

# "AGRO-21" Füzetek

## AZ AGRÁRGAZDASÁG JÖVŐKÉPE

1994

### A TARTALOMBÓL

Tömören az "AGRO-21"-ről

A várható klímaváltozás és a környezet

A lehetséges éghajlatváltozások magyarországi előrejelzése

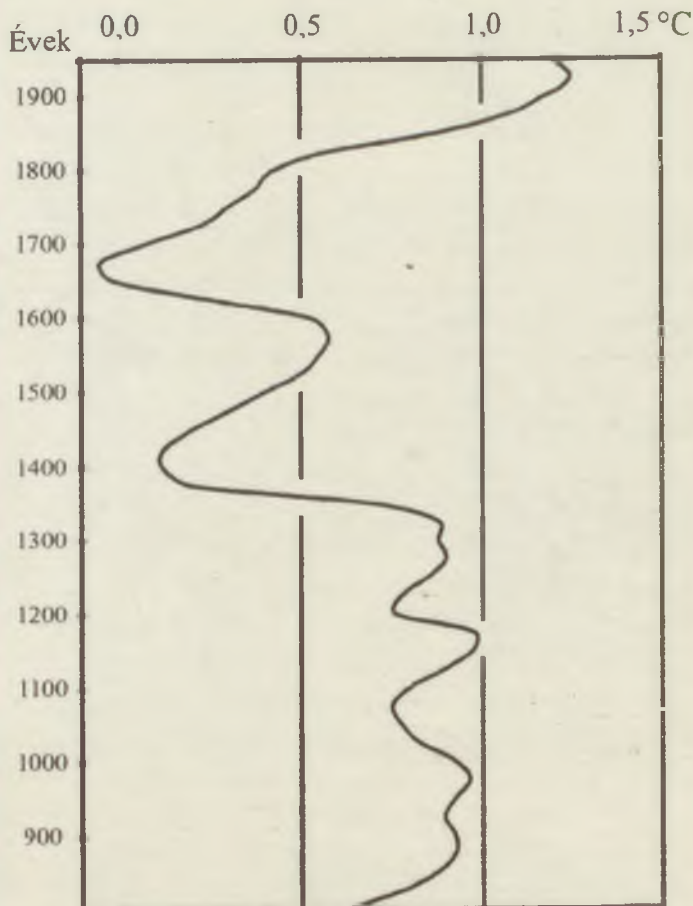
Klimaváltozás és a hidrológia a Kárpát-medencében

Az éghajlati vízhiány

A klímaváltozás talajtani és növényzetre gyakorolt várható hatásai

Az időjárás és termesztési évtípusok

A környezetkímélő tápanyaggazdálkodás



5. ábra: Az elmúlt ezer év hőmérséklet ingadozásai Kelet-Európa térségében (Pachner, 1981 nyomán)

1994. 1. szám

"AGRO-21" FÜZETEK  
AZ AGRÁRGAZDASÁG JÖVŐKÉPE

"AGRO-21" BROCHURES  
FUTURE VIEW OF THE AGRICULTURE

"AGRO-21" HEFTE  
DAS ZUKUNFTBILD DER AGRARWIRTSCHAFT

"АГРО-21" БРОШЮРЫ  
ПЕРСПЕКТИВНАЯ КАРТИНА АГРАРНОГО  
ХОЗЯЙСТВА

"AGRO-21" BROCHURES  
LES PERSPECTIVES DE L'ÉCONOMIE AGRAIRE

SZERKESZTI  
A  
SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

LÁNG ISTVÁN (elnök)  
CSETE LÁSZLÓ (szerkesztő)  
DOHY JÁNOS  
HARNOS ZSOLT  
KOC SIS KÁROLY  
VÁRALLYAY GYÖRGY

AZ "AGRO-21" FÜZETEK AZ OMF B TÁMOGATÁSÁVAL JELENNEK MEG

KIADJA:  
az "AGRO-21" Kutatási Programiroda

FELELŐS KIADÓ:  
LÁNG ISTVÁN

ISSN 1218-5329

1994

319869

## TARTALOM

oldal

|  |       |
|--|-------|
| <i>Tömören az "AGRO-21"-ről .....</i>  | 5     |
| 1. Az előzmények.....  | 5     |
| 2. A célrendszer és a Program néhány jellemzője.....                               | 6     |
| AZ „AGRO-21” Kutatási Program célrendszere .....                                   | 6     |
| A Kutatási Program néhány jellemzője .....   | 6     |
| 3. A Program megvalósításának időbenisége.....                                     | 6     |
| 4. A Program alprogramjai és témacsoportjai.....                                   | 7     |
|  |       |
| <i>Antal Emánuel - Szesztay Károly: A várható klímaváltozás és a környezet</i>     |       |
| <i>kölcsönhatásai.....</i>   | 8     |
| Bevezetés.....   | 9     |
| 1. A térség klímájának történeti áttekintése.....                                  | 10    |
| A történelmi és geológiai régmúlt.....   | 10    |
| A Kárpát-medence éghajlata az utóbbi másfélezer évben.....                         | 11    |
| Az éghajlati jövőkép prognosztizálásának bonyolultsága.....                        | 12    |
| 2. A lehetséges éghajlatváltozások előrejelzése Magyarországon.....                | 13    |
| A globális prognózis.....  | 13    |
| A Magyarországon várható változások.....   | 14    |
| 3. Az előrejelzett klímaváltozások vízkészletre gyakorolt hatásának becslése.....  | 14    |
| Az éghajlatváltozás vízkészletre gyakorolt közvetlen és közvetett hatásai.....     | 14    |
| Az éghajlati vízhiány és az öntözővíz igény.....                                   | 16    |
| 4. A prognosztizált klímaváltozások talajtani hatásainak előrejelzése.....         | 16    |
| 5. A prognosztizált klímaváltozások és vízháztartási következményeik               |       |
| természetes növényzetre gyakorolt hatásainak becslése.....                         | 18    |
| 6. Az előrejelzett klímaváltozások várható hatásai a talajhasználatra és primér    |       |
| biomassza-termelésre.....  | 20    |
| Az éghajlatváltozás talajhasználatra és biomassza termelési hatásai.....           | 20    |
| Nemzetközi összefogás az éghajlatváltozás felmérésére.....                         | 22    |
| 7. A feltételezhető klímaváltozás hatásainak elemzése az AGRO-21 jövőképében ..... | 23    |
| Forrásmunkák jegyzéke.....   | 27    |
|  |       |
| Táblázatok.....  | 29-31 |
| Ábrák.....   | 32-40 |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Starosolszky Ödön: A klímaváltozás és a hidrológia összefüggései a</i>                      |           |
| <i>Kárpát-medencében.....</i>  | <i>41</i> |
| 1. Az éghajlatváltozás hatásai a hidrológiai és vízminőségi paraméterekre.....                 | 41        |
| A valószínűsíthető hatások és azok kutatása.....   | 41        |
| A fontosabb eredmények összegezése.....  | 42        |
| 2. Az aszály és a vízgazdálkodás kapcsolatai.....  | 45        |
| 3. Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai Európában.....                                  | 47        |
| Forrásmunkák jegyzéke.....   | 49        |
|  |           |
| Cselőtei László - Szász Gábor - Kovács Géza J.: <i>Az időjárás és a növénytermesztés ..</i> 50 |           |
| Bevezetés.....   | 52        |
| 1. Az időjárási évtípusok és területi eloszlásuk.....  | 53        |
| A hőmérséklet.....   | 53        |
| A csapadék.....  | 55        |
| A párolgás.....  | 58        |
| A több dimenziós klímaanalízis.....  | 59        |
| 2. A várható időjárási változások értékelése.....  | 60        |
| A klímaváltozások megbízhatósága.....  | 60        |
| A globális és helyi változások.....  | 60        |
| A várható változások Magyarországon.....   | 61        |
| 3. Az időjárás és a talaj kölcsönhatása.....   | 61        |
| A talaj módosítja az időjárás-változás hatását.....  | 61        |
| Az időjárás közvetlen és közvetett hatásai.....  | 62        |
| A széndioxid-koncentráció növekedésének módosulásai.....                                       | 62        |
| A talaj módosítja a hőmérséklet változás hatását.....  | 62        |
| A talaj módosítja az előrejelzett aszálynövekedést.....  | 63        |
| Az időjárásváltozás módosítja a talajtalajdonságokat.....                                      | 64        |
| 4. A termelési évtípusok elemzése.....   | 65        |
| Az időjárási elemek eloszlási viszonyainak hatása a termelésre.....                            | 65        |
| A növényfaj és fajta szerepe.....  | 66        |
| A fejlődési szakasz és a termelés idejének a szerepe.....                                      | 66        |
| A konkurens fajok szerepe.....   | 67        |
| A termelési cél és az alkalmazkodás.....   | 67        |
| 5. A termelés fenntarthatósága változó feltételek mellett.....                                 | 67        |

