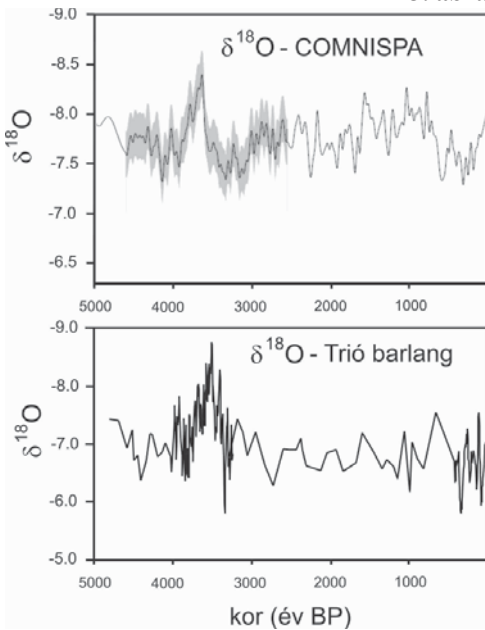
A középső bronzkor esetében a kagylóhéjmaradványok mellett egy mecseki cseppkő nagyfelbontású vizsgálati eredményei is rendelkezésre állnak. A cseppkővizsgálatok előnye, hogy folyamatos képződés mellett mintegy magnószalagként rögzíthetik a hőmérséklet- és csapadékváltozásokat, valamint a felszíni mállás folyamatait, koruk az uránsorozatos korhatározással jól és pontosan meghatározható, zárt és védett térben helyezkednek el, tehát az utólagos hatások nem jellemzőek. Mivel a cseppkővek és a kagylók teljesen más környezetben képződnek, ugyanazon klímaviszonyokat eltérő módon tükrözik. Mint a Függelékben is olvasható, mindegyik képződmény alkalmazásának megvannak a maga jellegzetes korlátai, így több különböző képződmény vizsgálatával az éghajlati viszonyokra megbízhatóbb modellt kapunk.

A mecseki Trió-barlang „Búbos kemence” nevű sztalagmitjának (állócseppkővének) ol-

dalirányú megfűrészával és a fűrómagon végzett korhatározással nyilvánvalóvá vált, hogy a minta az elmúlt kb. 4800 évet fedi le (lásd *Siklósy et al., 2009*). Kiindulásként a fűrómag teljes anyagát kb. centiméteres felbontással mintáztuk és meghatároztuk a stabil szén- és oxigénizotóp-összetételeket. Mint látható, 3000 és 4000 év BP között erőteljes negatív irányú oxigénizotóp-eltolódás jelenik meg, ami jól illeszkedik a Spannagel-barlang COMNISPA adatsorához (3. ábra). A változás okának megértésére részletesebb vizsgálatokat végeztünk egyrészt nagyfelbontású (kb. 0,5 mm) stabilizotópos, másrészt 0,1 mm-es mintázási sűrűségű lézer ablációs ICP-MS (induktív csatolású plazma tömegspektrometria) nyomelemvizsgálatokkal. A cseppkövek egy fontos további tulajdonsá-

ga, hogy növekedésük során a barlangba szivárgó víz kis cseppjeit zárványként magukba zárják, így a szén- és oxigénizotóp-összetételek elemzése mellett az oldatzárványok vizének hidrogénizotópos elemzésére is mód nyílik, ami közvetlen információt nyújt a barlangi csepegővíz összetételére. A vizsgált mecseki cseppkő komplex izotópos és nyomelemvizsgálatának eredményei alapján *Siklósy et al. (2009)* részletes tanulmányában megállapította, hogy a kb. 3800-3500 év BP időszakban a stabilizotóp-összetételek több száz éves lehűlést és csapadékosabb éghajlatot jeleznek, amit melegebb és szárazabb időszak követ. Ezen időszakon belül azonban volt egy néhány évtizedes esemény, ami kü-

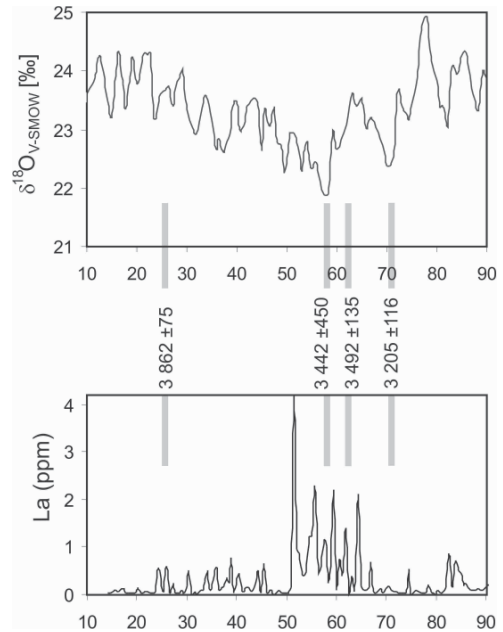
3. ábra



A mecseki Trió-barlang „Búboskemence” nevű cseppkővéből nyert fűrómagminta stabiloxigénizotóp-összetétele (a V-SMOW sztenderdhez viszonyított $\delta^{18}\text{O}$ értéke, ‰-ben kifejezve), valamint a Spannagel-barlang COMNISPA adatsora

Forrás: Vollweiler et al., 2006; Siklósy et al., 2009

4. ábra



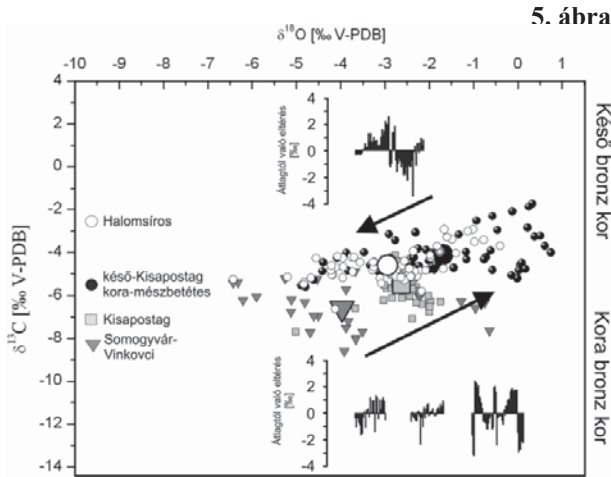
A Trió-barlang

3. ábrán bemutatott adatsorának

kb. 4000 és 3000 év BP (“Before Present”) időszakra eső szakasza

(a függőleges vonalak melletti számok jelölik a kor meghatározási mintavétel helyeit és a koradatokat), valamint ezen szakasz Lantán-tartalma (ppm-ben kifejezve)

Forrás: Siklósy et al., 2009



**Az Ordacsehin feltárt
középső bronzkori leletanyagból gyűjtött
Unio pictorum kagylóhéjak
stabil szén- és oxigénizotóp-összetételei
(‰-ben)**

lön figyelmet igényel. Kb. 3600 évvel ezelőtt lejátszódott egy néhány évtizedet felölelő klímaromlás, ami a talaj biológiai aktivitásának csökkenésével járt, amint azt a szénizotóp-összetétel pozitív irányú csúcsa jelzi. Ezzel csaknem párhuzamosan (a mintavételezés korkülönbséggel) hirtelen megnőtt a cseppkő ritkaföldfém-tartalma (4. ábra). A többi kémiai adattal összevetve kiderült, hogy ezt a nyomelemtartalom-változást a – nyomelemeket egyébként szolgáltató – környező kőzetek mállása nem okozhatta, hanem egyéb, távolabbi hatótényezővel kell számolni. A ritkaföldfémek ilyen mértékű dúsulásának kézenfekvő magyarázata egy vulkánkitörés, amely vulkáni hamut szállít a cseppkőkiválást létrehozó csepegővizek nyomelem-

5. ábra

tartalmának eltolódását okozza. A korok – a korhatározás hibáján belül – nagyon jól illeszkednek a világhírű Santorini vulkán kb. 3650 évvel ezelőtti kitöréséhez, ami a régiót több ezer kilométeres térségben vulkáni hamuval borította. Mindazonáltal a kor- és geokémiai adatok párhuzamosítása alapján ez az esemény csak egy hirtelen hatás volt egy több száz éves időtartamú éghajlati változáson belül, és nem annak okozója.

A hasonló eredmények egyik legfontosabb tesztelési eszköze a reprodukálhatóság, tehát egyrészt több különböző cseppkő azonos korú szakaszában kell megjelennie ugyanannak a geokémiai jelnek, másrészt más jellegű képződmények vizsgálati eredményeinek is ugyanazt az éghajlatváltozást

kell mutatniuk. Ha ez nem valósul meg, akkor a lokális hatások (pl. az adott barlangra jellemző vízáramlási jellemzők, szivárgási útvonalak megváltozása) elfedhetik a klímára jellemző adatokat. Jelen esetben a cseppkőtől teljesen különböző képződmény, balatoni *Unio* kagylóhéjak stabilizotóp-összetételeit fogjuk összevetni a cseppkőadatokkal. Az MTA Régészeti Intézete által végzett ordacsehi (Somogy megye), az M7 autópálya építését megelőző ásátásokon előkerült bronzkori leletanyag *Unio pictorum* kagylóhéjainak stabil szén- és oxigénizotóp-értékei (Barna et al., 2007a) a rézkori anyag adataihoz hasonló képet mutatnak (5. ábra). Ez az eloszlás megerősíti, hogy középső és késő bronzkor során hűvösebb és csapadékosabb klímaviszonyok váltakoztak melegebb és szárazabb időszakokkal.

FÜGGELÉK

A stabilizotóp-geokémia alapjai

A stabilizotóp-geokémia öt könnyű elem, a hidrogén, a szén, a nitrogén, az oxigén és a kén stabilis, tehát radioaktív bomlást nem mutató izotópjainak természetbeli eloszlásával, és ezen eloszlás törvényszerűségeinek feltárásával foglalkozik. A kérdéses elemek vizsgált izotópjai a következők: ^2H (vagy D , deutérium), ^1H (prócium), ^{13}C , ^{12}C , ^{15}N , ^{14}N , ^{18}O , ^{16}O , ^{34}S , ^{32}S . A jelen tanulmányban kalcium-karbonát (CaCO_3) anyagú mintákkal foglalkozunk, ezért mindezek közül számunkra a szén és az oxigén izotópjai lesznek érdekesek. A vizsgálandó anyagból foszforsavval történő reakcióval CO_2 gázt fejlesztünk, majd a gázmintát a tömegspektrométerbe vezetve meghatározzuk benne az izotópok arányait. Jelen esetben ez a Geokémiai Kutatóintézet Finnigan MAT delta S és Thermo Finnigan delta plus XP tömegspektrométerével történt. Mivel a gáz izotópos összetétele a mérés folyamán is változik, ezért minden ismeretlen minta mérésekor referenciaanyagot (ismert összetételű anyag) is használunk, az ismeretlen minta elemzéséből kapott adatokat a sztenderd minta elemzési adataihoz viszonyítjuk. Ezt fejezi ki a stabilizotóp-geokémiában használt δ érték:

$$\delta = (R_{\text{minta}}/R_{\text{sztenderd}} - 1) \cdot 1000,$$

ahol R_{minta} és $R_{\text{sztenderd}}$ a minta és a sztenderd izotóparányait (jelen esetben a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ és $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ arányokat) jelenti. A kismértékű eltérések miatt a δ viszonyszám igen kicsi lenne, ezért a könnyebb kezelhetőség érdekében történik az 1000-rel való szorzás. Ennek jelölésére szolgál az adatok ezrelékként (‰) történő megadása, amely így nem koncentrációértéket jelent. A sztenderd nemzetközileg meghatározott anyag a szén esetében a Pee Dee Belemnite (V-PDB, egy valaha tengerben élt ősmaradvány anyaga), az oxigén esetében a V-PDB és a V-SMOW („Standard Mean Ocean Water”), a „V-” előtag a

sztenderdeket szolgáltató bécsi Nemzetközi Atomenergia Ügynökséget jelöli. A képletből következően minél több a vizsgált anyagban a nehéz izotóp (^{13}C és ^{18}O), a δ érték annál pozitívabb értéket mutat, míg a könnyű izotópban történő dúsulás egyre negatívabb értékeket eredményez.

A stabilizotóp-geokémia hajnalán *Harold Urey* és munkatársai elméleti megfontolások és a tengeri mészkövek oxigénizotóp-összetételének ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ arányának) empirikus vizsgálata alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a karbonátok $\delta^{18}\text{O}$ értékei a képződéskor fennálló klimatikus őshőmérsékleti viszonyokat tükrözik. Innen keltezhető az izotópos hőmérséklet-számítás, amit több ezer publikációban alkalmaztak már az ezzel foglalkozó kutatók. Természetesen a keletkezett kalcium-karbonát anyagú mészkő oxigénizotópos összetételét nemcsak a hőmérséklet befolyásolja, hanem a víz $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ aránya is. Miután pedig a különböző eredetű vizekben (pl. tengervíz, változatos klímán kihulló csapadékvizek, száraz klímán bepárlódó tóvíz) igen különböző az ^{18}O -tartalom, ezért a mészkövek is nagy változatosságot mutatnak. A képet tovább bonyolítja, hogy a karbonátban levő szén $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ aránya is erőteljesen változhat. Az élő szervezetek szeretnek minél kisebb energiabefektetéssel tápanyaghoz jutni, ezért a környezetükből a kisebb kémiai kötésienergiával bíró könnyű izotópot, jelen esetben a ^{12}C -t preferálják. Ha a karbonátunk ilyen, könnyű szénizotópban dús szénkomponenst tartalmaz, akkor a $\delta^{13}\text{C}$ értéke erősen eltolódik negatív irányba. Ilyen kőzetek lehetnek például a tavi, elbomlott szerves anyagot tartalmazó édesvízi mészkövek, míg a tengeri mészkövek általában – miután tengeri anyaghoz (PDB) hasonlítjuk – 0‰ körül szórnak.

Tavak és kagylók

Mint láttuk, a tavakban képződött karbonát stabil oxigénizotóp-összetétele a víz hőmérsékletétől és összetételétől függ. A víz

oxigénizotóp-összetételét a tavat tápláló felszíni vízfolyások összetétele, a lehulló csapadék mennyisége, összetétele és a párolgás mértéke határozza meg. A csapadékvíz összetételének megértéséhez a vízpára forrásától, az óceántól kell kiindulni. A tengervíz párolgása során a víz/levegő határfelületet elsősorban a mozgékonyabb könnyű izotópokból álló molekulák törnek át, így a vízgőz a könnyű izotópokban dúsul. A kontinens belseje felé haladva a kicsapódás során ennek az ellenkezője zajlik le, a csapadékban a vízgőzhöz képest több a nehéz izotóp, így a szállított vízgőz tovább dúsul a könnyű izotópokban. A gőz és folyadékfázis közötti izotóp-összetéti különbség hőmérsékletfüggő. Mindebből az következik, hogy az adott helyen hulló csapadék tükrözi az éghajlati viszonyokat. Minél hidegebb az éghajlat, annál negatívabb a csapadék δD és $\delta^{18}O$ értéke. Ez igaz a vertikális eloszlásra is, így a magashegységekben hulló hó erősen dúsul a könnyű H- és O-izotópokban. A magashegységekből származó olvadásvíz ennek megfelelően negatív irányba tolja a tóvíz összetételét, míg a párolgás – mint láttuk – ellenkező hatást eredményez.

A tó vizéből kiváló, vagy azzal kölcsönhatásban levő karbonát – mint például a kagylóhéjak – ezeket a változásokat tükrözik (lásd még *Cserny et al., 1995; Cserny, 2002; Cserny – Tullner, 2009; Tullner – Cserny, 2003*). Hideg, csapadékos időszakban a kagylóhéj karbonátja negatívabb izotóp-összetételt mutat, mint a meleg és száraz (tehát erős párolgással jellemzett) időszakban (lásd még *Barna et al., 2007b*).