|  |       |
|--|-------|
| 6. A növénytermesztési modellezés.....   | 68    |
| A statisztikai modellezés.....   | 68    |
| A szimulációs modellezés.....  | 69    |
| Forrásmunkák jegyzéke.....   | 69    |
| Táblázatok.....  | 70-80 |
| Ábrák.....   | 81-87 |
|  |       |
| Fülek György: <i>A talajvédelem és a környezetkímélő tápanyaggazdálkodás</i> ..... | 88    |
|  |       |
| Bevezetés.....   | 88    |
| 1. A talajok kémhatása.....  | 89    |
| A jelenlegi helyzet.....   | 89    |
| Az elérendő célok.....   | 89    |
| A megoldási lehetőségek.....   | 90    |
| 2. A talajok humuszállapota.....   | 90    |
| A jelenlegi helyzet.....   | 90    |
| Az elérendő célok.....   | 90    |
| A megoldási lehetőségek.....   | 90    |
| 3. A talajok könnyen oldható tápelemtartalma.....                                  | 91    |
| A jelenlegi helyzet.....   | 91    |
| Az elérendő célok.....   | 91    |
| A megoldási lehetőségek.....   | 91    |
| 4. A talajok fizikai állapota.....   | 91    |
| A jelenlegi helyzet.....   | 92    |
| Az elérendő célok.....   | 92    |
| A megoldási lehetőségek.....   | 92    |
| 5. A talajok vízháztartása.....  | 92    |
| A jelenlegi helyzet.....   | 92    |
| Az elérendő célok.....   | 92    |
| A megoldási lehetőségek.....   | 92    |
| 6. A szikesedés.....   | 93    |
| A jelenlegi helyzet.....   | 93    |
| Az elérendő célok.....   | 93    |
| A megoldási lehetőségek.....   | 93    |

|   |       |
|---|-------|
| 7. Az erózió.....                                     | 93    |
| A jelenlegi helyzet.....                              | 93    |
| Az elérendő célok.....                                | 94    |
| A megoldási lehetőségek.....                          | 94    |
| 8. A talajszennyezés.....                             | 94    |
| A jelenlegi helyzet.....                              | 94    |
| Az elérendő célok.....                                | 94    |
| A megoldási lehetőségek.....                          | 95    |
| 9. A talaj ökológiai funkciója.....                   | 95    |
| A jelenlegi helyzet.....                              | 95    |
| Az elérendő célok.....                                | 95    |
| A megoldási lehetőségek.....                          | 95    |
| 10. A táj esztétikai értéke.....                      | 95    |
| A jelenlegi helyzet.....                              | 95    |
| Az elérendő célok.....                                | 96    |
| A megoldási lehetőségek.....                          | 96    |
| 11. Milyen legyen a holnap tápanyaggazdálkodása?..... | 96    |
| Táblázatok.....                                       | 97-98 |
| Melléklet.....  | 99    |
| <br>  |       |
| Resume.....   | 100   |
| <br>  |       |
| Contents.....   | 106   |

## TÖMÖREN AZ "AGRO-21"-RŐL

### 1. AZ ELŐZMÉNYEK

"A magyarországi agrárgazdaság útban a 21. századba", röviden az "AGRO-21" kutatási program, több széles körű tudományos együttműködésben és tárcaközi összefogásban készült program után indult 1991-ben:

(1) *Az agroökológiai potenciál felmérése és prognózisa 2000-re* (1978-1981). Ennek - a potenciál tudományos feltárása és mások mellett - célja az akkor adott technikai, technológiai és környezeti feltételek mellett a magyarországi kibocsátások felső határának megállapítása volt.

A kutatások folytatásaként megyei prognózisok is készültek: Pest, Békés és Csongrád megyékre ökológiai megközelítésben, Bács-Kiskun, Jász-Nagykun-Szolnok, Vas és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyékre valamennyi agrár és kapcsolódó ágazatra, ökológiai-ökonómiai felfogásban.

(2) *A magyarországi biomassza termelésének első hazai felmérése és komplex, újszerű hasznosításának feltárása* (1981-1984). A sokoldalú - élelmezési, energetikai, ipari stb. - felhasználás mellett a műszaki, ökonómiai és környezeti feltételekkel is foglalkozott a program.

A kutatások keretében különös figyelmet kapott a mezőgazdasági, élelmezési-szeripari és erdészeti eredetű melléktermékek és hulladékok élelmezési, szerves-trágyakénti, takarmányozási, ipari stb. hasznosítása, amely egyidőben költség és környezetkímélő, s foglalkoztatást, valamint termékskálát bővítő.

(3) *Az alkalmazkodó mezőgazdaság rendszere* (1985-1990). Ebben a problémakörben a változó világhoz és a hazai viszonyokhoz való igazodás szükségessége, valamint lehetőségei álltak a kutatások középpontjában.

Az alkalmazkodás sajátos kockázati, a gazdaság és társadalom széles közeit érintő problémája az aszály. Ezért részletes vizsgálatok és javaslatok készültek az aszályos évek megelőzésére illetve a károk mérséklésére, valamint leküzdésére.

A kutatások eredményei könyvekben, kiadványokban, hazai és külföldi folyóiratokban, valamint javaslatokban jelentek meg, továbbá hazai és nemzetközi tudományos fórumokon kerültek bemutatásra.

Valamennyi program az MTA kezdeményezésére indult és összefogásával fejeződött be.

## 2. A CÉLRENDSZER ÉS A PROGRAM NÉHÁNY JELLEMZŐJE

### Az "AGRO-21" Kutatási Program célrendszere:

(1) *A kiindulási helyzet* tudományos elemzése, a társadalmi, gazdasági, műszaki és környezeti állapot kritikai értékelése.

(2) *A 2010 körüli magyarországi mezőgazdasági alapanyagtermelés, élelmiszerfeldolgozás és kereskedelem* kívánatos és reálisan elérhető társadalmi, gazdasági, műszaki és környezeti állapotának, valamint feltételrendszerének körvonalazása.

(3) *A kiindulási helyzet és a 2010 közötti időhorizont* cselekvési irányainak, sorrendiségének, anyagi-műszaki és más feltételrendszerének, vagyis *a 21. századba vezető útak* a feltárása.

### A Kutatási Program néhány jellemzője:

*Komplex és interdiszciplináris* jelleget a műszaki, gazdasági, társadalmi, környezeti, illetve más megközelítésben a termelési, feldolgozási, tárolási, értékesítési összefüggések, kölcsönhatások és feltételek harmonizálásának, összehangolásának szándéka fejezi ki.

A komplex és interdiszciplináris jelleget a kutatásban résztvevők széles körű szakmai összefogása és felkészültsége is illusztrálja. A mintegy 160 ismert szakember a legkülönbözőbb szakmákat (műszaki szakemberek, agrármérnökök, növénynevelők, biológusok, agrárközgazdászok, környezetvédők, rendszerszervező matematikusok stb.) képviselik.

*A szintetizáló* jelleg abból adódik, hogy a kutatási-fejlesztési program zömmel *a már meglévő hazai és külföldi részeredményeket* kívánja ötvözni, a hiányzó részletek *kiegészítő feltárásával* egyidőben. Ez egyúttal lehetővé tette a program viszonylag gyors teljesülését, a szellemi kapacitások hatékony hasznosulását és a költségtakarékosságot.

A kutatási céloknak megfelelően általában *két forgatókönyvet* feltételezve folyt a munka: a világ, a regionális környezet és hazánk *kedvezőbb és kedvezőtlenebb 21. századi állapotát* tételezve fel.

*A tárcaközi összefogást* a Program finanszírozása is kifejezte: az MTA 8 millió forinttal, az OMFB 7,5 millió forinttal és az FM 1 millió forinttal támogatta a Programot.

## 3. A PROGRAM MEGVALÓSÍTÁSÁNAK IDŐBENISÉGE

### Az elvégzendő feladatok ütemezése az alábbi:

*1991:* "Az "AGRO-21" felmerülésének és előzetes tematikájának megvitatása az MTA Agrártudományok Osztályán, különféle tudományos tanácskozásokon és szakmai fórumokon.

*1992:* A Programbizottság, az alprogramok, témacsoportok résztvevőinek megszervezése, a tematika kidolgozása, opponálása.

*1993:* Az alapozó fejlesztő tanulmányok, részjavaslatok stb. kidolgozása és részeredmények összegezése. A társadalmi-gazdasági alprogram előzetes jelentésének elkészítése.

*1994:* Összefoglaló *előzetes jelentés* a kormányzati, politikai pártok vezető testületei és a tudományos-szakmai közvélemény részére - a Programról.

*1995:* A különféle zárójelentések, kiadványok, javaslatok, propaganda anyagok.

## 4. A PROGRAM ALPROGRAMJAI ÉS TÉMACSOPORTJAI

1. *Az agrárgazdaság és a vidék társadalmi-gazdasági viszonyai valamint kilátásai*

1.1. *Az agrárgazdaság társadalmi-gazdasági helyzete, valamint jövője.*



1.2. A tulajdon- és birtokviszonyok átalakulása, fejlődése és a 21. századi problémákkal való összefüggése

1.3. A vállalkozói üzemi formák és ezek működésének 21. századi feltételei, körülményei

1.4. A 21. század gazdálkodási rendszerei

1.5. A magyarországi élelmiszeripar jövőképe

1.6. A szociális piacgazdaság agrárjellegzetességei, különös tekintettel a nemzetközi környezetre

1.7. Az agrárfejlődés térségi differenciáltsága és ennek változása

1.8. A magyar faluhálózat állapotrajza és jövő lehetőségei

1.9. Az agrártársadalom és a 21. század

2. *A mezőgazdaság és a környezet kölcsönhatása*

2.1. A víz meghatározó szerepe és az ebből adódó vízgazdálkodási, vízvédelmi feladatok

2.2. A talajvédelem, a környezetkímélő tápanyaggazdálkodás és növényvédelem

2.3. Az időjárás és az agrártermelés összefüggései

2.4. A várható klímaváltozás és a környezet kölcsönhatásai

2.5. A térségi fejlesztés környezeti és agrártermelési összefüggései

3. *Az agrártermelés, feldolgozás és fogyasztás*

3.1. Az élelmiszertermelés, kínálat és kereslet globális problémáinak magyarországi tükröződése

3.2. A táplálkozási szokások várható változásai

3.3. A tágan értelmezett minőség jövő századi követelményei

3.4. Az agrártermékek feldolgozása és kereskedelme a 21. században

4. *A tudományos és műszaki fejlődés vívmányai*

4.1. A biológiai alapok felújítása

4.2. A biotechnológia alkalmazása

4.3. A termelői infrastruktúra fejlesztési irányai

4.4. Környezetbarát termelési technológiák műszaki fejlesztése

4.5. A jövő század mezőgazdasági építészete

4.6. Környezetbarát energiatermelés és felhasználás

5. *Informatika és döntéstámogató rendszerek*

5.1. Agroökológiai Integrált Információs Rendszer (AIIR)

5.2. Élelmiszeripari Komplex Információs Rendszer

5.3. Állattenyésztési, állategészségügyi, hústermelési információs rendszer

5.4. Döntéstámogató rendszerek fejlesztése

5.5. Termőhelyi értékelés, az agroökológiai potenciál jellemzése

5.6. A regionális és globális környezeti változások hatásának, elemzése

6. *A közoktatás, képzés, továbbképzés és a kutatás*

6.1. A közoktatás szerepe a mezőgazdaság és a falu a 21. századra való felkészülésben

6.2. Az agrárszakoktatás reformjának és a 21. század igényeinek összehangolása

6.3. A kutatás fontosságának felerősödése

6.4. Az agrárértelmiség sajátos helyzete és jövőt formáló hivatása

E rövid bemutatás utána továbbiakban a Program keretében készült úgynevezett alapozó tanulmányokat adjuk közre, majd a további füzetekben az alprogramonkénti részsztintézisek és a Program összefoglalásának megjelentetésére is sor kerül a tudományos és az érdeklődő közvélemény tájékoztatására, valamint a nyilvános viták elmozdítására.

## A VÁRHATÓ KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A KÖRNYEZET KÖLCSÖNHATÁSAI

Írta:

ANTAL EMÁNUEL - SZESZTAY KÁROLY

Lektorálta:

LÁNG ISTVÁN  
VÁRALLYAY GYÖRGY

Magyarország medence jellegéből eredő természeti adottságok miatt, feltételezhető, hogy a globális felmelegedés is sajátosan nyilvánul meg az éghajlati ütköző zónában és medencében fekvő Magyarország területén. A vízkészletek szempontjából ugyanis nemcsak a csapadékösszegek csökkenésével kell számolnunk a mezőgazdasági vízgazdálkodás stratégiáinak kidolgozásánál, hanem a vízfolyások által hazánk területére érkező vízhozamok apadásával (folyóink vízgyűjtő területein is romló vízháztartási viszonyokra lehet számítani a jövőben) és a vízminőség romlásával is (csökkenő vízhozam - azonos, vagy növekvő szennyezettség a feldúsulást eredményezi).

A fentiekből következik, hogy a klímaváltozás következményeinek elemzése bármely feltételezett vagy valószínűsített éghajlati jövőkép esetében nélkülözhetetlen része a hazai mezőgazdaság távlatait értékelő és előkészítő vizsgálatoknak.

A Magyarországra becsült klímaváltozások rövid távon (10-15 év) elsősorban a hőmérséklet vízháztartási viszonyainak megváltozásán (kiszáradási irányzat, gyakoribb talajaszály stb.) keresztül hat a talajhasználatra és a primér biomassa-termelésre. A klímaváltozásnak talajtani következményei is lehetnek, szignifikáns változások azonban csak hosszabb távon (több évtized) lesznek bizonyíthatók a talajfizikai, - kémiai és - szerkezeti jellemzők tekintetében. A térségi vízháztartás változékonysága azonban nemcsak éghajlati, hanem egyenesen időjárás függő, vagyis ez esetben az időlépték az egy napos kategóriába tartozik. Éppen ennek köszönhető a talajhasználat és a primér biomassa-termelés (növény-zöldség-, gyümölcs-, szőlőtermelés, valamint legelő és erdőgazdálkodás) időjárás- és éghajlatérzékenysége. Hazai agrometeorológiai kutatások

szerint a terméshozamok közel egyharmada magyarázható időjárási okokkal, a honos növényfajok pedig az éghajlat alakulásától függően telepedtek meg. Az itt honos, vagy honosítható növényfélések természetesen Magyarországon a fény- és hőellátottság ma sem korlátozza, egy lehetséges felmelegedés pedig további erőforrást biztosít a fotoszintézis számára. Ugyanakkor a csökkenő csapadékmennyiség még változékonnyabbá és bizonytalanabbá teheti a primér biomasszatermelést.

A globális éghajlati scenáriókból empirikus-statisztikai módszerekkel a Kárpát-medence térségére levezetett kismértékű (0,5 °C-os) felmelegedés feltételezésével, a napfénytartam 10 %-os növekedésével, valamint a csapadékhozam 10-15 %-os csökkenésével várhatóan együttjár az optimális termőhelyek térbeli eltolódása a jobb nedvesgellátású termőtájak irányába, sőt módosulhat (kiszélesedhet) a tenyészidőszak kezdete és vége, ami lehetővé teszi a természetstechnológiai munkák hosszabb időtartamra való elosztását. Hazai vizsgálatok szerint 1 °C-fokos melegedés 10 nappal növelné meg a tenyészidő hosszát. Másrészt a CO<sub>2</sub> tartalom megnövekedése nemcsak a globális felmelegedés egyik okozója, hanem a növényzet fotoszintézis feltételeinek kedvező irányú előidézője is. A többlet légköri CO<sub>2</sub>-re egyes növényfajok eltérő módon reagálnak.

A vegetációs periódus hosszabbodása lehetővé teszi a hosszabb tenyészidejű (s rendszerint bővebben termő) fajták alkalmazását, ám a szűkösebb vízellátás a szárazságtűrő fajták elterjesztését ösztönzi majd. Módosulhat a vetésszerkezet is, nagyobb teret kaphatnak a hőigényes és a szárazságtűrő fajták, s csökkenni fognak a vízigényes fajták, s kisebb területre szorúlnak a hűvösebb és nedvesebb klímát igénylő fajok (pl. a burgonya). A talajhasználat a tekintetben is megváltozhat a kedvezőtlenebbé váló klímaviszonyok között, hogy a rosszabb adottságú termőterületek (növénytermesztésre gazdaságtalanok) átkerülnek a legelő kategóriába, vagy igénytelenebb fajok (pl. Pinosok) telepítésére veszik igénybe. A vízigényes zöldségtermesztés mindinkább az öntözhető területekre terelődik.

Az éghajlatváltozással együttjár a kártevők (flóra és fauna egyaránt) fokozatos átalakulása is, sőt újabb fajok megjelenésével is számolni kell (pl. sáska invázió gyakoribb fellépése), ami szükségessé teszi a növényvédelmi rendszer átalakítását is, s mind a kémiai, mind a biológiai védekezés kérdései más formában nyernek megfogalmazást.

## BEVEZETÉS

A Kárpát-medence térségében az időjárás és éghajlat meghatározó szerepet játszik a mezőgazdasági szférában, elsősorban a vízháztartási összetevők alakulásán keresztül. A medencén belül ugyanis Magyarországnak csaknem az egész területe a szemiarid és a száraz szubhumid éghajlati övezetbe tartozik (Szepesiné, 1966), amelyre jellemző a szélsőséges csapadékeloszlás térben és időben, noha az évi csapadékmennyiség általában kielégítő lenne természetű növényféléseink

vízellátásához. Így nyilvánvaló, hogy a szélsőségekre hajlamos klímaviszonyaink között bármely típusú éghajlatváltozás vagy éghajlatingadozás (legyen az természeti vagy antropogén eredetű), amely elsősorban a csapadék mennyiségére, de főként eloszlására kihat, érzékenyen érinti az agrárágazatot a természetes vízháztartás összetevőinek megváltozásán keresztül.

Térségünk flóráját, faunáját, s összességében természeti környezetünket nemcsak a földtörténeti, hanem az időben közelebbi történelmi múltban is változóvá és változékonnyá tették az éghajlatváltozá-

sok és ingadozások. A nagy valószínűséggel várható éghajlati jövőkép felvázolását megelőzően célszerű vázlatosan felidézni térségünk klímájának múltját.