Cseppkövek

Cseppkövek (speleotémák) képződnek a barlangi légtérbe belépő, a barlang mennyezetéről csepegő víz mésztartalmának kiválása során, amelyek közül a leggyakoribb ásványfázis a kalcit (kalcium-karbonát). A felszín felől a mélybe szivárgó víz a talajtakaróban élő (zömében mikroszkopikus méretű) szervezetek által kibocsátott szén-dioxid gázt magába oldja, és ezáltal savassá válik

(oldott CO_2 -tartalma megnő). Ez a repedések mentén leszivárgó víz jelentős mennyiségű karbonátot old ki a kőzetből. Amikor a lefelé szivárgó, szén-dioxidban és oldott karbonátban telített karsztvíz belép a kis CO_2 parciális nyomással jellemzett barlangi légtérbe, a nyomásváltozás hatására a szén-dioxid gáz távozik a vízből, ezáltal az oldott karbonát-tartalom, mint kristályos, szilárd fázis, kiválik. A cseppkő oxigénizotóp-összetételét a fentiekhez hasonlóan a csepegővíz összetétele és a barlang hőmérséklete határozza meg, a barlangi hőmérséklet pedig általában a felszíni éves átlaghőmérsékletet tükrözi. Mindez azt sugallja, hogy a cseppkövek igen jól jelzik a képződésük során fennálló éghajlati viszonyokat. Sajnálatos módon azonban egyrészt a vízösszetételt, mint láttuk, számos folyamat együttes hatása határozza meg, valamint változása ellentétes hatású a hőmérséklettől függő karbonát-víz különbséggel, így egymás hatását szerencsétlen esetben teljesen ellensúlyozhatják. Ekkor tesz jó szolgálatot az egyéb paraméterek meghatározása. A szénizotóp-összetétel a talajban lejátszódó biogén folyamatokat tükrözi, mivel erőteljes biológiai működés esetén a növényzet több szerves eredetű, könnyű szénizotópban (^{12}C) dús szén-dioxidot juttat az átszivárgó vízbe. Hideg időszakban a biológiai működés csökken, és a csepegővízből kivált karbonát szénizotóp-összetétele eltolódik a negatív értékektől a barlangot környező – általában tengeri, 0‰ körüli értékű – mészkövek összetétele felé. További segítséget nyújt, hogy a cseppkő karbonátjának kirakódásakor az oldat kis zárványok formájában csapdázódik. Ezt a zárványvizet vákuumtechnikai módszerrel kiszabadítva és hidrogénizotóp-összetételét meghatározva a csapadékvíz összetételére kapunk közvetlen információt, immár a karbonát és víz közötti hőmérsékletfüggő $\delta^{18}O$ -eltéréstől függetlenül.

A cseppkövek további nagy előnye, hogy a talajban és a felszínen lejátszódó mállási és hidrológiai folyamatokat a csepegővíz nyomelem-összetétele is tükrözi, ami ismételten megőrződhet a vízből kiváló karbonátban.

A nagy magnézium- és stronciumtartalom például a szivárgó víz bepárlódására, tehát száraz időszakra utalhat. A nagy foszfortartalom erőteljes biológiai aktivitást jelez, ami alátámaszthatja a szénizotópos adatokból levont következtetéseket. Egzotikus elemek (mint pl. a ritkaföldfémek) dúsulása valamilyen külső forrásból származó anyag (pl. vulkáni hamu) lehullását és mállását jelezheti. Mint látható, a cseppkövek rendkívül bonyolult módon tükrözik az éghajlati és környezeti viszonyokat, de komplex vizsgálatuk hasznos információt szolgáltathat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A geokémiai tanulmányok az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA K-68343 és T 049713) támogatásával készültek. A Geokémiai Kutatóintézet infrastruktúrafejlesztését a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal által finanszírozott GVOP-3.2.1-2004-04-0235/3.0 sz. projekt tette lehetővé.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ALLEY, R.B. – MAYEWSKI, P.A. – SOWERS, T. – STUIVER, M. – TAYLOR, K.C. – CLARK, P.U. (1997): Holocene Climatic Instability – a prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology* 25: 483-486. pp. (2) BARBER, D.C. – DYKE, A. – HILLAIRE-MARCEL, C. – JENNINGS, A. E. – ANDREWS, J.T. – KERWIN, M. W. – BILODEAU, G. – MCNEELY, R. – SOUTHON, J. – MOREHEAD, M. D. – GAGNON, J.-M. (1999): „Forcing of the cold event 8,200 years ago by catastrophic drainage of Laurentide Lakes”. *Nature* 400: 344–348. pp. (3) BARNA G. – CSERNY T. – FÓRIZS I. (2007b): Balatoni kagylóhéjak (*Unio pictorum* Linné) stabilizotópos vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny*. 87: 17-19. pp. (4) BARNA G. – DEMÉNY A. – SERLEGI G. – FÁBIÁN SZ. – SÜMEGI P. – FÓRIZS I. – CSERNY T. (2009): Seasonal fluctuations in the Copper Age: stable isotope record of molluscan shells (Balaton region, Hungary). Workshop Bivalves, Brussel, 4-5 May 2009 (5) BARNA G. – SÜMEGI P. – DEMÉNY A. (2007a): Seasonal variability in the past 4500 years: mollusc-based stable isotope record (Balaton region, Hungary). *Stable Isotope in Archaeological Midden shells: High Resolution Paleoclimatic & Paleoenvironmental Archives* 10-13 July, 2007, Hamilton, Canada. 2007, 36. p. (6) CSERNY T. – HERTELENDI E. – TARIÁN S. (1995): Results of isotope-geochemical studies in the sedimentological and environmental geologic investigations of Lake Balaton. *Acta Geologica Hungarica* 38: 355-376. pp. (7) CSERNY T. – TULLNER T. (2009): A Balaton üledékeinek szedimentológiai, ásványtani és geokémiai tulajdonságai. *Hidrológiai Közlöny*, 89: 205-210. pp. (8) CSERNY T. (2002): A balatoni negyedidőszaki üledékek kutatási eredményei. *Földtani Közlöny* 132/különszám, Budapest, 193-213. pp. (9) FÁBIÁN S. – SERLEGI G. (2010): Settlement and environment in the Late Copper Age along the southern shore of Lake Balaton, in *Reimagining Regional Analysis*. In: T. Thurston and R. B. Salisbury (eds.): *The Archaeology of Spatial and Social Dynamics*. Cambridge Scholars Publishing, Cambridge, England, in press (10) GÁL E. – JUHÁSZ I. – SÜMEGI P. (eds.) (2005): *Environmental Archaeology in North-Eastern Hungary*. *Varia Archaeologica Hungarica* sorozat, XIX. kötet, MTA Régészeti Intézet, Budapest (11) HARDING, A.F. (2000): *European Societies in the Bronze Age*. Cambridge 2000, 552. p. (12) KORDOS L. (1977): Changes in the Holocene climate of Hungary reflected in the „Vole-Thermometer” method. *Földrajzi Közlemények* XXV: 222–229. pp. (13) KRETZOI, M. (1957): Wierbeltierfaunistische. Angaben zur Quartärchronologie der Jankovich. Höhle. *Folia Archaeologica*, 9: 16-21. pp. (14) MENOTTI, F. (2003): Cultural response to environmental change in the alpine lacustrine regions: the displacement model. *Oxford Journal of Archaeology* 22: 375-396. pp. (15) PACHAURI, R.K. – REI-

SINGER, A. (eds.): *Climate Change 2007: Synthesis Report*. IPCC, Geneva, Switzerland. 104 p. (16) PREMIERS CHARIOTS, PREMIERS ARAIRES (2006): *La diffusion de la traction animale en europe pendant les IVe et IIIe millénaires avant notre ère*. (Sous la direction de Pierre Pétrequin, Rose-Marie Arbogast, Anne-Marie Pétrequin, Samuel van Willigen et Maxence Bailly. Paris, 398 p. (17) RAYMO, M.E. – RUDDIMAN, W.F. (1992): Tectonic forcing of late Cenozoic climate. *Nature* 359: 117-122. pp. (18) SHENNAN, S. (1993): Settlement and Social Change in central Europe, 3500-1500 BC. *Journal of World Prehistory* 7: 123-126. pp. (19) SHERRAT, A. (1993): What would a Bronze-Age world system look like? Relations between temperate Europe and the Mediterranean in later prehistory. *Journal of the European Archaeology* (1993) 1-57. pp. (20) SHERRAT, A. (2004): *Economy and Society in Prehistoric Europe*. Edinburgh, 561 p. (21) SIKLÓSY Z. – DEMÉNY A. – VENNEMANN, T.W. – PILET, S. – KRAMERS, J. – LEÉL-ÓSSY SZ. – BONDÁR M. – SHEN, C-C. – HEGNER, E. (2009): Bronze Age volcanic event recorded in stalagmites by combined isotope and trace element studies. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23: 801-808. pp. (22) SOLOMON, S. – QIN, D. – MANNING, M. – CHEN, Z. – MARQUIS, M. – AVERYT, K.B. – TIGNOR, M. – MILLER, H.L. (eds.) (2007): *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (23) SÜMEGI P. – JAKAB G. (2008): Erdő és klíma. *Földgömb*, 2008/2. 30-35. pp. (24) SÜMEGI P. – TÖRÖCSIK T. (2007): Hazánk növényzete az éghajlatváltozások tükrében. *Természet Világa*, 138. évf. 7., 292-295. pp. (25) SÜMEGI P. (1998): Ember és környezet kapcsolata a Kárpát-medencében az elmúlt 15000 év során. *Panniculus* 3: 376 p. (26) TULLNER, T. – CSERNY T. (2003): Quaternary sediments in Lake Balaton, focusing on the investigation of lake level changes. *Acta Geologica Hungarica*, 46: 215-238. pp. (27) VOLLWEILER, N. – SCHOLZ, D. – MÜHLINGHAUS, C. – MANGINI, A. – SPÖTL, C. (2006): COMNISPA – a precisely dated climate record for the last 9 kyr from high alpine stalagmites. *Geophysical Research Letters* 33: L20703. (28) WILLIS, K. J. – SÜMEGI P. – BRAUN, M. – BENNETT, K. D. – TÓTH A. (1998): Prehistoric land degradation in Hungary: who, how and why? *Antiquity*, 72. 101-113. pp. (29) ZATYKÓ Cs. – JUHÁSZ I. – SÜMEGI P. (eds.) (2007): *Environmental Archaeology in Transdanubia*. *Varia Archaeologica Hungarica* sorozat, XXI. kötet, MTA Régészeti Intézet, Budapest

„SZÁRAZODÁS!” – HUPIKÉK ORSZÁGBAN

NAGY BÁLINT

Az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottsága, a Nemzeti Fenntartható Fejlődés Tanácsa, az Országos Meteorológiai Szolgálat, a MEH Környezetállapot-vizsgálat Projekt, a Kecskeméti Főiskola és a VAHAVA Hálózat szervezésében, 2009. október 7-én magas szintű tudományos konferenciát szerveztek az aszály és szárazodás kérdéseinek megvitatására. *A konferencia célja: „A globális klímaváltozás hazai hatásai és lehetséges válaszai alapján állásfoglalás kialakítása az aszályról és szárazodással összefüggő döntések tudományos megalapozására és sürgetésére.”* A feladat végrehajtására hat plenáris előadás, három szekcióban további 27 előadás keretében került sor. Mondanom sem kell, jelentős részben ágazatjellegű technológiai transzfer tudományterületeken, országosan ismert nevek által interpretálva.

Ekkora göztől korszakos jelentőségű következtetéseket vártam. Ezért is nagy izgalommal vettem kézbe a rendezvényen átadott állásfoglalást. Azon nyomban tanulmányozásához fogtam. Nem elsősorban úgy, mint külsős krónikás, hanem úgy, mint az utolsó másfél század ezen ismert folyamatának szorgalmas tanulmányozója, és a történelmi jelentőségű – mert országos koncepcióban és hosszú távú terv hatályában, minden illetékes hatalmi fórum által állami támogatási keretekkel jóváhagyott, törvényesített, és 1978-ban elkezdett – Hosszú távú Meliorációs és Vízrendezési programjának koordinátora. Ha úgy tetszik vezetője. (Erről később részletesebben.)

Az „állásfoglalás” általános bekezdései a végén pontokba szedett intézkedési terv teendőinek „vázlatos” indoklását tartalmazzák. Ezek lényege:

a) „Rendkívül fontosnak tartjuk annak tudatosítását, hogy napjaink és a közeljövő aszálya és a szárazodás nem azonos az elmúlt évtizedekével, ami alapjaiban rendítheti meg a lakosság létbiztonságát!”

b) „Magyarországon 100 évből 26 aszályos (...? sic!), s már az 1900-as évek elején – különösen mosonmagyaróvári professzorok – harcot hirdettek az aszály ellen.”

c) „Történtek figyelemre méltó vizsgálatok, kezdeményezések a közelmúltban is, de a jövőben várható vízhiány, szárazság és aszály, az eddigiektől minőségileg eltérő lesz, mert a felmelegedés és a szárazodás folyamatában jelenik meg, szélsőséges időjárási jelenségekkel súlyosbítva.”

d) „Ezt jelzi az aszályos évek gyakoriságának növekedése, valamint az, hogy a közelmúlt években a korai és kései fagyokat árvíz, belvíz, majd aszály, soha nem látott (sic!) hőségnapok követték, amit özönvízszerű esők, sárlavinák, jégesők, viharok, erdő-, bozót-, tarlótüzek, új kórokozók megjelenése kísért.”

Ezen tényezők által okozott vízgazdálkodási, kereskedelmi, belgazdasági, vízkészletezési és élelmiszer-ellátási zavarok figyelembevételével kéri a konferencia, hogy az Országgyűlés minél előbb határozzon a magyarországi víz- és élelmiszer-ellátás biztonságát előmozdító stratégia, intézkedési terv *kidolgozásáról*, jogszabályokkal alátámasztott cselekvési program *előkészítéséről*, kormánybiztos megbízásáról, beszámolási kötelezettségről, az *osztönző intézkedésekről*, ezek feltételeiről, a végrehajtás *szereposztásáról*, valamint *elkülönített források biztosításáról*. (Kiemelés a szerzőtől.)

Ezek között jelenjenek meg az alábbiak:

A társadalmi tudatformálás érdekében

1. Tájékoztatási és párbeszédprogramok *kezdődjenek* a kormányzati, szakmai és civil szervezetek között.

2. A kormányzati, szakmai szervezetek *ösztönözzék* a vízhiánnyal és szárazsággal foglalkozó rendszeres médiatevékenységet.

A felsőszintű döntésként

3. Az Országgyűlés határozzon a lehető legrövidebb időn belül a „Nemzeti Víz- és Élelmiszer-ellátási Létbiztonság Program” *kidolgozásáról*, az EU irányelvekhez igazodó tartalommal.

4. *Készüljön* nemzeti aszálystratégia, cselekvési program, végrehajtási utasítás, valamint támogatási rendszer.

5. *Szerepeljen a támogatás feltételeként az igazolt felkészülés.*

6. *Nevezzenek ki kormánybiztost* a megvalósítás, a folyamatos tájékoztatás, a kommunikáció, az Országgyűlés és a kormány elé kerülő jelentések összehangolására.

7. *Különítsenek el forrásokat* a feladatok megvalósítására, s intézkedjenek a beszámolási kötelezettség, valamint a számonkérés rendszerességéről.

8. *Kerüljön sor* az alapvető vízigények mindenkorai kielégítése érdekében, a Víz Keretirányelvnek megfelelően, vízkészlet-vízhasználat megállapodások kötésére a vízgyűjtő terület érintett államaival.