## 1. A TÉRSÉG KLIMÁJÁNAK TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

### A történelmi és geológiai régmúlt

A hatások és kölcsönhatások számszerűsítése annál nehezebb, minél messzebbre akarunk visszanyúlni a történelmi, illetve geológiai múltba, noha a rendszeres meteorológiai észlelések előtti időszak éghajlati változásainak vizsgálatára is vannak módszerek. Igaz, a módszerek alkalmazhatósága függ az elvárt időbeli részletességtől és a vizsgált időszak hosszától, illetve az időskálán való elhelyezkedéstől. A történelmi és a geológiai "régmúlt" időskáláit, a klímaváltozás lehetséges természeti okait, valamint a különböző éghajlatalakító mechanizmusok jellemző időléptékeit az 1. ábrán tüntetjük fel Kutzbach nyomán (Faragó et al., szerk., 1990). Az ábrán felsorolt hatótényezők éghajlatalakító szerepe elfogadható pontossággal csak a  $10^3$ - $10^6$  év közötti időskálán értelmezhető különböző feljegyzések "leletek" elemzése útján. A fák évgyűrűinek elemzése révén pl. mintegy 5-10 ezer évre lehetett információkat kapni az éghajlat változásáról. Tavak fenéküledékeinek vizsgálatával 15 ezer évig lehetett visszanyúlni az időjárási rendszerek megismerése terén. Több 10 ezer év éghajlata volt feltárható a pollen-vizsgálatok alkalmazásával, míg a paleontológiai, geológiai leletekből, valamint a tengerszint változásokból 100 ezer éves nagyságrendben állapítható meg egy-egy régió meleg, hideg, száraz vagy nedves időjárási rendszerű klímája. Még hosszabb időre tudtak viszonylag objektív információkat kapni az éghajlatról az oxigén izotópok és a karbon izotópok korszerű

elemzése útján. A vizsgálati anyagot általában a mélytengeri üledékekből, illetve az 1300 m-t is meghaladó grönlandi jégmintákból vették. Ez a korszerű izotópelemzési módszer ezer évtől a tízmillió ( $10^7$ ) évet is meghaladó időléptékre tette lehetővé a Föld éghajlatváltozásainak vizsgálatát (Broecker, 1968; Broecker et al., 1968; Emiliani, 1966; Ericson és Wollin, 1968; Ericson, 1968).

Az említett módszerekkel mutatták ki, hogy körülbelül százezer évenként tértek vissza a mainál 8-10 C<sup>o</sup>-kal alacsonyabb hőmérsékletű nagy jégkorszakok (2. ábra), amiket a mintegy 20-25 ezer éves gyengébb fokozatú eljegesedések törtek meg (3. ábra). E vizsgálatok alapján tudjuk, hogy jelenleg egy magas átlaghőmérsékletű interglaciális szakasz lecsengő időszakában vagyunk (Hays, 1976).

Ezek a megállapítások és a vázlatosan bemutatott eredmények elsősorban félgömbi és kontinens viszonylatban érvényesek, de nagyvonalakban igazak a Kárpát-medence térségére is.

Klímánk történeti alakulását a rendelkezésre álló forrásmunkák alapján Kordos (1979) foglalta össze monográfia szerűen. Alapvető forrásmunka Réthly-nek (1962, 1970) az időjárásra és éghajlatra vonatkozó feljegyzéseket tartalmazó kétkötetes könyve, amelynek alapján Pachner (1981) kísérelte meg rekonstruálni a Kárpát-medence éghajlatváltozásait az elmúlt 14 évszázadra. A területhasznosításra is kiható vízszabályozások (folyószabályozás, ármentesítés a 18. századtól) történeti áttekintését tartalmazó munka (Ihrig, 1973) pedig a mikro- és mezoklíma változások rekonstruálásához nyújthat megalapozott adatforrást.

A hazai éghajlatkutatások alapján dióhéjban a következőkben foglalható össze a Pannon-medence éghajlatának vázlatos története.

Az Alsó Pliocénban (5-10 millió éve) a Kárpát-medence jelentős részét tenger borította, s az éghajlat szubtrópusi jellegű volt. A Nagyalföld területéről a Felső Pliocént követően kezdett visszahúzódní a tenger (Ihrig, 1973), s megjelentek a vízfolysók, hosszú időn keresztül változtatva medrüket az alluviális lerakódásokban.

Ezt követően a közelebbi geológiai "régmúltban" a szubtrópusi jellegű klíma fokozatosan lehűlt, majd az utolsó évmillió során többször váltotta egymást a különböző "szigorúságú" jégkorszak és a ma-ihoz hasonló mérsékelt éghajlat (lásd: 3. ábrán).

Az elmúlt 15 ezer évben nyolc erőteljes lehűlést mutattak ki, amikor is az egyes kutatók szerint kb. 5-10 C<sup>0</sup>-kal volt alacsonyabb a léghőmérséklet a mainál (4. ábra). Az ábrák alapján az is kiderül, hogy - amint korábban is említettük - a nagy jégkorszakok (2. ábra) 100-150 ezer éves periódussal, a kisebb eljegesedések (3. ábra) pedig 15-20 ezer éves hullámban követték egymást a geológiai múltban. A két eljegesedés közötti 15-20 ezer évben két-három ezer évenként váltakoztak a 2-3 C<sup>0</sup>-os lehűlések és felmelegedések (4. ábra).

A Kárpát-medence 10-15 ezer éves klímájának áttekintésekor Zóhomi (1952) pollenanalitikai vizsgálataiból levont, a paleoklímára vonatkozó következtetéseit érdemes említeni. Szerinte a Würm III-beli jégkorszakban hideg, száraz volt a Pannon-medence, s a terület legnagyobb részén löszpuszta volt, a dombvidéken Pinus fenyőerdő foltokkal. Az ezt követő posztglaciális időszakban (10-15 ezer éve) a lassú fölmelegedéssel együttjárt a nyírfa megjelenése. E korszak második felében humidabbá vált a klómánk, s kialakultak a tajga jellegű Pinus-os nyíres erdők, majd a korszak vége felé (10 ezer éve) megjelentek a tölgyek, később pedig a mogyorók. A még mindig boreális jellegű klíma kb. 7 ezer évvel ezelőtt zárult. Az éghajlat to-

vábbi mlegedésével és csapadékosabbá válásával a medence erdőállománya már kevert tölgyes-gyertyános, a korszak végére (4500 éve) pedig jellemző lett a bükk és jegenyefenyő, s a zárt erdőállomány. A ma-ihoz hasonló klíma e tájt alakult ki, s kb. 2800 évvel ezelőtt zárult le, amikor is a Nagyalföldön is uralkodóvá vált a tölgyes, gyertyános bükkös erdő, egyre növekvő elegyarányú jegenyefenyőkkel. A Kárpát-medence jelenlegi klímája a 2500-3000 évvel ezelőtti évszázadokban stabilizálódott, s ezt követően a történelmi időkben már alig változott, többnyire inkább csak fluktuált.

#### A Kárpát-medence éghajlata az utóbbi másfélezer évben

Az utolsó másfélezer év során Pachner (1981) szerint az éghajlatingadozás hőmérséklete 1-1,5 C<sup>0</sup> között változott (lásd: 5. ábrát a címlapon) egy 110-130 éves hullámhosszal. A csapadékoság is azonos hullámhosszal váltakozott, s a mennyiségi ingadozása a területi átlagnak 12-16 %-ára volt becsülhető. A hőmérsékleti minimummal rendszerint együttjárt a csapadékoság maximuma.

Aan foglalás táján a Kárpát-medence területén főként erdő, a folyók mentén galéria erdő, a szárazabb területeken pedig a sztyeppés éghajlatra jellemző növényzet található, vándorló folyóvölgyekkel, nádasokkal tőzeglápokkal és mocsarakkal. Számos történelmi feljegyzés (ld. pl. Réthy (1962) krónikagyűjteményét) igazolja, hogy a talaj általában termékeny volt, s következképpen a 10. század elejétől gyors gazdasági fejlődés kezdődött annak ellenére, hogy az időszakban gyakori volt az aszály és szárazság (u.o.). Ezt az időszakot nevezik "korai középkori (800-1000) meleg éghajlatnak" (ld. 5. ábrán is). Az ekkori fölmelegedés főként a magasabb földrajzi szélességeken következett be, de markáns hőmérséklet növekedés mutatható ki a

Nagyalföld térségében is. A közepes szélességeken lecsökkent ciklontevékenység aktivitása (Lamb, 1972) miatt a térségben szárazabb és kontinentálisabb lett az éghajlat, számottevően megváltozó vízháztartási összetevőkkel.

Később, egy tartós lehülési időszakban - a *kis jégkorszak* (1550-1850) idején - a klíma nedvesebbé és kevésbé kontinentálisává vált a Pannon-alföldön. Igaz, hogy hazánkban a *kis jégkorszak* utolsó évtizedeiben a lehülés a műszeres hőmérsékleti megfigyelések alapján alig mutatható ki Czelnay (1980) vizsgálati szerint. Hosszabb éghajlati sorok elemzéséből más kutatók sem találták markánsnak a középeurópai hőmérséklet változásokat más európai területekhez képest. A korábbi évszázadokban kimutatott globális méretű felmelegedések és lehülések térségünkben inkább a hőmérséklet és a csapadék, s következtetésképpen a vízháztartási rendszer éven belüli változékonyságában fedezhetők fel.

A Kárpát-medence kisebb fokú éghajlatingadozásai közül említést érdemel még a múlt század végi enyhe lehülési, illetve a századunk első felében Wagner (1973) által kimutatott közel fél fokos emelkedő trend (6. ábra). A természeti tényezőktől függő hasonló klímaingadozások a jövőben is előfordulhatnak. Ezeket a természetes klímaváltozásokat kiolthatják vagy felerősíthetik az emberi tevékenység következményeként előálló éghajlatmódosulások. Éppen ezért az antropogén eredetű éghajlatváltozás, illetve éghajlatmódosulás lehetőségével számolni kell mindenféle fosszútávú gazdasági, társadalmi stratégia kidolgozása során.

#### Az éghajlati jövőkép prognosztizálásának bonyolultsága

Az éghajlati jövőkép prognosztizálása azonban rendkívül nehéz és bonyolult előrejelzési feladat, mert egyrészt - amint ezt már említettük - a természetes és antropo-

gén eredetű éghajlatváltozások pontos okai ismeretlenek, a hatásmechanizmusok feltáratlanok, a változások egzakt trendje és mértéke csak közelítőleg és feltételezetten ismert, másrészt a változások tér- és időbeli léptéke inkább csak a múlt eseményei alapján jelölhető ki, továbbá nem kisebb gondot okoz az éghajlatváltozás és a környezet reakciójának szinte kideríthetetlen kapcsolatrendszerre, illetve az éghajlatváltozás környezeti (ökológiai, gazdasági, társadalmi) következményeinek egzakt feltárása.

Az éghajlatkutatások alapján ma már nagy valószínűséggel állítható, hogy az emberi tevékenység által a légkörbe jutott gázok és egyéb anyagok hatására fokozatosan megváltozik az atmoszféra anyagi összetétele, aminek eredményeként felbillenhet a természetes teresztikus és az extrateresztikus tényezők által kialakított és többé-kevésbé egyensúlyban tartott földi időjárási és éghajlati rendszer (savas eső, ózon luk, globális fölmelegedés, időjárási szélsőségek stb.). Az AGRO-21 téma szempontjából az említett globális és tartós változások közül kiemelkedő szerepe van az ún. *üvegház-hatású gázok* légköri felhalmozódásának, elsősorban hőmérséklet növelő hatása miatt. A várható globális fölmelegedés (amit számos kutató vitat) a 7. ábrán látható CO<sub>2</sub> koncentráció-növekedés következményeként a jövő század közepére akár a 1,5-5 C<sup>o</sup>-ot is elérheti. Budyko és Izrael (1987) időbeli szakaszalással adja meg a globális fölmelegedés mértékét miszerint 2000-ig 1,3 C<sup>o</sup>-os (ezzel a Föld hőmérséklete azonos lenne a 6 ezer évvel ezelőtti holocén optimummal), 2025-ig 2,5 C<sup>o</sup>-os emelkedés várható (megfelel a 125 ezer évvel ezelőtti interglaciális optimumnak), míg 2050-re 3-4 C<sup>o</sup>-os lenne a globális felmelegedés mértéke (ez esetben a Föld légkörének hőmérséklete közelítőleg megfelelne a 3,5-4,5 millió évvel ezelőtti pliocén optimumnak). Ezek

az optimum csúcsok jól közelítik a 2. és 3. ábrán látható időbelileg közel azonos hőmérsékleti maximumokat.

A globális fölmelegedés térben és időben valószínűleg más-más képet fog mutatni, mint ahogyan a földtörténeti régmúltban is változatosan zajlott le az éghajlatváltozás az egyes klímaövezetekben (kontinensenként, régióknként, földrajzi szélességenként eltérő mértékű volt a változás). Az 1. táblázat adatai (Faragó *et al.*, 1991) szemléltetik, hogy a régmúlt idők klímaváltozásai során milyen mértékű eltérések lehettek az egyes régiókban (földrajzi szélességeken). Egy-egy szélességi kör mentén még további változások lehettek az óceánok és a szárazföldek között. Hasonló eloszlásokat tételezhetünk fel más éghajlati elemek esetében is. Analógiákat feltételezve, egy globális fölmelegedés során is várható a változás tér- és időbeli megoszlásának igen változatos képe.

A prognosztizált (feltételezett) éghajlati scenáriók által rögzített klímaváltozások következményeinek megfelelő valószínűséggel történő előrejelzése ma még világszerte megoldatlan és számottevő bizonytalansággal terhelt.

Különösen bonyolult az impakt előrejelzése az atlanti, a mediterrán és a kontinentális klímahatások kombinált érvényesülése alatt álló Kárpát-medencére. Ezért nem vállalkozhatunk többre, mint bizonyos nagy valószínűséggel feltételezhető éghajlati jövőkép várható következményeinek (vízháztartásra, talajdegradációra, talajhasználatra, növényzetre) elemzésére, becslés-szintű előrejelzésére.

## 2. A LEHETSÉGES ÉGHAJLATVÁLTOZÁSOK ELŐREJELZÉSE MAGYARORSZÁGRA

### A globális prognózis

Míg az AGRO-21 téma által megcélzott 2010-re való előzetekintés legtöbb al-

téma esetén elfogadható időlépték, addig az éghajlati hatásvizsgálatok számára ez az időhorizont rövidnek tűnik. Nemcsak azért, mert az éghajlati scenáriók általában a jövő század közepéig, végéig (vagyis 50-100 évre) készülnek, hanem azért is mert az éghajlatváltozás ökológiai hatásainak jelentős része (főként a talajjal, a talaj vízháztartási viszonyaival, illetve a természetes növénytakarókkal kapcsolatban) több évtizedes időléptékű, így az ezen belüli időintervallumok kitűzése még tovább növeli a vizsgálatokat amúgy is terhelő bizonytalanságot. Az éghajlati hatásvizsgálatokat ezért az Éghajlati Világprogram keretében is az iparosodás előtti üvegházhatás (CO<sub>2</sub> tartalom) jövő század közepére valószínűsíthető (prognosztizálható) megkétszereződésének megfelelő, azaz mintegy 50-60 éves időhorizonttal végzik és reálisan feltételezhető többféle éghajlati jövőképre dolgozzák ki. Természetesen az ilyen feltételes éghajlati előrejelzések - becslésszerű pontossággal - középtávú (15-20 évi) tájékozódáshoz is támpontul szolgálhatnak, ha közel lineárisnak tételezzük fel a várható globális fölmelegedést, s ha nem kell számolnunk a természetes éghajlatváltozásból eredő "kioltó" vagy szuperonáldó hatással.

Korábban már említettük, az üvegházhatású gázok légköri gyarapodása miatt a jövő század közepére a Föld léghőmérséklete magasabbra emelkedhet, mint amilyen mértékű hőmérsékletingás előfordult a történelmi (tehát nem a földtörténeti) időszak során. A részletkutatások azonban az egyes meteorológiai elemek változásának területi jellegzetességét széles sávok közöttire becslik. A konkrét előrejelzések ezért általában három kategóriába (maximális, közepes, minimális mértékű változás) sorolható scenáriókat, jövőképeket fogalmaznak meg. Különös jelentősége van ilyen éghajlati jövőképeknek a Kárpát-medence térségében, mivel a már

említett földrajzi helyzete következtében ezen a területen a várható klímaváltozás a globálist meghaladó mértékű is lehet.

A hazai éghajlatváltozás mezőgazdasági hatáselemzésének nélkülözhetetlen előfeltétele, hogy előrejelzésekkel vagy szcenáriókkal rendelkezünk a globális fölmelegedés *regionális sajátosságairól*. Térségünkben általában a Villach-ban 1987-ben tartott (Jäger, 1987) konferencián elfogadott három éghajlati jövőképet használják, miszerint a globális hőmérsékletemelkedés 2000 és 2050 közötti időszakban 0,8; 0,3 és 0,06 C°/évtized, a közepes szélességeken pedig a nyári félévre ezeknek 0,8-1,0-szerese, míg a téli félévben 1,2-1,4-szerese várható. A többi meteorológiai elemmel kapcsolatos becslések még ennél is bizonytalanabbak. Ezek a szcenáriók a nyári félévre a csapadék csökkenését vetítik elének, valamint a hőmérséklet növekedésével együttjáró párolgatóképesség fokozódását.

#### A Magyarországon várható változások

A fontosabb éghajlati elemek várható változására a Kárpát-medencére is készültek előzetes becslések. Ezeket a becsléseket részben neves kutatók által kifejlesztett módszerekkel, részben a hazai műhelyekben adaptált és továbbfejlesztett modellekkel végezték el. *Mika* (1988, 1991, 1993) a globális és a regionális klímaváltozások empirikus-statisztikai egybevetéséből 0,5 C°-os globális felmelegedést feltételezve a *nyári félévre 0,5-1,0 C°-os, a téli félévre pedig fél fokos hőmérsékletnövekedést* számított. Vizsgálatai alapján hazánk területén az említett hőmérsékletemelkedés mellett a *nyári napfénytartam* várhatólag *10 %-kal* növekszik, a *csapadék 10-15 %-kal* csökken, s ritkul a tavaszi és őszi fagyos napok száma. A különböző félgömbi átlaghőmérséklet emelkedésekhez tartozó hazai hőmérséklet évszakos, illetve a csa-

padék évi összegének várható relatív értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

A 2. táblázatból látható, hogy kismértékű (0,5 fokos) globális fölmelegedés esetén nyáron hazánkban mintegy másfélszeres (azaz 0,75 fokos) hőmérsékletemelkedés várható, miközben az évi csapadékösszeg minden fok emelkedésével 60 mm-rel csökkenhet. Egy fokos vagy annál nagyobb félgömbi hőmérsékletemelkedéshez nálunk nyáron mérsékeltebb fölmelegedés (0,6-0,9-szeres) várható, a téli időszakban azonban fokozottabb (1,0-2,5-szörös) lehet a hőmérséklet növekedése. Az utolsó oszlop szerint a hőmérsékletemelkedés nagyobb értékeihez nem tartozik nagyobb mértékű csapadék csökkenés, de növekszik a szórás. Sőt, 4 fokos félgömbi fölmelegedést feltételezve a Kárpát-medencében már enyhe csapadékhozam növekedés valószínűsíthető.