9. *Kezdeményezzenek olyan K+F programokat, amelyek tudományosan megalapozzák* a szükséges intézkedéseket. Működtessenek nyomon követési, ellenőrzési és visszajelző rendszereket.

10. *Készüljön oktatási program* a megelőzés, védekezés, a szakképzés erősítésére és a tanácsadó szakemberképzés javítására, valamint az állampolgárok ismereteinek bővítésére.

A mindenféle vállalati, önkormányzati és civil szervezeteknek meg ennyit üzen a „magasságos” grémium:

11. *Váljon alapvető követelménnyé* a megelőzés

12. *A jó gyakorlat szerves részét képezze a vízkészlet-gazdálkodás, továbbá a vízhiány megelőzése és a talajok nedvességmegtartó képességének megóvása.* (1) (Kiemelések a szerzőtől.)

Ezzel – az állásfoglalás programjának céljával és a kiemelt feladatokkal kapcsolatos pajzán gondolatok elhessegetése után – a szakmai krónikás feladatra véget is érhetne. Ha nem lenne tisztában azzal, hogy ez a valami, a „szárazodás” nem más, mint a klímaváltozás felgyorsuló mozgása, amelynek fenyegető következményei mögé bújva, a világhatalom és nagyvállalati EHM-ei (lásd *Perkins*) érdeklőbbi-előjátékot folytatnak a gyengébb államok alapvető természeti erőforrásainak birtoklására és profitmaximalizálási törekvésük kiterjesztésére. Ennek sikere nemzetünk és más nemzetek sokaságának megmaradását vagy megsemmisülését határozza meg.

Felháborító tehát, hogy 2009 végefelé még csak a feladatok felvetésénél tartunk. Annak is a 200 éve folyamatosan alkalmazott dodonai, várakozó, ígéretgő fajtájánál. Mi – miközben Hollandia olyanná vált, amilyen – két százada egyfolytában „készültünk”, „kezdeményeztünk”, „felkészültünk”, „ösztönöztünk”, „kezdődöttünk”, „változtattunk”, hogy elkülönített forrásokat taktikázzunk ki. Miközben semmit el sem kezdünk, de ha véletlenül elkezdünk, biztos nem fejeztünk be. Ezért – az ágazati elnyomorodottságtól a klímfüggőségig; a tőkehiánytól a hitelképtelenségig; a milliós számú zsellérbirtok és sok négyzetkilométeres óriásbirtok-csoport nincstelen éhező tömeget fialó „versenyéig” – minden gondunk jellegében azonos maradt. Most éppen egy gazdasági és klimatikus katalizmával fenyegető válságperiódus kellős közepén.

Ilyen helyzetben a krónikás felelőssége azonos, vagy még nagyobb, mint a szereplőké!

Ennek bizonyítására, kommentár nélkül beemelek egy idézetet:

„Az általános vélekedéssel ellentétben, Irak nem csak az olaj miatt érdekes, hanem

a víz és a geopolitika miatt is. A Tigris és az Eufrátesz is keresztülfolyik az országon, tehát a világnak ebben a részében Irak ellenőrzi az egyre nagyobb jelentőségű vízkészletek legjelentősebb forrásait. A 80-as évek során a víz fontossága – mind politikai, mind gazdasági szempontból – egyre nyilvánvalóbbá vált azok számára, akik az energetikai és a mérnöki beruházások területén dolgoztak. A privatizációs lázban a nagyvállalatok, amelyek a kis független energiaszolgáltató cégeket nyelték le, most arra készültek, hogy Afrika, Latin-Amerika és a Közel-Kelet víz-rendszereit privatizálják.” (1)

„Valamennyi ilyen programtervezetnek az volt a kimondatlan célja, hogy a beruházásban részt vevő cégek nagy profithoz jussanak, a fogadó ország néhány gazdag befolyásos családja hasznot húzzon belőle, ugyanakkor biztosítsa a világ különböző országainak hosszú távú pénzügyi függését és politikai lojalitását. Minél nagyobb a kölcsön, annál jobb. Azt a tényt senki sem vette figyelembe, hogy az országra nehezedő adósságteher évtizedekre megfosztja a legszegényebb rétegeket az egészségügyi, oktatási és szociális szolgáltatásoktól.” (1)

Úgy vélem, a kedves olvasó az idézetben megtalálja a velünk kapcsolatos azonosságot. Ennek tudatában vizsgáljuk meg az állásfoglalás indoklásának tudományos bizonyítottságát, egyben mint a magyar köz-, környezet- és agrárgazdaság tudományának etikai helyzetét bemutató állatorvosi lovat.

a) „a közeljövő aszálya nem azonos eredetű az elmúlt évtizedekével”. Mivel a világ kaotikus (felfoghatatlan tényezőszámú) tér-idő spirálban mozog, természetes, hogy két jelenség oka soha nem azonos. Szindrómái azonban lehetnek nagyon hasonlóak. Ezt néhány történelmi idézettel mutatom be:

„A Kárpát-medence időjárását és ennek révén vízjárását négy éghajlati zóna véletlenszerűen keveredő hatásai határozzák meg. Példaként utalok arra, hogy az avarokat nemcsak a frankok verték ki, hanem az éhínség verte ki őket, mert majd évszázados aszály volt akkor a Tisza-völgyben. Volt jégkorszak is a XV–

XVIII. század között, amikor szélsőséges állítások szerint a török pusztította a tájat.” (2)

„Mielőtt a felhők a Magyar Alföldet a tenger felől elérik, nagyrészt már leadják víztartalmukat azokban az országokban, amelyeken keresztül vonultak. Kiváltképpen a közbeeső hegyvonulatok veszik le a sarcukat belőlük. A Magyar Alföldet a száraz szelek érik el. Ha még a szelek vízzel telt felhőket hoznak is magukkal, kevés az ok arra, hogy vizüket a síkságon adják le. A Magyar Alföldön alig van hőmérsékleti különbség a különböző helyek között.” (3)

„Nagyobb vízfelületei a folyók szabályozása következtében összezsugorodnak. Így csaknem teljesen hiányoznak a légköri csapadék kondenzátorai, a csapadékot összetömörítő képződmények. Ahelyett, hogy a légáramlatok a vidékre csapadékot hoznának, elviszik még azt a kicsit is, amit a talaj felszíne és az alsó légréteg tartalmaz.” (3)

„Mit használ a Magyar Alföldnek, hogy átlagos évi hőmérséklete 8-10 °C, ha április végéig még bizonyosan számíthat késői fagyokra? Még május végén, júniusban sem érezheti magát biztonságban felőle.” (3)

„Kevés változatosság mutatkozik, vagy legalább is mutatkozott eddig a termelvényekben, mindössze egy-két növényfajra támaszkodnak. Ebből ered a termések ropant ingadozása egyik évről a másikra, illetve a jövő évi kenyér bizonytalansága”. „Az 1783-évben, a tenger felé kivitt 8 millió gulden értékű gabona legnagyobb része Magyarországról származott. 1784-ben azonban, a magyar Kánaán lakói kákagyökéren tengették életüket. Barmaik a házak szalmatetejét, és a szemétdombok rohadt kerítését zabálták le és hullottak el a takarmány hiány miatt.” (3)

b) „Magyarországon 100 évből 28 aszályos..., de a jövőben várható vízhiány, szárazság és aszály az eddigiektől minőségileg eltérő lesz, mert a felmelegedés és a szárazodás folyamatában jelenik meg, szélsőséges időjárási jelenségekkel súlyosbítva.”

Magyarország 1815-ben kb. hárommillió véka gabonát szállított határon túlra. Egy év-

vel később pedig a makk- és tarackkenyér áldás volt az éhező népesség számára. *Érkövi* szerint hasonló állapotok voltak: 1790, 1794, 1797, 1801, 1802, 1803, 1805, 1811, 1819, 1822, 1830-1832, 1836, 1841, 1846, 1852, 1857, 1858, 1861, 1862, 1863, amely történelmileg kiemelkedően katasztrofális év volt. Annyira, hogy a sertésekkel a lovak fött hulláját etették, egyébként egy lovat adtak egy dinnyéért. (3)

A Tiszelt Bizottság figyelmébe ajánlom, hogy ennél az utolsó 20 évben sem volt gyakorabban aszályos év. Másrészt hogy a száraz és nedves évek gyakorisága, bizonyos matematikailag kimutatható ritmusszerűséget kontúroz.

Árvizes év eközben mindössze három volt: 1792, 1816, 1853 (4. 1867), ha viszont a száz évet 1900-tól számítom, a belvizes évek száma 30 körüli. (3)

„A magyar mezőgazdaság felvirágztatása ilyen körülmények között sziszifuszi munkával egyenlő. Egy ilyen év megsemmisíti mindazon előrehaladást, amelyet nagy fáradtsággal értek el évtizedek alatt.” (3)

„Sokan a Tisza és a Duna folyóvölgyeit teljesen semlegesnek tartják a csapadékok kondenzációjára... Mások természetesen vitatják ezt, és az utóbbi évek szárazságának okát (különösen az 1863-as szélsőségeit) főképpen a vidék folyóinak, és kiváltképpen a Tiszának szabályozásában látják”. „Abban azonban egységesek a vélemények, hogy kell valamit tenni, a magyar alföld e vízszegénysége ellen.” (3)

„Az élő Tisza nem pusztán folyó, nem pusztán mítosz és mese, valami más. Olyasmi, amit a tudomány szerény eszközeivel is láthatóvá tehetünk: egységes egész, amely nem egyszerűen a víz, az ártér és ártéri élővilág mechanikus összege; olyan rendszer, amely maga szabja ki az adott lehetőségek tárházából saját környezetét. (4)

A Tisza-völgy időjárása, napjainkban is, és az elmúlt évezredekben is szélsőséges volt; csapadéka és hőmérséklete igen változékony, és bizonyosan ilyen lesz a következő évszázadban is. (2)

Még a kérdésben járatlan olvasó is látja, hogy a káoszba vesző indítékú időjárási változások mozgásával – változó, de néha nemzedékeket fenyegető jelentőséggel – a Kárpát-medence vízháztartásának helyzete meghatározó szerepet játszik a magyar gazdaság, és vele a magyarság sorsának alakulásában.

A jelen változási folyamatok okai közé azonban besorolódik a Föld mint bolygó deformálódott biotópjának hatása is. A földi életközösségre legveszedelmesebb – létfenntartásának igényén többszörösen túlérő, kitálat eszközeivel versenyelőnyt teremtve, más fajok létfenntartásának számlájára, a biológiától elidegenedett irányú folyamatokat terjesztő – emberi faj relatív túlszaporodásából eredő anyagcseremelléktermék-tömege az egész biotóprendszeret fenyegető tényezővé növekedett.

A klíma, mint kozmikus függőségű nagyrendszer, eddigi működésében törvényszerű periodicitással fellépő kaotikus ingadozások hatásához kapcsolódva, az emberiség földi körforgásban „emészthetetlen” tömegű anyagcsereterméke, különösen a bolygó biológiai struktúrája tekintetében, fölerősíti az önmagukban is fenyegető kozmikus hatásokat. Ha nem indítéka, de mindenképpen erősítője, felgyorsítója azoknak. Pl.: a sarki jégmezők óriási tömegének rohamos olvadása következtében jégmentességé vált területeken, a gigantikus nyomáscsökkenés eredményeként, az anaerob viszonyok között, hatalmas nyomás alatt végbement reduktív biológiai folyamatokban keletkezett metán, ammónia, kéngázok, szén-monoxid és más üvegházhatású gázok szabadulnak fel, amelyek tömege elérheti, vagy meg is haladhatja az ember mint faj által okozott fajlagos szennyezést. Ugyanakkor az elolvadt jégsapka súlyával azonos nyomáscsökkenés hatására törvényszerűen tektonikus mozgások keletkeznek, kiszámíthatatlan nagyságú vulkanikus tevékenységgel, ennek megfelelő, a folyamatokat felgyorsító közvetlen és közvetett – egyebek közt – hő, de főleg lefagyással fenyegető, légszennyező hatásokkal.

A történelemben ilyen folyamatok már többször előfordultak. A jövő alakulásában, ismét a káosztörvény hatályának megfelelően, egyebek közt az játszik szerepet, hogy a tektonikus következmények koncentráltan vagy dekoncentráltan jelentkeznek. Egy óriás vulkán létrejöttének katasztrófális következményeit a régészeti kutatások már eléggé felderítették.

Ez ismételt, de most ijesztően felgyorsulva, valóban „alapjaiban veszélyezteti a »lakosságot«, sőt a földi biológiai struktúra létebiztonságát”. Kataklimzáig terjedő következményekért való felelősséggel számon kérve a magyar értelmiségi és társadalmi elit, különösen 200 év óta elkövetett – törpe látókörré, és Törpilla nemzeti felelősségre valló – mulasztásait.

Az „állásfoglalás” indoklása abból indul ki, hogy Magyarország klímája 100 évből 28 aszályos évet hordoz, és itt, a bizonyítás biztonsága érdekében, az idézetet félbehagyja. A megállapítás pedig ténylegesen úgy igaz, hogy 17 jó és több mint 30 ár- és belvizes. Vagyis Magyarországon a klímaváltozással („szárzodással”) kapcsolatos védelmi intézkedések haladéktalanul megkezdhetők, *teendője, hogy ha kell, tűzzel-vassal kényszerítve, ki kell tisztítani vagy fel kell újítani a belvízelvezető csatornákat, a műtárgyakat és a vízyűjtők berendezéseit.* (E célból kell kezdet-lábat törni a hatóságoknak, nem a falusi állattartás megbénításában.)

Hányszor hallottam én ugyan állítólag tudós, értelmiségi elit szájából és az őket „bérlő” politikusokéiból elhangzani, hogy országunk mezőgazdasági termelésre kiemelkedő adottságokkal rendelkezik. És hogy ebből eredő komparativitásunk birtokában, támogatáshátránnyal is lebírjuk Európát. De legalább is felzárkózunk hozzá. (Ha ehhez még hozzászámítjuk, hogy ilyen objektív kockázati szint mellett 30–40% adófizetők pénzéből adott támogatást hordozó GOFR termékekkel akarunk felzárkózni és versenyezni, elemi iskolás szinten is felismerjük, micsoda hupikék szellemi törpe ország koldusbotra ítélt polgárai vagyunk.) Az igazság

annyi, hogy hazánk potenciális adottságai meglennének, ha azok teljes hasznosításának céljával, természetbe illeszkedő gazdálkodással harmóniában, a fejlődési korszakok egymásra épülve, nem egymás ellenében mozogtak volna, illetve alakulnának.

A vízálmok meggondolatlan, pocsolókat szülő, csak közvetlen, egyéni gazdasági érdekek alapján történő telepítése, a folyók, de különösen a Tisza vízyűjtőjének üzleti indítékából történt „szabályozása” óta a természeti adottságok misztifikálása önámító, nemzetrontó hazugság! Ami mindig valamilyen alantas célt szolgál. A Kárpát-medence klimatikus adottságai sajátosak, de nem kiválóak! Ehhez alkalmazkodni kell. Mert a technológiai erőszak – egy profit-diktatúrában különösen – önmagában is csökkenő hozadékot szül. A magyar mezőgazdaság – amint már 130 éve a Ditz jelentésben is olvasható volt – akkori, de különösen mai, még beszűkültebb ágazati rendszer-romjában, minden csapadékot megtartó vízgazdálkodási átrendezés nélkül biztosíthatatlan kockázatú, társadalomgazdasági szempontból nemzeti érvágás jellegű tevékenység. Ezért mindennek tudatában ismét felhívjuk a jövő kormány figyelmét, hogy ha tartósan akar regnálni, a vízrendezés még a sportnál is előre valóbb, nemzetstratégiai terület. Nemzeti létkérdés!