### 3. AZ ELŐREJELZETT KLÍMAVÁLTOZÁSOK VÍZKÉSZLETRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK BECSLÉSE

#### Az éghajlatváltozás vízkészletre gyakorolt közvetlen és közvetett hatásai

Az éghajlatváltozás vízkészletre gyakorolt közvetlen és közvetett hatásait három oldalról lehet és kell megközelíteni:

(1) Az agrárszféra szempontjából a várható éghajlatváltozás a jövőt terhelő bizonytalanságok egyike, amelynek a mezőgazdasági vízgazdálkodás hosszabb távú tervezésében van közvetlen gyakorlati jelentősége.

(2) Az agrártermelést végző és a területhasználó szakember számára a térszín tájökölógiai egységeiben az éghajlat, a talaj és a növényzet közötti kölcsönhatások közvetítőjeként jelenik meg a víz, a gyökérszóna vízháztartási folyamatainak feltárásában válik a növénytermesztés, a legc-



lőgazdálkodás, az erdőgazdálkodás és a regionális tervezés gyakorlati kérdésévé.

(3) Az éghajlatkutatók a légköri vízkörforgás klímaszabályozó szerepe és a jövőre vonatkozó éghajlati scénáriók fejlesztése szempontjából foglalkoznak ezzel a tárgykörrrel.

Az éghajlat és a vízkészlet találkozásának fontos színtere a szárazföldek térszíne. A gyökérszintben és a háromfázisú fedőrétegben fejlődik ki az *éghajlat, a talaj és a növényzet* hármásának tájökölógiai folyamatrendszere, amelynek ismerete a természetvédelmi környezet védelmének és a terület-használati (regionális) tervezésnek természetvédelmi alapja. Ebben a hármás tagozódású rendszerben a térszín vízháztartási és vízminőségi folyamatai hatás-közvetítő és integráló szerepet töltenek be (8. ábra). A 8. ábrán vázolt folyamatok a vízkészletek szempontjából azt hangsúlyozzák, hogy az éghajlatváltozás, vagy a vízgyűjtőterületeken végzett emberi tevékenység által a felszíni és felszín alatti vízkészletekben okozott változásokat csak a térszín hármás tagozódású tájökölógiai és vízháztartási egységeiben lejátszódó kölcsönhatások megismerésével és számszerűsítésével lehet feltárni egzakt módon.

Az éghajlat, a talaj (mint élettér) és a növényállomány (mint élővilág) közötti *hosszú távú egyensúlyi optimum* kialakulásában a *növényzet által a talaj szerkezetét módosító hatásnak* is fontos szerepe van. A növényzetnek ez az élettér-szabályozó szerepe mindig az adott éghajlati és adott közéleti viszonyok között lehetséges *maximális evapotranspiráció és minimális lefolyás* irányába hat.

Az éghajlatváltozás a vízkészletekre elsősorban a vízjárásban bekövetkező változásokon keresztül fejtheti ki közvetett hatását. Szűkebb értelemben a mezőgazdaságot érintő természetes vízellátottságot, s főként a potenciális vízkészletet jelentő tényező mellett az agrárszféra vízigénye is

számottevően függhet az éghajlatváltozástól. A vízgazdálkodási technológiákat is befolyásolhatják a klíma elemekben bekövetkező változások.

A vízjárás éghajlatváltozási hatásvizsgálatok elsősorban a felszíni vízfolyásokra és a tavakra terjednek ki, a gyökérszint nedvességtartalmára és a felszín alatti vizekre kevésbé. Hazánkban is csupán a felszíni vizekkel kapcsolatban történtek kísérletek az éghajlatváltozás következményeinek becslésére (Antal és Starosolszky, 1990; Nováky 1988; Nováky et al., 1985; Szesztay, 1990, 1992; Szilágyi, 1989; Várallyai, 1990a, 1990b). Ezirányú hazai vizsgálatok alapján a következő összefoglaló megállapítások tehetők:

\* A vízjárásokban és vízkészleteinkben az elmúlt 100-200 év során bekövetkezett változások döntő többsége az emberi beavatkozások következményei és az éghajlatingadozás hatás alig kimutatható.

\* A vízkészleteinkben tendenciaszerűen jelentkező változások okait esetenként az éghajlatváltozás irányzataiban keresték, s rámutattak, hogy a vízjárást és vízkészletet az éghajlatingadozások az antropogén tevékenység hatásával összemérhető, esetenként meghaladó mértékben is módosíthatják. A becslésekből az adódott, hogy a nyári középhőmérséklet 1 °C fokos tartós csökkenése a talajvízszint 1 m-es emelkedését eredményezné, a csapadék 1 %-os csökkenése (6-8 mm) pedig a karsztvíz szintjének 1 m-nyi süllyedéséhez vezetne.

\* A vízhozam adatokra alapozott éghajlatingadozási vizsgálatok előzetes eredményeként valószínűsíthető klímák melegedésének és szárazabbá válásának tendenciája.

\* Csakúgy, mint az éghajlati sorokon elvégzett vizsgálatok, a vízjárási tendenciákat elemezve sem volt egyértelműen bizonyítható, hogy hazánk éghajlatában az elmúlt 100-200 év folyamán egyirányú változás kezdődött volna el, ugyanakkor a fel-

tételezett változást egyértelműen cáfolni sem lehet. Másrészt bizonyítja, hogy mind a vízjárást, mind a vízkészletet az éghajlat determinálja, az összefüggéseket azonban még nem ismerjük kellőképpen.

\* A térszín és a talajvízszint közötti *talajzóna nedvességekészletének* alakulását az időjárási viszonyok és a talajtani-növényzeti viszonyok együttesen szabják meg. Míg az időjárási eseményeket a talajnedvességtartalom gyorsan követi, addig az éghajlatváltozás hatása csak hosszabb távon jelentkezik a talajnedvesség készlet egyirányú megváltozásában.

\* A *talajvízjárás* alakulásában a hőmérsékletnek és csapadéknak van elsődleges szerepe, s mivel ezen elemeknek évi járása van, a talajvízszint is évi ritmust követ, az éghajlatváltozásra pedig lassú, de tartós süllyedéssel vagy emelkedéssel reagál. Ez a csillapítás annál nagyobb, minél mélyebb a talajvízszint.

#### Az éghajlati vízhiány és az öntözővíz igény

Az *öntözővíz* igény alakulására is jelentős hatással lesz a várható éghajlatváltozás. Ennek számszerű előrejelzése azonban az egyik legbonyolultabb becslési feladat. Egy adott növényállomány öntözővízigényének alakulását ugyanis az éghajlati elemek változásán keresztül megszabja a növényállomány változó vízigénye, a gyökérzóna víztárolóképesége, a talajvíz mélysége, s a talajfizikai adottságok. Az összefüggéseket szemléletesen mutatja be a 9. ábra három grafikon rendszere (Szesztay nyomán, 1992), amelyek lehetővé teszik az öntözési vízigény becslését bonyolult ökológiai viszonyok között is.

A rendelkezésre álló vízkészlet változása jól jellemezhető az *éghajlati vízhiány* számértékével, illetve annak térbeli és időbeli változásával. Hazai vizsgálatok kimutatták, hogy a romló csapadékelátottság következtében a jövőben fokozatosan növekszik az éghajlati vízhiány az egész Kár-

pát-medencében, ezért öntözési célokra egyre több vizet használnak fel a határainkon túlról érkező folyókból is, következésképpen vízkészleteink nemcsak a csökkenő csapadék, hanem a csökkenő folyóvízi vízhozamok miatt is fogynak (Antal, 1988; Antal et al., 1990; Szesztay, 1992).

A vízkészlet közvetlenül befolyásolja a *felszíni lefolyást* is. Kimutatták, hogy 10 %-os csapadék csökkenés több mint 10 %-kal mérsékli a felszíni lefolyást. Hazai éghajlati viszonyainkra is érvényes, hogy a talajtakaró és a növényállomány szerkezetének módosító hatásai miatt a felszíni lefolyás tér- és időbeli változása egyenértékű lehet a csapadék változásával, vagy azt még meg is haladhatja (Nováky, 1988; Várallyay, 1990).

A fentiek alapján egyértelmű számunkra, hogy a feltételezett (előrevetített) globális fölmelegedés hazánk területén kedvezőtlenül hat a térségi vízháztartás csaknem minden összetevőjére - feltételezve hazánkban is a fölmelegedést és az ezzel együttjáró csapadékcsökkenést -, így a mezőgazdaság rendelkezésére álló, felhasználható vízkészletek szűkülni fognak, miközben a víz minősége is romlani fog. Ez azt jelenti, hogy a növekvő víztisztítási feladatok miatt a vízhasználati költségek számottevően megemelkednek, mégpedig nagyobb ütemben, mint az infláció mértéke. Ezt a környezetvédelmi törvény várható szigorodása is fokozni fogja.