Azt is tudja, aki akarja, hogy a folyószabályozáskor – más európai országokkal ellentétben – hatalmi és költségvetési, vízgazdálkodási egyeduralmi helyzetet kihasználó vízügyi kormányzat, hegemon törekvései alátámasztására, a vészhelyzettel való sakkban tartást alkalmazta. *Vízgazdálkodásunk nem „szárzodás”, hanem árvízvédelem-centrikus volt és maradt.* Nem óhajtván az erre rendelkezésre álló nemzeti javakat más gazdasági ágazatokkal megosztani, nálunk nem a szárzodás, hanem a maximális áradás szintjére emelt gát lett a főszereplő, a közlekedési edények törvénye alapján elrendeltetett belvízmagassággal. Ennek következtében Hollandiához hasonló évi vízmennyiséget magunkon „átréselve”

– az átlagszapadék pontján billegve –, 150 éve tendenciózusan romlik a vízmérlegünk. Vagyis nő a bejövő és kimenő arány, veszteség számlája. *Ez azt jelenti, hogy a Tisza szabályozása óta hullámozó trendben, önhibánk okán „szárazodunk”.* (Ez az okoskodó „műanyag” szó, úgy jön ki a magyar száján, mintha homok került volna a fogai közé. Ha az én östudást hordozó ősparaszt nagyapámhoz egyszer azzal állítottam volna be, hogy hallotta-e, hogy szárazodik, fejszóvalva így válaszolt volna: már sokszor mondtam, hogy ha iszol, rágd meg!)

Azért arany áru az öntözővíz, mert a csökkenő víztartalék számlájára történik, nem a megmentett és tartalékolt csapadék-(bel) és az összegyűjtött csurgalék-(tető) vízből származik.

Azért beszélünk – östudású elődeink természetbe illeszkedő, vizet és hordalékot a Nílus-torkolatához hasonló alapelven hasznosító vízi (fok) gazdasága helyett – csak iparszerű öntözésről, elviselhetetlen fosszilisenergia- és forgótökeigénnyel, mert ez a globális eszközgyártó hatalom érdeke és követelménye. Mert így a méregdrága, vészhelyzet nyomása alatt megvásárolt eszközökkel tengerbe erőszakolt vizet, a termelési rendszerben is, hatalmas mennyiségű eszközzel vagyunk kénytelenek pótolni, exponenciálisan romló fajlagos energiataralommal és árral. A ma teherként megjelenő hordalék hasznosulásának elmaradásáról nem is beszélve. (6)

Még jobban felerősítette ezt a lobbit a hatalmi ágazatként megjelenő, és a katalizmaveszélyt állandó paravánnak használó környezetvédelemmel való egyesítése. E „divatos, fiatal” hatalmi ágazat, kormányzati tárcához jutva, önbizonyítási görcsében ahelyett, hogy a fenti alapkérdésekre és a fenntarthatóság biztosítására, a szellemi korszakváltásra összpontosítsa, egyik irányból klímaváltást hirdet, másik irányban óriási társadalmi ráfordításokkal véd ennek megfelelően megváltozó biotópokat, életfeltételeik után elmozduló, vagy hallgatása, vagy cinkossága miatt a nélkül maradó fajokat, luxus menhelyet épít kóbor ebeknek.

Ugyanakkor nemesítési módszerek minősíti a faji határon átlépő génmanipulációt. Eközben a világon naponta 24 000 gyermek pusztul éhen, és e hazában negyedmillió éhező gyerek kiált segítségért. Elfogadja a fenntarthatatlan, profitszerző, 1000 hektáron 3 főt eltartó, természetromboló termelési formákat, de hasznosítási korlátozás alá von minden megjelenő vizet, amelyre véletlenül három vadkacsa vagy egy gémm leszáll. A fő ágazati célját képező szennyvíz, „emészthetetlen” szemét és a kutyapiszok meg a háztetőkig ér. Mindez így marad mindaddig, amíg nem akad egy értelmes államvezetés, amely a gazdasági irányítást, de különösen a léte meghatározó termőföld és vízgazdálkodást, tárcák fölött átérő irányítás alá helyezi. Amely egységes, társadalomgazdaság-(közjó) centrikus rendszerbe szervezi az egymással mindenfajta hatalomért, de főleg támogatási keretekért, léggömb jellegű célokkal háborúzó ágazati hatalmakat. Amíg az alapvető természeti erőforrások nem az emberi megélhetést vagy túlélést, hanem a profitot szolgálják.

c) „...már az 1900-as évek elején – különösen mosonmagyaróvári professzorok – harcot hirdettek az aszály ellen. *Történetek figyelemfelkeltő vizsgálatok, kezdeményezések a közelmúltban is, de a jövőben várható vízhiány minőségileg más lesz...*” (Kiemelés a szerzőtől.)

Negyedszázados vezetői tevékenységem kapcsán a termelésben nem találkoztam ezzel a mosonmagyaróvári mozgalommal. Mosonmagyaróvárról emlékezetemben a *Smith* (jutalmul akadémikussá minősített) professzor pártbizottsági határozattal kötelezett VINASZ etetési programja maradt meg. Felerősödött azonban a Pannon irányból egy másik „mozgalom,” amelyet annyira veszélyesnek minősítettünk (és még mindig annak tartok), hogy az 1978-ban Battonyán beindított Országos Meliorációs Program nagygyűlésén is szükségesnek tartottam rá külön kitérni. Szó szerint így: „Mindezek figyelembevételével, a talajerő gazdálkodás jelenlegi vitájához állásfoglalá-

sunkat ismételtelen leszögezzük: A Keszthelyi Georgikon Napokon elhangzott megállapítás – amely szerint a talajtermékenységet kizárólag műtrágyára alapozva, szervestrágya nélkül is fokozhatjuk, s ezért a szervestrágyát elegendő az állattenyésztési telepek köré kiszórni – csak abban a vonatkozásban helytálló, hogy tényleg meg lehet tenni. De ha közgazdasági számításokat is végzünk, látni fogjuk, hogy ez rohamos hozadék csökkenéssel jár együtt. *A talaj szerves anyag tartalma, mint talaj pH egyensúlyi tényező, valamint a talaj vízháztartásában, tápanyag tároló és tápanyag leadó képességének fokozásában alapvető szerepet játszó fő agrokémiai tényezőnek a jelentősége messze nagyobb, a benne levő tápanyagok értékénél, és jelentős szerepet játszhat a talaj potenciális termőképességének fokozásában.*

Hasonló hibás álláspontok korrekciója és megelőzése érdekében a továbbiakban be kell vezetni a talaj potenciális termőképességének számítását.

Tudnunk kell ugyanis, hogy mesterséges, tehát ipari eredetű tápanyagokkal minél inkább eltávolítjuk a tényleges termőképességet a talaj potenciális termékenységtől, annál nagyobb fajlagos hozadékcsökkenéssel kell számolni.” (Battonya, 1978. szeptember 15.)

Kijelentettük mindezt akkor már befejezett, és a teljes mezőgazdasági vertikumot e pontról energiatermszformáció-hatékonyság szempontjából elvégzett számítások, és az akkor már teljes kapacitással folyó, négyhektáros mozaikrendszerben végzett egységes módszerrel mintázott, mért és táblára konkretizált talajtani mérések alapján. Amelyek egyértelműen bizonyították, hogy

- a termésátlag trendjében növekszik ugyan a ráfordítással, de mozgása nem a bevitt hatóanyagot vagy a mért tápanyagmérleget követi, hanem a csapadékvizonyokat;

- a talaj felett élő agrobiotóp és a benne élő, rá tipikus életközösség egységes táplálkozási és fiziológiai rendszert képez, miközben holt anyagként kezeljük és vizsgáljuk;

- a talajban végbemenő biológiai tápanyagforgás üteme és tömege az agrobiotó-

pénak többszöröse, vagyis a nagyrendszer meghatározó része;

- ezt figyelmen kívül hagyva, a természetett növény napi felvételénél arányosan több, pl. C-t és N-t forgató biológiai közösséget a talaj méréshez használt extraktumának kivonásánál elpusztítjuk, nagyrészt gáznemű C-vé (pl. CO₂-vé) vagy N-né (pl. N₂-vé) degradálva mérés nélkül a levegőbe engedjük, miközben a tápláló folyamatot s vele fiziológiai közösséget megszüntetjük.

A talajt elemezhető minerális közegeként kezeljük. Vagyis krematóriummi hamun mérünk, pl. magnéziumszintet. (Nem vagyok benne biztos, hogy az akadémiai agrárgazdaságtan és talajtan minden fontos tényezője a mai napig elért e felismeréseki.)

A fenti következtetések alapján, az OMFB Agrárosztályával együtt, K+F szerződést kötöttünk a Szegedi Biológiai Intézet Biofizikai osztályával a növényi tápanyagfelvétel biofizikai folyamatainak tanulmányozására, a Gödöllői Egyetem Talajtani és Agrokémiai Tanszékével a növényi tápanyagfelvétel jelzett atomos vizsgálatára, a Baranya Megyei Növény és Talajvédelmi állomása mellett létrehoztuk az Országos Talajbiológiai Laboratóriumot. Soha nem látott méretű tőzegkitermelést indítottunk be. Országos intézkedési tervet dolgoztunk ki az állattenyésztési telepek környékén felgyülemllett sokmillió tonnányi szerves trágya kihordására, és ha nem volt elég gép, robbantással történő, egyszeri szétszórására. (Szívesen megmutatnám néhány mai bürokratának, hogy a 6 millió tonna szerves trágya hasznosításának milyen ma is modellül szolgáló, pontosan kivitelezett programja volt.) (5)

Ez a környezetgazdálkodni és minden pénzcatornát maga felé fordítani „ideológizáló” lobbigrémium ismer-e a világtörténelemből olyan országot, amelyet talajgenetikailag, talajtaniilag és hidrológiailag, növénytermesztési fenológiai lépcsőnkét, négyhektáros sűrűséggel, olyan pontossággal, olyan megtervezett és integrált egységes rendszerben végigmérték volna, mint amit

mi 1977–85 között e haza mezőgazdasági területein elvégeztünk. A Szabad Világ Amerikával együtt csodájára járt. Csak a hazai technológiatranszfer-központok és az anyagi és karrierérdekből akkor már a szolgálatukba szegődött, ezzel magát is technológiai transzfer szintjére degradáló honi agrokémiai és agrárgazdasági tudomány gyűlölte, mint a leprát. Mert az energetikailag meztelenre vetkőztetett művelési összefüggések egyértelműen bizonyították, hogy az USA-tól 10% többlettermék-részesedéssel, 10 éves futamidejű rojalitivel, világbanki hitelből vásárolt technológia- és eszközrendszerrel, 50–70% *kiemelt zártkörű állami támogatással* beerőszkolt technológia, pláne hatékonyságellenes munkaegység-bérezési móddal üzemeltetve, az ágazatot oda kényszeríti, ahova 1989-re jutott.

A fenti tudományágakat pedig politikai gazdaságtan minőségű transzferalapnak sem alkalmas, állampárt eredetű műárrakra, könyvelésre, három pénznemre és piacra őrzített „áltudomány” szintre degradálta. Lufi minőségű tudományos „tétemények” tömegét „minősítve”, ezzel ellenőrizhetetlen melegágyává, transzferjévé válva a rendszerváltással magát mindenhatónak kikiáltó globális piaci, liberális agrárgazdaságtannak. A magyar mezőgazdaságot a társadalom-gazdaság szolgálata, a nép megélhetésének szolgálata helyett a globális piac profithajszoló, emberellenes gazdasági célok áldozatává „szakértve”, *melyből szakági tudományos forradalom nélkül ki nem mászik.*

A magyar növényvédelmi és talajerőgazdálkodási szervezet nem szállt be ebbe a folyamatba. Mi a hálózatfejlesztést is, a mérő- és adatfeldolgozó rendszert is, néhány különleges műszer és gép kivételével, a hazai műszer-, gép-, vegyiparral és nemesítéssel együttműködve, vagy egészen, vagy legalább nullszaldós céllal, magunk fejlesztettük, dolgoztuk, vagy adaptáltuk és szerveztük meg. A fenti eredménnyel, folyamatosan számításokkal ellenőrizve. Laboratóriumoknál még a kötelező épület:berendezés optimális értékárányát is.

Elemzéseink egyik perdöntő megállapítása az volt, hogy a csapadékingadozásból származó terméskiesések jelentősen meghaladják az öntözött területek által biztosított pozitív eredményeket. Ez az időjárásnak kitett területeken, már a ráfordítások korabeli szintjén elrendelt támogatás mellett is, elviselhetlenné tette az ebből származó kockázatot. Jelentős mértékben csökkentve a talajtermékenység komparatív és műszaki változatának érvényesülését. Ezért minden létező és részt venni akaró szakértő bevonásával, e mérési adatrendszerre alapozva dolgoztuk ki a Távlati Országos Meliorációs Programot. Majd ennek alapján a Távlati Meliorációs Tervet, amit 1978-ban, minden illetékes hatalmi tényezővel jóváhagyatva, beindítottuk és az első, 10 éves szakaszt – Felső, Közép és Alsó Tisza vidéki, a Körösök vízrendszerét érintő szakaszát, a Dél-Kelet-Balaton (Enying és vidéke), a Nyugat-Balaton (Zala-Veszprém-Kisbalaton), valamint Győr-Szigetközi körzetekben – amit 1985-re 50–100%-ban elvégeztük. A vízgazdálkodási társaságok feltámasztásával a csatornákat kitakarítottuk, a Vízügygel együttműködve a hiányzó műtárgyakat legyártattuk és felújítottuk, a tervezett vízgyűjtők arányos részét megépítettük. Kidolgoztuk a légi felvételezés alkalmazását, sőt megkezdtuk a műholdas talaj-felvételezési módszerek adaptálását, interpretálását, amely pontos földi mérések kifejeződésének kódolása nélkül nem használható.

És – amint *Orlóci* tanár úr naiv csodálkozással konstatálja – valamiért 1985–93 között nem volt árvíz. A „valamiért”-et szakértőtől csak akkor vagyok képes elfogadni, ha egymásra teszi az árvizes és nem árvizes évek hőmérséklet- és csapadéknaptárát. Félreértés ne essék! *Orlóci Lászlót*, amint idézett és könnyen hozzáférhető dolgozata is bizonyítja, progresszív, korszakváltó vízgazdálkodási tudósnak tartom, mégpedig *Andrásfalvy Bertalan* és *Molnár Géza* után szívemhez legközelebbieknek. De ezért is töle érzékenyebben fogadok kitételeket. Olyanokat is, hogy látott meliorálni erre alkalmatlan belvizes területeket. (2) A melioráció,

szerény ismereteim szerint, egyik céljában ennek megszüntetését célozza. És hogy az üzem a táblán belüli foltok korrigálására is külön lehetőséget kapjon, a szakmai bölcsek legszélesebb körének meghallgatása alapján, az állami támogatások 50–70%-át központi elbírálás alapján térségi komplex meliorációra; 30–50%-át pedig egyedi üzemi táblán belüli meliorációra fordítottuk.

Másrészt a rendszer, a már akkor számítógépes központi feldolgozással működő folyamatos mérések, a meliorált területeken bekövetkezett eredménymozgások alapján ellenőrizte volna a meliorált táblákon beálló vagy elmaradó változásokat, és önellenőrző és öntanító módon, számon kérte volna az eredményeket. És tette is ezt 1985-ig, amikor *Fekete János, Lázár György, Szabó István, Marjai és Burgert* elvtársak nemzetközi tökével folytatott adósságszűrés vezető játékaikat, a Vízügy különösen szennyvíz-gazdálkodási hatalmi bővülésével keletkezett hegemoniáját, valamint az akkor még hatalom felé törekvő környezetvédelmi „számítók” céljait zavarva, az apparátussal együtt szét nem verték. Az adatok azonban, bár sok esetben szétlopva, megvannak. Ezért ennek műholdas tükröződésjelek azonosításától a vízgazdálkodási rendszerreform kidolgozásáig kiterjedő hasznosítása páratlan lehetőség, maga a rendezett adatrendszer viszont páratlan nemzeti szellemi tőke. Amelyről a résztvevő szerveknek, de különösen a növény- és talajvédelmi, valamint a vízügyi hálózatnak, különösen a VITUKI-nak, a vízgazdálkodási társulásokkal együtt, a kormányváltáskor el kell számolnia. És eddigi használatukkor elmulasztott – etikailag is, „minősítés” tisztaság miatt is – hivatkozási mulasztásokat hivatalosan el kell ítélni. Nem is beszélve a törvénysértő forgalmazások kivizsgálásáról.

Egyik nagy agrokémiai olümposzi méltóságunk e korszakos és megismételhetetlen munkát azzal minősítette le, hogy a meliorációs körzetek nem igazodtak a régiók határaihoz. Csak a méltóság akadályoz meg abban, hogy ezt a szösszenetet minősítsem. A választ az AKI által 1979-ben készített „A

Melioráció Távlat Fejlesztési Programja és Intézkedési Terve” dokumentumból másolom: „Az üzemi és üzemközi vízrendezési létesítmények, valamint a főművi kapacitások összhangjának biztosítása érdekében, célszerűnek tűnt a mezőgazdasági meliorációs térségeket az OVH gyakorlatában alkalmazott vízgazdálkodási egységekből; a belvízrendszerekből és vízgyűjtő területekből felépíteni. Az 1981–1990 közötti időszak meliorációs fejlesztési előirányzatait vízgazdálkodási egységenként készítettük el. Az egyes beavatkozások mennyiségének, költségének meghatározása a MÉM NAK által készített felmérés adataira épült. Térképen ábrázoltuk a belvízrendszereket és a vízgyűjtőket, majd a területileg azonos NAK körzetekben előirányzott feladatokat és költségeket hozzárendeltük. További vizsgálatok és számítások alapját ezek a térségek képezték.

Távlatilag a térségi fejlesztésre javasolható területek lehatárolásakor figyelembe vettük az *MTA Agrokémiai Kutatóintézetében* a meliorálandó területekről készült, az eróziós kártételt és talajhibákat ábrázoló térképeket, belvízkár területi jellemzőit, a potenciális termőképesség megközelítésére a talajértékszámot, az átlagos aranykorona-értékeket, valamint a termelés-ráfordítás, hozam és eredmény adatait. Ezt követően a *MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Főosztályával* és az OVH-val való egyeztetés során alakítottuk ki a térképmelléleteken ábrázolt, és a 10–12. melléletekben táblázatosan felsorolt 1981–1990 közötti fejlesztési javaslatot.” (5)

E környezetgazdálkodási grémium honnan veszi az erkölcsi alapot, hogy egy aszályról szóló műszo bevezetésével, egy ekkora, előtte és utána megismételhetetlen pontosságú és hálózatú felmérést annyival intéz el, hogy „történtek figyelemkeltő vizsgálatok, kezdeményezések a közelmúltban is, de a szárazság és aszály az eddigiektől eltérő lesz...” Az iga-zi klimatológusok ez utóbbi kitélt nevetve cáfolják. Azonban bármilyen eredetű vízmérleghiány vagy „szárzodás” következményeire csak a pontos mérési adatok alapján lehet következtetni. A mérési adatok pedig objek-

tívek. Avagy újat akarnak kezdeményezni? (Látszólag? Pénzszerzésre, nem rossz ötlet.) A céltól függően azokból – de objektíven csak azokból – lehet kiindulni. És a tervekből miért nem lehet hasznosítani a jövő feladatnak megfelelőket? Megváltozott a víz áramlási iránya vagy a talajszerkezet? Valószínű nem, mert pl. az Észak-balatoni foszformentesítési programot maszek Bt.-ék árulják, miközben e feladatkörben készült. Néhányan hasonlóra készülnek egy szárazodással kapcsolatban ki-lobbított új országos megelőzési programban is. Most hupikék-zöldikék zászló alatt. Mintha a szervezőbizottságból legalább négyen-öten nem vettek volna részt ügydöntő jelentőséggel a „figyelemfelkeltő”-vé degradált, korszakalapozó mérési és meliorációs programban.

Ami az új, sokszor mediterrán származású növényi károsítók megjelenésével való bizonyítást illeti, ezt azért nem lehet elfogadni, mert a behurcolás jelentős része Európai Unió belülről történt, miután szétverették a FAO és UNIDO modell magyar növényvédelmi szervezetet. Megszűnt: a belső karantén, mint kategória; az importált szaporítóanyagok termőhelyi elővizsgálata; a felderítés és járványmegelőzés; a szaktanácsadás pedig a szergyártó cégek kezébe került, és marketing – östermelőknél még ennél is alább –, reklám szintjére süllyedt.

Akár eltérő lesz a klímaválság az eddigiektől, akár nem, egy biztos: az öngerjesztés mai folyamatainak inerciáját számba véve, e halmozódó hullámú (interferens) tüneteket mutató, visszafordíthatatlanságot (irreverzibilitást) bizonyító jelenségekkel megjelenő klímaváltozási folyamat önmagában is alapjaiban „fenyegeti a lakosság létbiztonságát”. A baj azonban az, hogy most a világon először együtt jelenik meg egy ugyancsak utolsó, permanens válsághullámokkal jelentkező gazdasági világrendszer-válság végjátékával. Ezt nálunk „megfejelel” még egy teljes, minden oldalú (gazdasági, társadalmi, alkotmányos, politikai, morális, kulturális, szociális, nemzettudati stb.) nemzeti válság. Vagyis, nálunk a szó szoros értelmében a nemzeti lét van végveszélyben.

Ezért a témát ilyen kisstílű, hatalomgázati lobbiszinten tárgyalni nem éppen olümposzi léptéket mutató világrépre vall. Ha valakinek e téren kétsége lenne, kiemelt számára a kulcsszavakat. Mint cseppben a tenger, úgy jelenik meg benne az a dermesztően nemzetvesztő, filléres érdekközpontúság, amellyel a magyar értelmiségi elit a már eddig is sokszor pusztulást okozó vízdeficithez és csapadékgazdálkodáshoz visszonyult. Ide s tova másfélszáz éve! Most a lét vagy nemlét pontjáig szorultunk. Innen az út, amin idejutottunk, akármilyen javítással, „a sírt melyben nemzet tűnik el” látomás beteljesedéséhez vezet. Kozmopolitikába lopakodó, júdáspénzért állandóan „tévedő” nemzeti elittel csak ide juthatunk! *A jövő szempontjából legfontosabb, összetársadalmi szellemi erőfeszítésre érdemes kérdés, hogy a beindult és az ember által megerősített, öngerjesztő biotóp-váltó folyamatok megállíthatók vagy visszafordíthatók, illetve visszafordíthatatlanok, ez esetben lassíthatók-e? A teendőket ugyanis e válaszok alapján kell és szabad meghatározni.*

Következtetésem szerint ma már nem megelőzhetők, nem visszafordíthatók, végkiemenetelük mértéke kiszámíthatatlan. Ezért a fejlődést erőszakoló intézkedések helyett túlélést célzó, radikális paradigmaváltásra van szükség.

Végleges pusztulásra ítéli magát a nemzet, ha a mai, minden irányú és háromrétegű károsból való kijutás útjaként ismételtlen a globális töke hatékonyságának szolgálatát jelöli meg. Vagyis az előidéző globális piaci versenyzés és szabályozás kicsit néppártira nyomorított és nemzeti színre festett paradigmáit tekinti iránynak! A profitmaximalizálás *Font* által hirdetett egyeztetése a szociális helyzet megoldásával ebben a helyzetben antagonistá paradoxon. Nemzeti túlélési lehetőséget eláruló Hókuszpók-gagyai a törpeagyúak betetésére! Ez minden nép számára parancsolat, csak az elnyomó érdek gazdasági terrorja nem engedi felismerni. És ha az EU továbbra is ezt egyen-erőszakolja, és a támogatásokat erre és nem a lehetőségek adottságnak meg-

felelő kihasználására „osztja”, feladatára alkalmatlannak kell tekinteni.

Fejünk felett hömpölygő végveszélyben nem a „kilábalás csodáiról kell rózsaszín ködöt fújni”, hanem e helyzetet is őszintén megvilágítva, a vég elkerülésének lehetőségeit mérlegelve, a nemzeti túlélés alapjait biztosító közösségi és egyéni magatartásbeli paradigmat kell kidolgozni. A fenébe a bankok világrontó jelképes papírhegyeinek tiszteletével, amikor az emberek „enni, inni” alapigényének kielégítése is a közeljövő fenyegetéseinek kódéba vész. Ezt totalitáriusan kezelni nem lehet, sőt végzetes bűn lenne. Ezért a létalapok megtermeléséért való felelősséget, a termőföld és víz nemzeti kézben való megőrzésének kötelezettségén kívül, decentralizálni kell (szubszidiaritás). Az egyént a helybeni önellátásért való felelősség irányába kell vezetni. A politikai gondolkodást alapjaiban is, céljaiban is át kell rendez-

ni. Teljesen új gazdasági prioritásokat, támogatási elveket és célokat kell követni. A hazai piac ellátását a termelés stratégiai céljává kell emelni. Nemzeti mozgalmat és akciókat kell indítani, a csurgalék (pl. ereszcatorna vizek) gyűjtésére és meghatározott vízhasználat kielégítésére stb., ilyen célra alkalmas merev és rugalmas (pl. Trevira) tárolók támogatott gyártásával és akciók értékesítésével.

A kataklizma fejünk felett gomolygó fenyegetésének nyomására a mindenféle nemzeti elitnek, mint a pillangó bábjának, le kell vedlenie Hókuszpók kerti törpéinek bábruháját, és a világ gonosz urát kijátszva, a nemzet és népe túlélésének biztosításában, stratégiájában kell normális alakját fölvennie, nagyon gyorsan, ha 2012–14 táján nem akar a Húsvét-szigetek egykori papjainak és előljáróinak sorsára jutni. Ha nem teszi, sorsát megérdemli.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) PERKINS, J.: Egy közgazdasági bérgyilkos vallomása. Ráció Kiadó (2) ORLÓCI I. (2009): Vízgazdálkodás a Tisza-völgyben. „a falu” 2009 ősz (3) DITZ, H. (1993): A magyar mezőgazdaság. Népgazdasági tudósítás a kir. Bajor Kereskedelmi Államminisztérium részére. 1867. Kiadó: Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete (4) MOLNÁR G. (2002-2003): A Tiszánál. Gondolatok a természetről és történelemről... Ekvilibrium Kiadó, Zalkod (5) NAGY B. (1978): A melioráció szerepe a talajok termőképességének növelésében és továbbfejlesztésének időszerű feladatai. Országos Komplex Meliorációs Bemutató, Battonya, 1978 szept. 15. (6) Agrárgazdasági Kutató Intézet (1979): A melioráció távlati fejlesztés programja és intézkedési terve. Budapest (7) Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrokémiai Központ (1984): A magyarországi I. talajvizsgálati ciklus eredményeinek értékelése.

A VÍZGAZDÁLKODÁS INTEGRÁLÁSA, KIHÍVÁSOK ÉS VÁLASZOK

KOLOSSVÁRY GÁBOR

„...nem jó annak semmiféle szél,
aki nem tudja, melyik kikötőbe tart.”

SENECA

„Minden társadalmi és természeti
válság közül, ami az emberiségre vár,
a vízhiány a legfontosabb, melynek megoldása
túlélésünk és Földünk túlélésének kulcsa.”

KOICHIRO MATSUURA, UNESCO

BEVEZETÉS

Az édesvízkészlet a világon és Európában is különleges *stratégiai szerepet* nyer. A nemzetközi konfliktusok a több országhoz tartozó vízgyűjtőkhöz kapcsolódtak. Az édesvízkészlet 96%-a felszín alatt, Kelet-Európában 65 határon átnyúló, amely konfliktusok forrása lehet. A 4% felszíni édesvíz csak 0,6%-a hasznosítható! (ENSZ jelentés)

Ha nem költik a világ GDP-jének 1%-át megelőzésre, 25%-os GDP-csökkenés várható!

No de mi várható a Kárpát medencében?*

A csapadékváltozás:

télen 8-13 mm/°C növekedés,
nyáron 10-12 mm/°C csökkenés.

A mediterrán klíma irányába való viszonylag gyors eltolódás várható:

– A tél nedvesebb és enyhébb, a nyár szárazabb és melegebb, szélsőségesen nagy csapadékok!

– A téli félév csapadéka nő, de még inkább a párolgás.

– Felszín alatti vizek visszapótlódása csökken.

– Beszivárgási területeken 10 mm/°C csökkenés várható még, nagy területeken eltűnhet a kicsi, 10-20 mm/év-es csapadék.

A víz a következő jelenségre, válságra vezet:

- A víz az éghajlatváltozás által legerősebben befolyásolt erőforrás.

- A vízzel kapcsolatos gazdasági tevékenység napjainkban az olajénak már mintegy a felét teszi ki.

- Szélsőséges helyzetekben jókora pluszköltségekkel számolhat a társadalom és a gazdaság.

- A víz sokak szerint egy soron következő nagy világválság elsősorú kiváltója lehet.

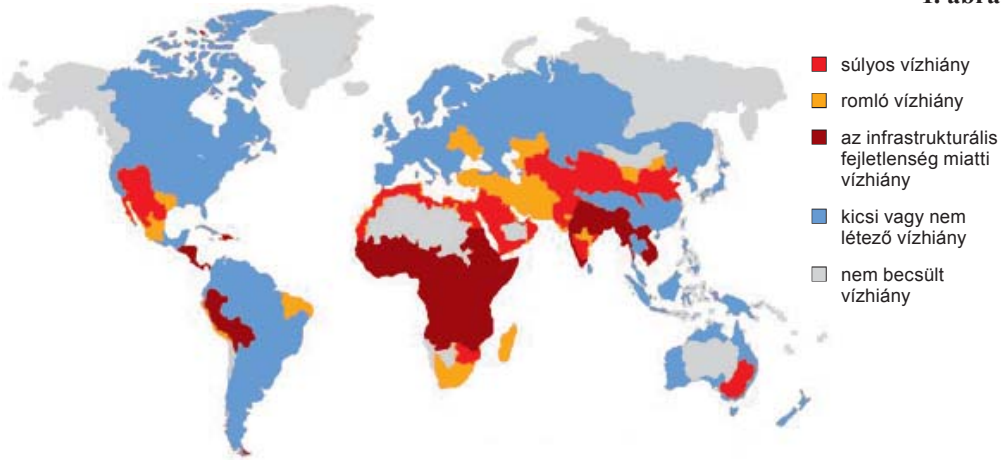
- A Föld teljes vízkészletének mindössze mintegy 2,5%-a édesvíz, és ennek csak 0,6%-a hasznosítható. A vízigény azonban ennek a készletnek csupán töredéke, a fő gondot az egyenlőtlen eloszlás jelenti.

- Magyarország klímája mediterrán irányba tolódik el, magasabb átlaghőmérséklettel, kevesebb nyári csapadékkal és növekvő szélsőségekkel (árvizekkel, szárazsággal, aszályokkal) – gyakoribb vízkorlátozással.

- Egyre több vízre lesz tehát szükség, és amihez egyre nehezebb hozzájutni.

* A közreadott anyag a Szerző 2009. decemberében elhangzott előadásának vázlata, amely tömören kitűnő áttekintést nyújt – ebben a formájában is – a témaköréről.