#### 4. A PROGNOSTIZÁLT KLÍMAVÁLTOZÁSOK TALAJTANI HATÁSAINAK ELŐREJELZÉSE

Magyarország legfontosabb - feltételelesen megújuló, megújítható - természeti erőforrása a termőtalaj, amelynek racionális hasznosítása, termőképességének megőrzése és fokozása az agrárszféra egyik kiemelt jelentőségű feladata. Termőké-

pességének fenntartásában megkülönböztetett szerepe van a talaj vízháztartásának, anyagforgalmának, a talajban lezajló biológiai tevékenységnek, a szervesanyag és tápanyagforgalomnak, valamint a talajdegradációs folyamatoknak. A felsorolt folyamatok alakulásában egy adott helyen meghatározó szerepe van az időjárásnak és éghajlatnak.

A meteorológiai tényezők rövid távon elsősorban a csapadékellátáson keresztül a talaj vízgazdálkodását, vízforgalmát befolyásolják, szabályozva a talaj levegő- és hőgazdálkodását, ezekkel együtt a biológiai tevékenységét, de különböző időléptékekben hatnak a talaj tápanyagforgalmára és a növény tápanyagellátására, valamint a stressz hatásokkal szembeni pufferképeségére is.

Az éghajlati viszonyok meghatározzák azt is, hogy a talaj a terület, vagy a termőfaj intenzív mezőgazdasági termelésének, illetve szélesebb értelemben vett *talajhasználatának stressz-hatásait* milyen mértékig képes tolerálni, s melyek a tűrési határt meghaladó terhelés esetén a talajban, vagy a talajjal érintkező felszíni és felszín alatti vízkészletben várhatóan bekövetkező károsodások; rövid vagy hosszú távon, az adott területen, vagy annak környezetében esetleg az éghajlatváltozás következtében (Várallyay, 1987).

Egyértelmű tehát, hogy a talajtermékenység megőrzésére vagy fokozására irányuló agrotechnikai és meliorációs beavatkozások jelentős része az időjárástól és éghajlattól függő *talaj-vízháztartásnak a szabályozását, nedvességforgalmának optimalizálását* célozza. Mint *közvetett hatás* azonban nem hagyható figyelmen kívül az antropogén klímaváltozásból eredő *talaj-savanyodási folyamatok* felgyorsulása (savasesők hatása), valamint az aszálygyakoriság növekedéséből származó *szikesedési hajlam* intenzifikálódása. Számítani kell tehát arra, hogy a térségünkre prognosztizált

klímamelegedés és csapadékcsökkenés felerősítheti a helytelen agrotechnikai eljárások nyomán amúgy is folyamatban lévő *talajdegradációs* folyamatokat. Az agrotechnikai és természetéchnológiai eljárások fejlesztése során tehát a korábbiaknál jobban számításba kell venni a változó klímaadottságokat.

A nyári melegedés szélsőségesebb hőmérsékleti maximumokat eredményezhet, aminek ugyan közvetlen hatása nem számottevő a talajok esetében, ám a vízháztartás kedvezőtlen alakulásán keresztül jelentős közvetett hatások várhatók. Nevezetesen számítani kell arra, hogy a kevesebb csapadék és magasabb hőmérséklet eredményeként a gyorsabban kiszáradó talajoknál (homok, lösz, kotú talajok) *megnövekszik a széleróziós napok száma, fokozódik a felszíni talajelszállítódás intenzitása*. A kötött réti agyagtalajokat kedvezőtlenül érintheti egy meleg-száraz klíma időjárás rendszere. A gyakrabban és erőteljesebben kiszáradó kötött talajokon ugyanis erőteljesebbé válik a "zsugorodás", s a keletkező *talajrepedések* jelentős gyökérzeti károkat okoznak, s intenzívébbé válnak a kialakult réseken keresztüli evaporációs folyamatok.

Másrészt a globális felmelegedés következtében növekszik a hőmérsékleti kontraszt a tenger és a szárazföld között, s a kiegyenlítődés erőteljesebb hidegfronti tevékenységet eredményezve, intenzívébbé válnak a hidegfronti zivatarok. Ez természetesen a hegy- és dombvidékeken az *eróziós veszély növekedésével* és a kilúgozódás (savasodás) fokozódásával jár együtt. E térségekben a jövőben minden bizonnyal növekvő költségekkel lehet csak minimalizálni a talajpusztulás káros hatásait.

A térségünkre prognosztizált kedvezőtlen irányú éghajlatváltozás velejárója a romló talajvízháztartás. A szárazabb talajban *lelassul a tápanyagforgalom, feldúsulhat* a növény által felvehető *talajnedvesség*

sókonzentrációja, sőt a melegebb és szárazabb termőtalaj *biológiai tevékenysége is veszít intenzitásából*. Mindezek együttjárnak a különböző sók felhalmozódásával, azaz a *szikesedési hajlam* növekedésével (Várallyay, 1990b, 1990c).

Az elmondott közvetlen hatások csökkentik a talajok termőképességét, ez hosszú távon előbb a vetésszerkezet, majd a földhasználat megváltozásához vezethet, ami közvetett úton a *talajszerkezet* kedvezőtlen irányú átalakulását okozhatja.

A várható kedvezőtlen éghajlati hatások talajtani következményei talajaink termőképességének gyengüléséhez, a talajdegradáció felgyorsulásához vezethetnek, ha nem vesszük számításba a globális fölmelegedés hazai következményeit, s ha nem történnek megelőző intézkedések. Ezeknek főként a mezőgazdasági vízfelhasználás hatáskörének növelésére kell irányulnia. A talaj termőképességének (éghajlatváltozás miatti) fenntartás, illetve a talajpusztulás mértékének csökkentése érdekében elsősorban a talaj tulajdonságait és a környezeti tényezőket kell úgy befolyásolni (Várallyay, 1987), hogy

- a felszínre jutó csapadékvíz minél nagyobb hányada jusson a talajba a dombvidéken is (felszíni lefolyás és párolgás csökkentése, talaj vízvezető képességének növelése);

- a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjon a termőrétegben (vízraktározó-képesség növelése, szivárgási veszteség csökkentése)

- a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a termesztett növények számára hasznosíthatóvá.

Az AGRO-21 jövőkép felvázolása során alapvető kutatási-fejlesztési irányként kell megjelölni mindazokat az agrotechnikai és meliorációs módszereket, eljárásokat és technikai felszerelés-fejlesztéseket, amelyek az elkövetkező évtizedekben fokozatosan bevezetendők a fent vázolt célok megvalósítása érdekében.

## 5. A PROGNOZTIZÁLT KLÍMAVÁLTOZÁSOK ÉS VÍZHÁZTARTÁSI KÖVETKEZMÉNYEIK TERMÉSZETES NÖVÉNYZETRE GYAKOROLT HATÁSAINAK BECSLÉSE

Az éghajlati folyamatoknak elsődleges szerepük van a fotoszintézishez és a vízellátottsághoz biztosított energiaforráson keresztül a növényzet életében. Maga a *növényállomány rendkívül éghajlat-érzékeny*, de ugyanakkor a növényzet vízháztartást szabályozó és talajt alakító szerepén keresztül hosszabb időtávokban a környezeti életteret és élővilágot a maga számára alakítja és energiaátalakító szerepével visszahat az éghajlati folyamatokra. A növényzet sugárzás-, hő- és vízháztartás alakító szerepén túl a légkör rövid és hosszútávú széndioxid mérlegének egyik fontos szabályozója is. E kettős szerepével tevékenyen és hatékonyan járul hozzá a helyi, a regionális, sőt a globális éghajlat alakulásához, vagyis alkotó része is az éghajlati folyamatoknak.

Az éghajlatváltozás és a növénytermesztés kapcsolatrendszerét, a változás várható következményeit segíti megérteni a 3. táblázat (Orlóci et al., 1993), amely vázlatosan tartalmazza az éghajlati, a növényzeti és a hidroökológiai kapcsolatrendszert. A kiválasztott három legfontosabb éghajlati tényező (CO<sub>2</sub>, csapadék és hőmérséklet) a növényzet és a talaj-víz rendszer minden összetevőjét és folyamatát sokféle módon szabályozza. Mindhárom meteorológiai elemnek van azonnali hatása (lásd: 3. táblázat "A" jellegű példait), ám a hatások többsége közvetett és késleltetett módon érvényesül, miközben a fejlődési folyamatok úgyszólván minden területi és időbeli dimenziójára kiterjed (lásd: a B, C, D és E jelű példákat). Az éghajlati hatásoknak ez a sokrétűsége jól szemlélteti az ökológiai és vízháztartási folyamatok többcélú szabályozási mecha-

nizmusát, s ugyanakkor körülhatárolja az éghajlatváltozási hatásvizsgálatok lehetőségeit és irányzatait.

Nevezetesen, az éghajlatváltozás növényzeti és tájökológiai hatásvizsgálatának lehetőségeit és módszereit elsődlegesen a *területi és időbeli lehatárolás mérete és részletessége* szabja meg. Nagyobb tájegységek és sokévi átlagok esetében a közvetlen és közvetett (késleltetett) hatások zöme együttesen jelentkezik, s egyértelműen összekapcsolja az éghajlati és növényföldrajzi övezetek alakulását. A vizsgált terület és időszak csökkenésével a közvetlen és közvetett hatások főbb csoportjai egyre jobban szétválnak és meghatározók lesznek a helyi hatásközvetítő közegek és folyamatok (talaj, domborzat, geohidrológia stb.).