1. ábra



Vízhiányos területek a földön

• A tavak felülete várhatóan csökken, és növekszik a sóartalom, az elsvatagosodás miatt elterjedhetnek a szárazságtűrő fajok.

• A vízbeszerzési források és vízminőség tekintetében Magyarország ma még kedvezőbb helyzetben van, mint más EU-országok.

• Célszerű előmozdítani a vizes rendszerek fennmaradását és a vizes élőhelyek megőrzését, helyreállítását, amelyekben a magántőkére kevésbé lehet számítani.

• Megjelent a virtuális víz.

Megváltozik a környezet!

• Legfontosabb mezőgazdasági és környezeti veszélyt a vízhiány jelenti.

• A termelés kockázata rendkívüli módon megnövekszik.

• Magyarországon a mezőgazdaság számára rendelkezésre álló vízkészletek kihasználása 30%, a világon 80%.

KÖZÖS LEHETŐSÉGEK A VÍZGYŰJTŐKÖN

Hazánk a 2009. évi Víz Világnapi jelmondat legjobb mintaterülete, a mi értelmezésünkben: *Osztott vízgyűjtőkön – Közös lehetőségek, avagy Egy hullámhosszon.*

Vízgyűjtőink, vizeink bár osztottak, de összefogással, együttműködéssel a növekvő népesség élelmiszer- és ivóvíz-ellátási igényei kielégíthetők, a természet erőforrásai megőrizhetők.

A világon 263 olyan vízgyűjtő (tó, folyó) van, amelyen több ország osztozik.

Az országhatárokon átnyúló, felszín alatti vizek száma 274 (a Föld felszínének 15 százaléka).

Nemzetközi vízgyűjtőn él a népesség több mint 40 százaléka.

A Föld felületének a felén olyan országok találhatóak (145), amelyek területe vagy annak egy része nemzetközi vízgyűjtőre esik.

33 olyan ország található – köztük Magyarország –, amelyek területének több mint 95 százaléka nemzetközi vízgyűjtőre esik.

Számos vízgyűjtőn osztozik két ország, de 13 vízgyűjtőn 5-8 ország és öt vízgyűjtőn 9-11 ország.

A Duna a világ legnemzetközibb vízgyűjtője, 18 ország területén folyik keresztül.

Az Európai Unióban a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek 30 százaléka országhatárok által megosztott vízgyűjtőkre készül. E tervek fedik le az EU területének a 70 százalékát.

A vízgazdálkodás kihívásai:

- népességnövekedés;
- a gazdaság növekedése;
- a vízigények növekedése;
- a szennyezés növekedése;
- verseny a szűkülő készletekért;
- vízhasználati, vízsztetosztási konfliktusok;
- ellenőrizetlen, felszámolatlan, készlet-csökkentő vízhasználatok;
- a gazdasági és egyéb érdekek szakma fölé helyezése.

Közmegegyezés szükséges: politikai, gazdasági, társadalmi és szakmai, speciális szakági, pl. vízgazdálkodás.

A MEGOLDÁSRÓL, A TENNIVALÓKRÓL

A tennivalók kulcsszavai:

- vízbőség, vízhiány, szárazság, aszály;
- vízkészlet;
- termelésiszerkezet-váltás, agrotechnika;
- birtokpolitika, birtokszerkezet;
- élelmiszer-termelés;
- terület- és tájhasználat;
- kármegelőzés, kárelhárítás, kárenyhítés;
- vízgazdálkodási konfliktusok;
- megélhetés;
- biztonság a jelenben és a jövő megóvása.

A megelőzés és a vizes konfliktusok feloldásának kulcsa a jó területi vízgazdálkodás!

A megoldás koncepcionális elemei

• A Kárpát-medencében a szélsőséges időjárási helyzetek természetesen és gyakoriak!

• A megoldásokat nem csupán a forrásvidéken, hanem a teljes „átvonulási” területen kell keresni.

• A prioritások helyes meghatározása döntő lehet

- „háborúban” is: mentés, védekezés, helyreállítás;
- „béke idején” is: megelőzés, felkészülés, kiépítés.

• A végrehajtás egyes időszakaiban milyen a felelős szervezetek és intézmények viszonya?

• A kiépített infrastruktúra az adott kor (tulajdonviszonyait és struktúráját, használati viszonyait, műszaki fejlettségi színvonalát) politikai, szakmai, társadalmi döntéseit és azok mechanizmusát, szervezeti rendszereit tükrözi.

• A nagytérsegi programok és beavatkozások hosszú távon és sokszor visszafordíthatatlanul hatnak.

• Meghatározó, hogy az egyes időszakokban milyen a politikai, gazdasági, társadalmi kommunikáció.

A kívánatos vízügyi politika:

• „A vízügyi politika... az ország lakosságának a vízgazdálkodási feladatok ellátásával kapcsolatos – konszenzuson alapuló – egyezése.”

• „Csak a területhasználatban részt vevő gazdasági szereplők és érdekeltek fogalmazhatnak meg célokat, amelyek megvalósításának vízgazdálkodási feltételei vannak.”

• „...szolgálni és szolgáltatni... csak a társadalom által követelt és kikényszerített, de a fenntarthatóság követelményeinek megfelelő beavatkozásokat szabad megtenni...”

A megoldás lehetséges konfliktuselemei

• Újra kell fogalmazni az állam, a helyi közösségek, az egyén vízgazdálkodási feladatait, felelősségét, szerepét!

• Változik-e a vízvédelmi stratégia? Milyen módon kell a jövőben biztosítani a vízügyi és ezen belül a védelmi szolgáltatásokat?

• Meg tudja-e fogalmazni a saját és környezete változásához kapcsolódó vízszolgáltatási, védelmi igényét a gazdaság és a társadalom?

• Mi lesz a finanszírozás jövőbeni rendszere, mit tekintenek majd közfeladatnak és mi lesz a helyi érdekeltek, tulajdonosok kötelezettsége?

• Hogyan, milyen struktúrában lehet megteremteni a biztonságos finanszírozás hátterét?

- Teljes körű, vagy csak gazdasági célú elemzések alapján döntenek?

- Tartós megoldásokat keresnek, vagy csak a pillanatot kezelik?

- A termőhely óvása: – árvédelmi töltések – belvív, belvízvédelem – aszály – szikese-
dés!

- A pillanatok megoldásának sikerei nem szüntetik meg az okot, csak növelik az okozatok számát!

- A területi vízprobléma alapvetően a mezőgazdaság és a települések ügye!

- A tájhasználatot a vízhez jutás természetes változása pozitívan befolyásolja, a mesterséges beavatkozások pedig egy irányba terelik, vagy korlátozzák (természet–víz–élővilág egyensúlya)!

- Már nincsenek lokális megoldások, csak komplex kezelési lehetőségek (térben, időben, szakmában)!

A megállapodás (konszenzus) elemei a megoldások kapcsán

- Jó mezőgazdasági gyakorlat, a VKI–VGT teljesítés, költségtakarékos működés, olcsó állam.

- Helyes vízpolitika, vízgazdálkodási stratégia és cselekvési programok kialakítása a vízbiztonság eléréséhez, új közmegegyezés a közcélú feladatellátáshoz, a birtokszerkezet és tulajdoni szerkezet átalakulását, a természeti és környezeti adottságokat és hatásokat is figyelembe vevő, költséghatékony vízbiztonsági rendszer kidolgozása.

- A földdel kapcsolatos ügyek rendezése (tulajdon, birtokszerkezet, művelési ágak).

- A tulajdonosok számára a kényszerű, de szükségszerű, lehetőleg veszteség nélküli gazdasági váltási lehetőségek megteremtése (terület- és tájhasználatok újragondolása, kiszámítható és biztonságos termelés).

- A költségmegtérülés és költségghasznosulás (költséghatékony) elveinek gyakorlati érvényesítése.

- A védelmi feladatok finanszírozhatóságának biztosításához az érdekeltég arányainak megfelelő forrás létrehozása és működte-

tése, a fenntartás, üzemeltetés és a védekezés forrása a nemzeti költségvetés.

- A természeti és környezeti értékek, gazdasági érdekek a mezőgazdaság és a települések egyidejű szolgálata, védelme.

- A vízgazdálkodásról szóló szabályozások korszerűsítése, szakszerűség.

- A társadalom bevonása (párbeszéd).

- A tájékoztatás, közlés, tervismertetés nem a társadalom bevonása, az érintettek vegyenek részt a döntésekben!

ZAJLIK A VKI–VGT TERVEZÉSE

A vizek jó állapotának eléréséhez és megőrzéséhez tervezett intézkedési programok megvitatása, értékelése, annak érdekében, hogy Magyarország Európai Bizottságnak benyújtandó vízgyűjtő-gazdálkodási terve:

- Csak olyan intézkedéseket tartalmazzon, amelyek a vizek jó állapotának eléréséhez biztosan szükségesek.

- Nem aránytalanul költségesek.

- Nem gátolják a mezőgazdasági termelés fejlesztését és biztonságának megteremtését a közérdeket sértő módon.

Kiemelt szempont (a világfórumokon is): az alkalmazkodás és a felkészülés szükségessége (EU Parlament és Bizottság határozatai; 5. Víz Világ Fórum; II. Magyar Agrárakadémia; Aszály és szárazodás konferencia, Kecskemét).

A PROBLÉMA FONTOSABB TOVÁBBI TÉMAKÖREI

Megalapozott szakmai döntések

- A szakemberek – bármely oldalon is állnak – nem képesek feloldani a vezetői kommunikáció hiányát.

- A szakmai állásfoglalásokat és a szakmai alapokon nyugvó döntési javaslatokat nem szabad összekeverni a politikai szándékokkal és döntéshozatali mechanizmusokkal.

- Vannak kérdések, amelyek megválaszolása, eldöntése politikai és vezetői akarat függvénye az összes következményével együtt, de ez utóbbiak nem terhelhetők a szakmára.

- Megfelelő szakmai előkészítéssel, megfelelő párbeszéddel és szereposztással, valamint kellő politikai háttér biztosításával alapható meg a munka.

Vízhiány-Szárazság-Aszály

A régebbi aszályok tragikus következményekkel jártak (*Réthy Antal* nyomán):

- 1022-ben olyan nagy volt a szárazság, hogy semmi gabona nem termett.

- 1473-ban „a Duna annyira elapadt, hogy még Magyarországon is átgázolható volt”.

- 1790-ben Erdélyben az éhhalállal küzdő nép sás- és gyékénygyökerekből süített lepényen élődött.

Aszálykárak napjainkban:

- A súlyos aszályok gyakorisága jelentősen nőtt.

- 1990-ben az aszály okozta kár mintegy 30-35 milliárd Ft volt. Az akkori kormányzat 1500-2500 Ft/ha közötti vissza nem térítendő állami támogatást biztosított a gazdáknak, mely több mint 2 milliárd Ft forrás igénybevitelét eredményezte.

- A 2000. évi súlyos aszály mintegy 1,3 millió hektáron okozott jelentős termés kiesést. A kár meghaladta a 60 milliárd Ft-ot. A 2000. évet ár- és belvíz is terhelte.

- 2003-ban rekordokat megdöntő hőség párosult a több mint 6 hónapon át tartó csapadékhiánnyal. Az akkori aszály súlyosságát jelzi, hogy az összes megtermelt kalászos gabona mennyisége a 1996-2000 közötti évek – magasnak nem minősíthető – átlagától 27%-kal maradt el.

- Az elmúlt 30 évben az aszályos időszakok száma és intenzitása jelentős mértékben nőtt az Európai Unió tagállamaiban. Az aszálykáros területek nagysága és az érintett lakosok száma 1976 és 2006 között 20 százalékkal nagyobb lett. Az egyik legsúlyosabb aszály 2003-ban volt, amikor több mint 100

millió embert és az EU területének harmadát érintették az aszálykárak. Az európai gazdaságot ért kárak nagysága elérte a 8,7 milliárd eurót. Az elmúlt 30 év aszálykárait 100 milliárd euróra becsülik.

Öntözés 2009-ben és a fejlesztési célok

- A vízjogilag engedélyezett terület 178 607 hektár.

- Az öntözhető szántóterület 142 108 hektárra csökkent.

- Az előző évhez képest a gyümölcsösök vízjogilag engedélyezett öntözhető területe 1000 hektárral kevesebb.

- Az összes megöntözött terület 92 ezer hektár, ami 14 ezer hektárral több, mint az előző év azonos időszakában.

- A kiöntözött vízmennyiség 183 millió m³, ez 35 millió m³-rel több, mint az előző évben. Országosan a vízjogilag engedélyezett öntözhető terület mindössze 51%-át öntözték. Az öntözésre engedélyezett szántó 54%-át, a rizs 82%-át, a gyümölcsös 41%-át, a gyepek 28%-át öntözték 2009-ben. (Kihasznátság!)

- Jász-Nagykun-Szolnok megyében 14 ezer hektáron, Csongrád megyében 14 ezer hektáron és Hajdú-Bihar megyében 28 ezer hektáron öntöztek. Ezekben a megyékben kiemelkedően magas volt a kiöntözött vízmennyiség is, ami 75%-a az országosnak.

- Az öntözhető területek nagysága 2000-ben az EU 15 tagállamában átlagosan a mezőgazdaságilag hasznosított területek nagyságának 11 százaléka volt. A legkisebb arány Angliában volt (1,7%) és a legnagyobb Görögországban (37%). Magyarországon a területi kihasználtság értékei az utóbbi években az engedélyezett területre vetítve 15 és 57% között, a mezőgazdasági területre vetítve 0,5-2,0% között mozogtak.

- A versenyképes hazai agrártermelés megteremtése érdekében – a hazai klimatikus, talajtani és egyéb adottságokat figyelembe véve – az öntözéses gazdálkodás fejlesztése a mezőgazdaságilag hasznosított területek legalább 5-10 százalékanak meg-

öntözését teszi majd szükségessé és lehetővé 2007-2014 között.

- Célunk a meglévő öntözőrendszerek felújításával, az igény és a piaci szempontok szerinti új öntözőfűrtök kiépítésével 60-80 ezer ha – átlagosan 10 ezer ha/év – új terület öntözéses gazdálkodásba vonásával a tényleges és rendszeresen öntözött terület 180 ezer hektárra történő növelése.

- EMVA összes támogatási igény (24 950 ha, 38 035 M Ft) megoszlása:

a) főművi fejlesztés	12 100 millió Ft
b) közösségi fejlesztés	11 810 millió Ft
c) üzemi fejlesztés	14 125 millió Ft
Fajlagos költség főművel:	1 524 ezer Ft/ha
főmű nélkül:	1 039 ezer Ft/ha
üzemi:	566 ezer Ft/ha

Vízpolitika az EU-ban

- A kilencvenes években a szárazföldi és tengerparti vizek védelme, a vizek állapotának javítása és megőrzése volt a fő célkitűzése az Európai Unió vízpolitikájának. A 2000-es évtized elején a jelentős károkat okozó európai árvizek és aszályok következtében bővült az EU vízpolitikája, különösen az aszály és vízhiány kezelésére vonatkozó közlemény és munkaprogram nyilvánosság-razosásával.

- A Közleményben megfogalmazott intézkedések végrehajtásához kidolgozott Munkaprogram (SEC(2008)3069) hét intézkedéscsoportot tartalmaz. Szinte minden intézkedéscsoportban vannak olyan intézkedések, amelyek a mezőgazdaságra vonatkoznak. Ilyenek pl. a vízszolgáltatások helyes árazása, a vízzel kapcsolatos támogatások hatékonyabb elosztása, az aszálykockázatkezelés fejlesztése, vagy a vízhatékony technológiák és gyakorlatok szorgalmazása.

- Elemi érdek részt venni az EU aszály- és vízhiány-stratégiája akcióiban. E nélkül a támogatások lehetőségeinek kihasználása lehetetlenné válik.

- Európa Víz Politikájának alapelveit a következő évtizedekre a Víz Keretirányelv (VKI) rögzíti, azért, hogy megakadályozza,

illetve csökkentse a vizek szennyeződését, elősegítse fenntartható használatukat, védje azok környezetét, javítsa a vízi ökoszisztémák állapotát (fizikai, kémiai, ökológiai), és csökkentse az árvizek és aszályok hatásait.

- A VKI megvalósításának jelenleg zajló legfontosabb eleme a Vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés (VGT). A VGT nemcsak vízgazdálkodási, hanem döntően vidékfejlesztési, mezőgazdasági, terület- és tájhasználati, birtokrendezési stb. kérdés. Fontos eszköze lesz a 2013 utáni mezőgazdasági és vidékfejlesztési támogatási rendszer.

ZÁRÓ GONDOLATOK

- Az államnak és a helyi érdekeltek közösségének nem az a célja, hogy támogatásával, érdekeltségi hozzájárulásával az alapfeladatokat jelentősen meghaladó szervezetet tartson fenn, de az igen, hogy a közcélú feladatokat ellátó szervezetet működtessen és finanszírozzon.

- A mai agrárgazdaság, a mai földművelésügy, de a vidékfejlesztés sem képzelhető el korszerű területi vízgazdálkodás nélkül.

- A feladatokat a vidéki lakosokkal, termelőkkel összefogva lehet és kell megoldani, a vízbiztonságra, a vízvédelemre, a talajvédelemre és a termelésbiztonságra koncentrálni.

- Az alapfeladatok ellátása során feladatunk az állami tulajdonú mezőgazdasági célú vízi létesítmények működtetésével a közcélú vízgazdálkodási feladatok ellátása.

- Hosszú időre eldöntjük, merre halad Magyarországon a vízgazdálkodás, éppen ezért ebből a döntésből senki nem maradhat ki!

- Vigyázni szükséges az ún. arányosság elvének helyes alkalmazására, amely a kevés forrás esetén a prioritások szakszerű meghatározását célozza.

- Ideje felismerni, hogy a vizekre hatással lévő és a vízgazdálkodást befolyásoló ügyek döntő többsége nem a vízügyi szektoron belül keresendő!

- A Világ és Európa, nemkülönben hazánk vízzel kapcsolatos problémáinak megoldása a jövő élelmiszer-termelését és -biztonságát, annak vízgazdálkodási megalapozását és a gazdálkodók életfeltételeinek javítását szolgálja. Fontos tehát, hogy mit és hogyan teszünk a vízgazdálkodási lehetőségekkel és eszközökkel.

- Nagy felelősség a gazdálkodók – köztük a vízgazdálkodás – gazdálkodási feltételeinek megteremtése és megőrzése. Azt a területi vízgazdálkodási közeget szükséges létrehozni, amelyben a mezőgazdasági termelés kiszámítható, biztonságos, a vidék lakosság-megtartó képessége erős, a vízkárok elleni védelem megnyugtató.

ÖKODIKTATÚRA A KLÍMAVÁLTOZÁS SZANÁLÁSÁHOZ?

ERDŐSI FERENC

Tartalmi túlzásai, üzenete alapján e könyv írásának célja csupán az olvasó szándékos sokkolása, a klímaváltozás drámai következményeinek tudatosítása, valamint a védekezés újabb diktatúrába torkolló forgatókönyvére való figyelemfelkeltés lehetett (*Pálffy Gyula: Kopogtat a világvége. Pannónia Könyvek, 2009, 575 p.*). Cselekménye a 2030-as évek második felében (!) játszódik, amikor már földi méreteken bekövetkezik a totális klímakatasztrófa, amit még csak súlyosbítanak a gyakoribbá és pusztítóbbá váló földrengések, vulkánkitörések, az óceánok alatti kéreg megemelkedésével együtt. Nem csupán az alacsony fekvésű part közeli területek, hanem lassan a dombvidékek és alacsony hegységek is víz alá kerülnek; Nyugat-Európa metropoliszaiból milliósámra menekül a lakosság, az embervesztés százazres nagyságrendű. Azonban az új lakóhelyeken is megkeseríti, sőt ellehetetleníti az életet a kegyetlen szélsőséges időjárás (orkánok, robosztus jégesők, hosszú aszályok és soha nem tapasztalt felhőszakadások, gyilkos napsugárzás stb.), ami tönkreteszi a termést, de az épületeket is, és nagyon megrehezíti, veszélyessé teszi a közlekedést, még a gyalogjárást is.

Az egész világon és az élet szinte minden területén a klímaváltozás elleni védekezés érdekében vissza kellett térni a gépek előtti technikai szintre, a még 2016-ban *G. C. Lohde*-től megjelentetett „A nagy visszafordulás” című (Schopenhauer és Gioni mizantropiája által befolyásolt szemléletű), új korszak nyitását sürgető műre hivatkozva. Mivel az emberek többsége kényelmi és más megfontolásokból ragaszkodott a korábbi civilizáció vívmányaihoz, ezért az egész Európára kiterjedő hatáskörrel létrejött a párizsi központból irányított, francia szolgálati nyelvű Viribus Unitis Komité. E szuperhatóság Ma-

gyarországon is berendezkedett, és kemény diktatórikus eszközökkel kényszerítette a lakosságot a klíma kordában tartása érdekében az anakronisztikus, végtelenül egyszerű életmódra mindaddig, amíg az éghajlatban nem következik be kedvező fordulat.

A vizionált történet magyarországi szintre Belső-Somogy, közelebbről Csurgó, Nagyatád és Szabás, ahol a tehetséges ifjú főhős és hozzátartozói, valamint jó néhány Hollandiából idemenekült család él a több száz évvel korábbiakra emlékeztető tárgyi környezetbe visszakényszerített siralmas körülmények között. A nem megújuló energiaforrások teljes kiiktatása következtében mindenhol kénytelenek az emberek nélkülözni a 20. század végének legáltalánosabban használt műszaki eszközeit (a villamos és motorhajtású gépeket, járműveket, sőt a számítógépet és a telefont is). Budapestre lóvasúton lehet eljutni három nap alatt, de a lakókocsit is négy lábúak vontatják. Megtörtént az átállás gázzal és olajjal a fával és növényi hulladékkal való tüzelésre. Megszűnt a vezetékesvíz-ellátás, ezért még a minden tekintetben lepusztult budapesti belvárosban is kerekes kutakból nyerik az ivóvizet, mellyel a tereken vagy éppen udvarokban kialakított konyhakerteket öntözik, és a haszonállatokat itatják.

A főhős a hatóságnál személyiségértékei és szellemi kvalitása folytán (párizsi és saharai kiképzések után) gyors karriert futott be, így a többi ökoávóshoz hasonlóan élvezhette az igen magas fizetést, a szolgálati terepjárót, a repülőgépet, a nemzetközi nagysebességű vonatot, sőt a szuper infokommunikációs készülékeket is. Ennek ellenére a főtiszt nem érzi magát alkalmasnak arra, hogy az elkecseregetett menekülő és a magas hegységekben kialakított korlátolt befogadóképességű aziliumokon kívül rekedt emberek ellen lőfegy-

vereket használjon. Kivételezett személyként családjával a magyarországiaknál komfortosabbnak propagált, de valójában elégtelenül működő berchtesgadeni, sziklába vájt óvóhelyen töltött el három évet mindaddig, míg a klíma visszaszelídülésének halvány jelei nem mutatkoztak.

Nyilvánvaló, hogy a szerzőt (a nyugdíjas mellkasebész professzort) az öko- és geotudományok részéről semmiféle elvárás nem kötötte írás közben, ezért nem kérhetők számon a klímaváltozással és következményeivel kapcsolatosan közölt datálási és méretbeli képtelenségek. Nem tűnik viszont minden alapot nélkülözőnek az a felfogás, hogy a fogyasztói társadalmat csak drasztikus eszközökkel lehet kényszeríteni az emberiség létét

veszélyeztető klímaváltozás elleni határozott lépésekre, mert az önkorlátozásra való agitáció eredménye ma még majdnem a nullával egyenlő, de a klímavédelmi egyezményekre és nemzeti klímapolitikákra alapozott szabályozások hatékonysága mindmáig rendkívül gyengének bizonyult. Ellenszenves viszont az a vízió, hogy az ökodiktatúrát gyakorló maroknyi csoport a kivételezett ellátását majd azzal indokolja, hogy az emberiség megmentése érdekében erre munka- és kondíciós eszközként szüksége van. Az meg egyenesen hátborzongató, hogy technikai okok, illetve kapacitáshiány miatt csupán az emberiség egy ötödének/egy negyedének a megmentéséről lehet szó, a többiekét a végzetes sorsukra kell hagyni.

SOIL AS WATER RESERVOIR; SOIL ARIDIFICATION

By
VÁRALLYAY, GYÖRGY

Keywords: soil moisture regime; infiltration; water storage capacity; extreme moisture regime; waterlogging hazard; drought sensitivity.

The three most important criteria to the life quality are adequate quantity and quality of healthy food; good quality water and a pleasant environment. All three are closely related to the sustainable management of natural resources, including the rational use and conservation of soil and water resources and the safeguarding of their quality.

The limited freshwater resources of the Earth are becoming a strategic element of sustainable development because of the growing multi-faceted needs which it must satisfy. The pessimistic forecasts of global climate change aggravate the competition (or even fight) for these freshwater resources. Consequently, the efficient management of water resources is a key issue of sustainable development.

The natural resources of Hungary are relatively favourable for long-term rainfed biomass production. The relatively favourable conditions, however, show high spatial and temporal variability, are irregular, sometimes extreme and react sensitively to various natural or human-induced stresses. It can be forecast with high probability that the risk, frequency, duration and intensity of extreme weather and water conditions (floods, waterlogging, over-moistening & drought) will increase, often in the same year and in the same area. The reasons for include the high spatial and temporal variability and hardly predictable regularity of atmospheric precipitation; the growing frequency of intense heavy rains („rain bomb”); heterogeneous relief; unfavourable soil properties; inadequate land use and cropping pattern.

Under such conditions it is especially significant that the soil is the largest potential natural water reservoir (water storage) of Hungary. Theoretically, more than two-thirds of the average atmospheric precipitation can be stored in the 0–100 cm soil layer. This huge potential water storage capacity, however, is often not usable efficiently due to the following reasons:

- Infiltration of water into the soil is prevented by the saturation of soil pores with water; by an impermeable frozen soil surface; or by a compact, nearly permeable layer on or near the surface.

- The infiltrated water is not stored (or at least not in plant-available form) within the soil because of low water retention, and water is lost to downward filtration to the deeper horizons or to the shallow groundwater.

All this increases water loss from surface runoff, evaporation and deep infiltration, and the risk of extreme moisture regime becomes more serious.

All efforts must therefore be made to help the infiltration and useful storage of water in the soil in plant-available form. There are appropriate technologies available for rational land use and agrotechnology, which should be adapted and implemented to fit the conditions of any given site. These measures – through the more efficient use of the „potential water storage capacity” – reduce the risk of drought sensitivity as well as waterlogging hazard, while also diminishing the resulting unfavourable economic/environmental/social impacts and harmful consequences.

The proper control of soil moisture regime is an indispensable component of sustainable land use, modern management of water resources and the efficient protection of the environment.

CROP PRODUCTION; SOIL TILLAGE, CROPPING STRUCTURE, HARVEST

By
JOLÁNKAI, MÁRTON – BIRKÁS, MÁRTA

Keywords: climate change, drought, crop production, soil tillage.

Crop production is the basis for safe food supply. Crop site conditions may have an influence on production efficiency. More specifically, adapting to climatic changes will most probably become even more important in the future. Adaptation demands more efficient management of water resources, first of all. Inappropriate management (wrong tillage, nutrition and plant protection practices) may aggravate the negative effects of climate changes and may lead to higher yield losses. The present study would give a brief summary on the tasks of crop production associated with climate change.

AGRO-CLIMATOLOGY ANALYSIS OF THE UTILISATION OF RADIATION BY CROPS

By
LANTOS, ZSUZSANNA – VARGA, ZOLTÁN – VARGA-HASZONITS, ZOLTÁN –
ENZSÓLNÉ GERENCSÉR, ERZSÉBET

Keywords: photosynthetically active radiation, radiation utilisation, biomass, crop.

The rate of radiation utilisation by four important alimentary crops (autumn wheat, autumn barley, maize, potato) were determined for each county for the period of 1951 to 1990 and for 14 counties for the period of 1951 to 2000.

Potato had the highest rate of radiation utilisation, 3% on average. The lowest rate, 0.8% on average, was found for autumn barley, only slightly exceeded by the other spiciferous cereal, autumn wheat (0.86%). The average radiation utilisation figure for maize was close to 1%. Temporal analyses indicated that the introduction of modern varieties and the develop-

ment of agricultural technology resulted in the increase of radiation utilisation rates. Figures dropped back in the nineties due to factors related to agricultural technology. As for spatial distribution, it was found that the extent of radiation utilisation did not conform to the zones defined by the distribution of photosynthetically active radiation in Hungary. All four crops best utilised solar radiation mainly in the Transdanubian region, while the lowest rates were found in the north-eastern parts of the country.

Comparing the utilisation rates for the individual crops with figures in the technical literature showed that in many cases, utilisation rates were defined as the quotient of the biomass produced and the photosynthetically active radiation absorbed by the plant. Conversion of the calculations we used to these quotient results in figures of the same magnitude – even the differences between the crops are similar to figures in the technical literature.

The radiation utilisation rates for each crop were relatively low compared to the theoretical maximum. It would be useful to increase the radiation utilisation rates of major crops, as it would increase yields proportionally. Increasing the radiation utilisation of winter wheat from 0.86% to 1%, for example, would increase yield by 16%. The same increase of yield would require an increase of radiation utilisation of potato from 3% to 3.5%. This goal can be achieved by developing varieties which have a higher rate of radiation utilisation, as well as by using practical procedures to promote the utilisation of radiation.

THE ROLE OF THE GOVERNMENT IN MITIGATING LOSSES FROM NATURAL CAUSES IN HUNGARY

By
SZÖLLŐSI, ENDRE

**Keywords: losses from natural causes, governmental action,
experience, desirable new system.**

Experience so far shows that after it has been updated, the national system for the mitigation of losses from natural disasters works acceptably. It is still a transitory solution, however, as it only covers losses from major disasters and not all damages caused by nature. The long-term solution would be to introduce an insurance based scheme supported from public funds and covering all kinds of damages (including drought). Preconditions to the introduction of such a system include

- compliance with the relevant Community regulations;
- cooperation between the government, insurance companies and farmers in developing the system;
- availability of the required funds (also relying on Community funds);
- and last but not least, establishment of a not-for-profit insurance coordination organisation by the insurance companies, farmers and the government.

Developing and preparing this system will take years, but the increasing frequency and severity of extreme weather phenomena makes it an urgent task.

CLIMATE CHANGE – INSTABILITY OF INCOMES – SOLUTIONS

By
KAPRONCZAI, ISTVÁN

Keywords: aridification, drought, income, instability, aid.

Droughts and the process of aridification have complex consequences. This paper focuses on the increasing instability of incomes. The instability of incomes refers to the fact that the income of individual farmers and undertakings changes unpredictably and significantly from one year to another due to factors that the undertaking cannot control. Mitigation of the instability of incomes caused by drought and aridification is an important issue for the national economy. Possible measures include irrigation, insurance, a change in the aid philosophy of the Common Agricultural Policy, as well as research and development.

THE EFFECT OF DROUGHT ON THE FEEDING, YIELD AND HEALTH OF FARM ANIMALS

By
MÉZES, MIKLÓS – ERDÉLYI, MÁRTA

Keywords: drought, feedstuffs, nutrients, farm animals, drinking water.

Drought has an impact on the nutrient content of crops. As a result, farm animals may be affected by unfavourable physiological processes, their yield may decrease and their reproductive condition may be impaired. Additional problems are caused by the risk of mould infections associated with the forced prematurity of cereals and the resulting increase in the mycotoxin pollution of grains. The partial or permanent lack of sufficient drinking water, experienced in certain areas in drought years, may also significantly affect both production and animal health. It is recommended to grow crops and use agricultural technology which helps the development of crops in each phenophase. As for mass forage, the technology used to preserve it – be it drying or fermentation – should receive increased attention. Permanent access to drinking water appropriate for the species, age and production class is of fundamental importance, which should be considered when establishing farm sites.

USING TELEMETRY TO ASSESS THE QUANTITY AND QUALITY OF BIOMASS AND WATER STOCK

By

NEMÉNYI, MIKLÓS – TAMÁS, JÁNOS – FENYVESI, LÁSZLÓ – MILICS, GÁBOR

**Keywords: telemetry, biomass assessment, vegetation indexes,
water stock management.**

When talking about forecasts for and the monitoring of the effects of climate change and aridification, one should not forget that approximately 75% of the territory of Hungary is used intensively for agriculture-related applications. About 50% of the country's territory is farmland, 20% is covered by managed forests, and 3% are gardens belonging to residential homes, where agricultural technology is also used intensively, if not always entirely professionally. We are convinced that these facts must be taken into account as the starting ground when studying aridification.

Modern production technologies can offer a lot of help in mitigating the effects of aridification, and may help find ways to tackle challenges, but this requires the use and constant development of technical spatial information systems. Telemetry is one of the methods suitable for the monitoring of biomass production. It allows the creation and analysis of vegetation indexes. This parameter is associated with the biomass produced by plants through photosynthesis, i.e. the chlorophyll produced. Plants only reflect a small portion of visible light, while reflection of the near infrared range (760-900 nm) changes proportionately to the chlorophyll content of plants, and their biomass. This allows us to determine the amount of biomass produced by comparing the intensity of light reflected in the visible range (more specifically, in the red range: 630-690 nm) and in the near infrared range. Real-life experience has shown that rather than using simple difference values, the so-called Normalised Differential Vegetation Index (NDVI) can be used to obtain more accurate figures which are a closer reflection of reality. Using NDVI may help the direct or indirect investigation of environmental components in various fields of study. This paper describes some of these.

DROUGHT AND ARIDIFICATION – INTERNATIONAL BACKGROUND AND RELATED ISSUES

By

VERMES, LÁSZLÓ

Keywords: UN, ICID, European Union, desertification, initiatives, measures.

Related earlier international actions draw attention to the serious negative consequences of drought, aridification and desertification, such as the growing lack of water, deterioration of farmlands, impoverishment and migration. They also underline the right direction of Hungarian initiatives so far, and the significance and topicality of the conference 'Drought and aridification in Hungary'.

THE FREQUENCY OF DROUGHTS IN THE CARPATHIAN BASIN IN THE LAST THREE HUNDRED YEARS

By
PÁLFAI, IMRE

Keywords: strength of drought, frequency of droughts, climate change.

The study of the last three hundred years (1710-2009) shows that approximately every second year was a drought year in the Carpathian Basin, with a serious or very serious drought in every tenth year on the average. The strength of droughts and their frequency (to be more precise: relative frequency) in the ten sub-periods covered by the study exhibited surprising variance. Although the frequency of drought years decreased somewhat in the second half of the overall period, the most drought-ridden period – based in both the strength and frequency of droughts – was the sub-period from 1983 to 2009. In this period, 30% of all droughts were serious or very serious. This is a grave warning for the future, as the situation may become even worse depending on the outcome of climate change. Certain developments in the methodology used are required to enable us to assess the results of the regional climate change models for the 21st century against the drought frequency data presented in this paper.

CLIMATE CHANGE EVENTS IN THE CARPATHIAN BASIN IN THE LAST FIVE THOUSAND YEARS, AND THEIR EFFECTS ON SOCIETY

By
DEMÉNY, ATTILA – SCHÖLL-BARNA, GABRIELLA
– SIKLÓSY, ZOLTÁN – BONDÁR, MÁRIA – SÜMEGI, PÁL –
SERLEGI, GÁBOR – FÁBIÁN, SZILVIA – FÓRIZS, ISTVÁN

**Keywords: climate fluctuation, effects on society, Holocene,
stable isotope geochemistry.**

Development of Hungarian infrastructure over the last decade has made it possible to analyse climate-specific formations using the tools of high definition stable isotope geochemistry. The Geochemistry and Paleoclimate Research Group established in the Institute for Geochemical Research studies numerous formations of this nature. This paper describes analyses of dripping stones and bivalves, more specifically, the analysis of materials which are only a few thousand years old. The paper focuses on two less studied climate change events from the last approximately five thousand years, which occurred in the late Copper Age and on the border of the Middle and Late Bronze Age. Stable isotope composition data reveal that these periods featured warming and cooling periods spanning several hundred years. Comparison with longer and more well-known periods indicates that the scale of these events in the Cop-

per Age and the Bronze Age was similar to the other climate fluctuations which occurred in the Holocene, i.e. approximately in the last 10 000 years (e.g. the well-known Minor Ice Age). Although no historic sources are available, archaeological finds reflect changes in the society. The possibility that changes in Copper Age and Bronze Age societies (concerning the structure and distribution of settlements, or agriculture) could be caused, at least partially, by changes in the environment, were first proposed in archaeological papers. The findings presented in this study have confirmed such assumptions. It is also important to note that the fluctuations in the Holocene – which were infinitesimally smaller than the large-scale geological climate changes – had significant effects on the societies living in the Carpathian Basin. Considering the range in which temperature was assumed to vary (appr. 0.5-1 °C) along with the increase in temperature being forecast for the upcoming decades (2-6 °C), it is easy to see that we should expect changes which are certainly not insignificant. It is also well known, however, that area which is the Carpathian Basin today had a much wetter climate in the Pliocene and Miocene, when temperatures were much higher. This reminds us that it is important to consider the findings of geosciences when creating a strategy against climate change.

DETECTING CLIMATE CHANGE AND SIMULATION OF ITS EFFECTS IN KESZTHELY

By
KOC SIS, TÍMEA

**Keywords: Keszthely, increase of temperature,
decrease in precipitation, maize, microclimate.**

Detailed analyses have shown that precipitation patterns in Keszthely changed over the second half of the 20th century. Statistics prove that spring precipitation decreased in a linear manner, which might have very critical consequences for agriculture. The data for Keszthely seem to indicate the disappearance of the secondary maximum typical of the autumn months. The total precipitation for individual autumn months seems to be more balanced. The precipitation levels for October dropped significantly. Analysis of the periods without precipitation shows that in each growing period, farmers must anticipate at least one 15-day period without precipitation, or two such periods lasting 10 to 14 days each.

In Keszthely, the statistically proven rate of warming (0.49 °C/100 years) is lower than the rates found in the other stations in the Transdanubian region over the same period. Warming may have a positive effect on tourism around Lake Balaton in the summer, on one hand, but on the other hand it may have harmful effects on the water stock of Lake Balaton and the water regime of plants, as it increases evaporation and transpiration. Variance in the summer and autumn mean temperatures was found to have decreased, which means that the proportion of underlying temperature figures closer to the mean temperature of the relevant season is increasing. At the same time it must be pointed out that summer mean temperatures are increasing at a rate higher than the annual mean temperatures. No significant changes could be detected in the monthly figures.

Studies of the microclimate in maize fields found that no significant shift towards latent heat for the transpiration of water – due to the presumed warming and loss of precipitation – could be detected in the energy balance of the plants. Findings concerning components of the microclimate confirmed that in addition to climatic conditions, the crop field architecture also significantly affects such components. Stoma resistance data as well as changes in the ambient temperature measured among the crop plants lead us to conclude that as climate change progresses, the natural water supply will not be sufficient to satisfy the water needs of plants. Consequently, to grow maize profitably, farmers near Keszthely will also need to prepare to introduce irrigation and agricultural technology which helps protect water stored in the soil.

CONTENTS

STUDIES

<i>Várallyay, György</i> : Soil as water reservoir; soil aridification.....	3
<i>Jolánkai, Márton – Birkás, Márta</i> : Crop production; soil tillage, cropping structure, harvest	26
<i>Lantos, Zsuzsanna – Varga, Zoltán – Varga-Haszonits, Zoltán – Enzsölné Gerencsér, Erzsébet</i> : Agro-climatology analysis of the utilisation of radiation by crops	32
<i>Szöllősi, Endre</i> : The role of the government in mitigating losses from natural causes in Hungary	37
<i>Kapronczai, István</i> : Climate change – instability of incomes – solutions	42
<i>Mézes, Miklós – Erdélyi, Márta</i> : The effect of drought on the feeding, yield and health of farm animals	46
<i>Neményi, Miklós – Tamás, János – Fenyvesi, László – Milics, Gábor</i> : Using telemetry to assess the quantity and quality of biomass and water stock	51
<i>Vermes, László</i> : Drought and aridification – international background and related issues	61
<i>Pálfai, Imre</i> : The frequency of droughts in the carpathian basin in the last three hundred years	66
<i>Demény, Attila – Schöll-Barna, Gabriella – Siklósy, Zoltán – Bondár, Mária – Süme-gi, Pál – Serlegi, Gábor – Fábrián, Szilvia – Főrizs, István</i> : Climate change events in the Carpathian Basin in the last five thousand years, and their effects on society	74
<i>Kocsis, Tímea</i> : Detecting climate change and simulation of its effects in Keszthely ...	82

DEBATE

<i>Nagy, Bálint</i> : „Aridification!” – In Smurfland	95
---	----

REVIEW

<i>Kolossváry, Gábor</i> : Integrating water management – challenges and answers	106
<i>Erdősi, Ferenc</i> : Eco dictatorship for addressing climate change?	113
SUMMARY	115

Milics Gábor, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete egyetemi adjunktusa (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-635, Fax: 96/566-641, E-mail: milics@mtk.nyme.hu)

Nagy Bálint, ny. egyetemi tanár (1021 Budapest, Kuruclesi u. 22., Tel.: 200-5068, E-mail: sx2@freemail.hu)

Neményi Miklós, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete egyetemi tanár, intézetigazgató (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-635, Fax: 96/566-641, E-mail: nemenyim@mtk.nyme.hu)

Pálfai Imre, az Alsó-Tisza vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság ny. szaknácsadója (6720 Szeged, Stefánia u. 4., Tel.: 62/599-599, Fax: 62/599-555, E-mail: palfai.imre@gmail.com)

Schöll-Barna Gabriella, az MTA Geokémiai Kutatóintézet tudományos segédmunkatársa (1112 Budapest, Budaörsi út 45., Tel.: 309-2600, Fax: 319-3137, E-mail: gbarna@geochem.hu)

Serlegi Gábor, az MTA Régészeti Intézet tudományos segédmunkatársa (1014 Budapest, Uri u. 49., Tel.: 356-4567, Fax: 224-6719, E-mail: serlegi@archeo.mta.hu)

Siklós Zoltán, az MTA Geokémiai Kutatóintézet tudományos segédmunkatársa (1112 Budapest, Budaörsi út 45., Tel.: 309-2600, Fax: 319-3137, siklosy@geochem.hu)

Sümegei Pál, a Szegedi Tudományegyetem Föld- és Őslénytani Tanszék egyetemi docense, tanszékvezető (6722 Szeged, Pf. 658, Tel.: 62/544-893, Fax: 62/544-893, E-mail: sumegi@geo.u-szeged.hu)

Szöllősi Endre, az FVM Agrárszabályozási Főosztály főosztályvezetője (1051 Budapest, Kossuth Lajos tér 11., Tel.: 301-4094, Fax: 301-4250, E-mail: Szollosi.Endre@fvm.gov.hu)

Tamás János, a DE AMTC Mezőgazdaságtudományi Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (4032 Debrecen, Böszörményi út 138., Tel./Fax: 52/508-456, E-mail: tamas@agr.unideb.hu)

Varga Zoltán, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet egyetemi docense (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-610, E-mail: varzol@mtk.nyme.hu)

Varga-Haszonits Zoltán, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet professor emeritusa (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-677, Fax: 96/566-610, E-mail: vargahz@mtk.nyme.hu)

Várallyay György, akadémikus, egyetemi tanár, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet kutatóprofesszora (1022 Budapest, Herman Ottó út 15., Tel./Fax: 356-4682, E-mail: g.varallyay@rissac.hu)

Vermes László, a BCE Kertészettudományi Kar Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék ny. egyetemi tanára (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6465, Fax: 482-6336, E-mail: laszlo.vermes@uni-corvinus.hu)

SZÁMUNK SZERZŐI

- Birkás Márta**, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézet egyetemi tanára (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28-522-000/1674, Fax: 28-410-804, E-mail: Birkas.Marta@mkk.szie.hu)
- Bondár Mária**, az MTA Régészeti Intézet igazgatóhelyettese, tudományos főmunkatárs (1014 Budapest, Uri u. 49., Tel.: 356-4567, Fax: 224-6719, E-mail: bondar@archeo.mta.hu)
- Demény Attila**, az MTA Geokémiai Kutatóintézet igazgatója (1112 Budapest, Budaörsi út 45., Tel.: 309-2600, Fax: 319-3137, E-mail: demeny@geochem.hu)
- Enzsölné Gerencsér Erzsébet**, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet egyetemi tanársegéde (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-694, Fax: 96/566-610, E-mail: enzsolne@mtk.nyme.hu)
- Erdélyi Márta**, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Tanszék egyetemi docense (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28/410-735, Fax: 28/410-804, E-mail: Erdelyi.Marta@mkk.szie.hu)
- Erdősi Ferenc**, az MTA Regionális Kutatások Központja tudományos tanácsadója (7621 Pécs, Papnövelde u. 22., Tel.: 72/523-844, E-mail: erdosi@rkk.hu)
- Fábián Szilvia**, az MTA Régészeti Intézet tudományos segédmunkatársa (1014 Budapest, Uri u. 49., Tel.: 356-4567, Fax: 224-6719, E-mail: fabian@archeo.mta.hu)
- Fenyvesi László**, az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet főigazgatója (2100 Gödöllő, Tessedik S. u. 4., Tel.: 28/511-610, Fax: 28/511-600, E-mail: fenyvesi@fvmmi.hu)
- Fórizs István**, az MTA Geokémiai Kutatóintézet tudományos főmunkatársa (1112 Budapest, Budaörsi út 45., Tel.: 309-2600, Fax: 319-3137, E-mail: forizs@geochem.hu)
- Jolánkai Márton**, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézet egyetemi tanára, intézetigazgató (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28/522-000/1671, Fax: 28/410-804, E-mail: Jolankai.Marton@mkk.szie.hu)
- Kapronczai István**, az Agrárgazdasági Kutató Intézet főigazgató-helyettese (1093 Budapest, Zsil u. 3-5., Tel.: 476-3063, Fax: 217-4469, E-mail: kapronczai@aki.gov.hu)
- Kocsis Tímea**, a PE Georgikon Kar Meteorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék egyetemi tanársegéde (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel.: 83/545-065, E-mail: kocsis.timea@t-online.hu)
- Kolossváry Gábor**, az FVM szakmai főtanácsadója (1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 11., Tel.: 301-4703, Fax: 301-4870, E-mail: Gabor.Kolossvary@fvm.gov.hu)
- Lantos Zsuzsanna**, az NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Matematika, Fizika és Informatikai Intézet egyetemi docense (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 96/566-694, Fax: 96/566-610, E-mail: lantos@mtk.nyme.hu)
- Mézes Miklós**, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28/410-735, Fax: 28/410-804, E-mail: Mezes.Miklos@mkk.szie.hu)