Annak, hogy az éghajlatváltozási hatásvizsgálatok a növénytermesztés távlati tervezésében közvetlenül hasznosíthatóvá váljanak, két egymást szorosan kiegészítő és lépésről-lépésre támogató út és irányzat képzelhető el:

*Elsőként* a növényélettannak és ezen belül a növényi vízfelhasználás folyamatainak a fizikai, kémiai, biológiai és ökológiai alapokig visszanyúló fogalomrendszerére és törvényeire támaszkodó *általános érvényű* elméleti alapokat kell kidolgozni, majd a kapcsolódó konstansok és modell paraméterek alakulásának a *talajokra és a növényvilág egészére* kiterjedő adatbázisra támaszkodó számszerűsítését kell elvégezni.

*Másrészt* a növényfejlődés és a növényi vízforgalom folyamatait már a vizsgálatok kezdeti szakaszában is a *helyi, regionális adottságok*, illetve az elemezni kívánt *gyakorlati feladatok* tükrében megfogalmazott tervezési módszereket és számítási (szimulációs) eljárásokat kell továbbfejleszteni, újakat kidolgozni.

Nem kevésbé fontos, hogy az éghajlat kedvezőtlenebbé válása esetén is a jövő-

ben fenntartható fejlődéshez igazodó agrártermelés és tájfejlesztés, illetve az ezekhez szervesen kapcsolódó növénytermesztés információs rendszere létrejöjjön, s minden érintett fél számára könnyen hozzáférhető *központi nyilvántartáson* alapuljon, amelynek kialakításánál megfontolandók a következő szempontok (Szesztay, 1993):

- Egyedileg vagy csoportonként nyilván kell tartani az adott termőtáj terület- és vízhasználati létesítményeit, a tevékenységeket és azok hatásfüggvényeit.

- A vízháztartási és hidroökológiai, éghajlati és talajtani kutatásokra támaszkodva meg kell határozni az értéket hordozó és a beavatkozásokkal módosított környezeti tényezők közötti mátrixot, ill. kapcsolatrendszert, s ezekre támaszkodva a földhasználati tevékenység és a társadalmilag jelentős tulajdonságok tételes és adatszerű kapcsolatát (például: 10. ábra kapcsolatrendszerét).

A természetes növénytakarók közül az éghajlatváltozás detektálására az erdei ökoszisztéma a legalkalmasabb, mivel a faállomány összetétele és szervesanyagtermelése igen nagy mértékben függ az időjárástól és éghajlattól. A természetes erdők összetételét, de ugyanúgy a földi övezetes rendjét is az éghajlat szabályozza.

Hazai vizsgálatok (Járó és Führer, 1989) megállapították, hogy a jövőben feltételezett éghajlatváltozás regionálisan a természetes vegetációs övek eltolódásaként értelmezhető és becsléseik szerint 1 C° átlagos hőmérséklet emelkedés a vegetációs övek 100-150 km-es eltolódását eredményezhetik.

Az erdőt alkotó fafajok elterjedése - mint említettük - elsősorban az éghajlat eredménye, növekedésük azonban közvetlenül és közvetve az időjárás függvénye egy adott termőhelyen. Magyarország természetföldrajzi viszonyai mellett, különösen a szárazabb területeken az erdőállomá-

nyok produkcióját a hasznosítható természetes vízkészlet határozza meg. A produkció nagysága közvetlenül, ill. a talajon keresztül közvetve az évi csapadékmennyiségtől függ.

Következésképpen hazánkban a légkör felmelegedésénél nagyobb veszélyt jelent a faállományok növekedésére és összetételére nézve a csapadék valószínűsíthető csökkenése. Az utóbbi közel másfél évtized gyakori aszályos éve (más egyéb ható tényezők közrejátszásával, például: savasodó csapadék) máris hozzájárultak az esetleges állományösszetétel fokozatos átalakulásához (tölgy és fenyő pusztulások). Ez a hatás csak felerősödhet, ha a Kárpát-medencében a várható fölmelegedéshez csapadékcsökkenés párosul. A korábban említett 10-15 %-os csökkenés (50-100 mm az ország egyes éghajlati körzeteiben) hosszú távon vitathatatlanul hozzájárul erdeink állományösszetételének megváltozásához. Minden bizonnyal a szárazságtűrőbb fajok nyernek majd teret elsősorban az Alföldön, de 15 % csapadék csökkenés esetén már a hegyvidéki bükkösök is visszaszorulhatnak.

A természetes növénytakarók közül épp az ellenkezője várható a legelő és ősgyep esetében. A rossz vízgazdálkodású és termőképességű talajokról ugyanis mind a várható éghajlatváltozás okán, mind a gazdasági-közgazdasági viszonyok alakulása következtében a mezőgazdasági (növény) termesztés egyre inkább visszaszorul, helyet adva a legelőgazdálkodásnak, ősgyepesnek, esetleg az igénytelenebb faösszetételű erdőgazdálkodásnak. A természetes növénytakaró összetétele szerint tehát a legelőterületek (”füvespuszták”) irányába változik meg. Ezek a változások azonban az AGRO-21 által megcélzott - 2010-ig - nem lesznek számottevőek a természeti okok (éghajlatváltozás) miatt. Az ilyen irányú eltolódás sokkal drasztikusabban és

gyorsabban bekövetkezhethet a piaci viszonyok átalakulása következtében.

## 6. AZ ELŐREJELZETT KLÍMAVÁLTOZÁSOK VÁRHATÓ HATÁSAI A TALAJHASZNÁLATRA ÉS PRIMÉR BIOMASSZA-TERMELÉSRE

### Az éghajlatváltozás talajhasználati és biomassza -termelési hatásai

A talajhasználat és a primér biomassza-termelés (főként a növénytermesztés) természeti-ökológiai feltételei közül elsődleges szerepet játszik az időjárás-éghajlati folyamatrendszer. Ezek változékonysága ugyanis messze meghaladja az egyéb természeti erőforrások idő- és térbeli változékonyságának mértékét, ütemét. Az éghajlat növénytermesztésre gyakorolt hatása igen jelentős társadalmi-gazdasági-ökonómiai szempontból, mivel a terméshozamok szintje, a gazdálkodás hatékonysága, eredményessége, évenkénti ingadozása végighullámszik az élelmiszeriparon át az exporttevékenységig és a hazai élelmiszerpiac áralakító szerepéig, nem beszélve a foglalkoztatottság-befolyásoló hatásáról. Hazánkban a növénytermesztés évszázadok óta meghatározó szerepet játszik a nemzetgazdaság jövedelmi rendszerében (hazai ellátás, exportalap biztosítás, foglalkoztatás, hazai ipari termékek felvevő piaca, szállítókapacitások lekötése stb.). A primér természeti erőforrásoknak szinte egyedülálló hasznosítója, energiakonvertáló színtere az agrárszféra (Antal, 1984; Láng, 1980; Szász, 1981).

A talajhasználat formáját és mikéntjét alapjában véve az éghajlat, a növénytermesztés eredményességének változékonyságát az évenkénti időjárás, míg az elérhető terméshozamok felső határát az adott hely éghajlata határozza meg, amit az éghajlati potenciállal jellemeznek (Antal, 1975; Láng et al., 1983; Szász, 1985; Varga-

Haszonits, 1981, 1992, 1993). E tekintetben hazánkban a fény-, sugárzás- és hőellátottság nem korlátozó tényező a biomassza-termelésben (kivéve egy-egy csapadékos és hűvös tenyészidőszakot), a csapadékelletlenség azonban a klímapotenciál egyik korlátozó tényezője a produktivitás felső határának. Ez utóbbi éghajlati tényező romlása a globális felmelegedés következtében mérsékelni fogja a potenciális produkció felső határát is a rossz vízháztartási viszonyok miatt (Szász, 1985). A sekényen gyökerező vízigényesebb kultúrák (főként a zöldségfélék) természetesen vízellátottság mellett egyre gazdaságatlanabb lesz, ezért várható, hogy termőterületünk szűkülni fog, átadva a helyet szárazságtűrőbb növényféléseknek (pl. cereáliáknak).

A klímaváltozás egyik markáns jelensége a hőmérsékletemelkedés, ami egy bizonyos határig hazánkban nem jelent klimatikus kockázatot a termés hozamok további növekedésében (különösen nem olyan rövid távon, mint amit az AGRO-21 megcélzó 15 esztendőben) a növénytermesztés jelenlegi ökológiai igényeinek figyelembevételével. Szász vizsgálatai szerint (lásd: Faragó et al, 1991-ben) 2 C° hőmérséklet emelkedés esetén a nyári időszakban jelentősen megnövekszik a 30 fok feletti hőmérsékletű napok száma, s ez ökológiailag már kedvezőtlenül hat a primér biomassza-termelés eredményességére. Éghajlati viszonyaink között jelenleg átlagosan 15-30 napon át fordul elő 30 fok fölötti hőmérsékletű nap, ami 2 fokos emelkedés esetén közel megduplázódhat. Az ilyen hőmérsékletű napok már károsan hatnak a szárazanyagtermelésre (magas légzési ráta, turgorvesztés a nappali órákban, intenzív transpiráció, romló vízforgalom a növényzetben stb), különösen a rossz vízellátottságú időszakokban. Szerencsére a rövidtávú klímaelőrejelzések (Mika, 1988, 1991) ilyen mérvű felmelege-

dést nem valószínűsítene az elkövetkező 2-3 évtizedre.

Sokkal nagyobb gondot okozhat agrárszakembereink számára a régiókra prognosztizált csapadékhozamok csökkenése, azaz a termőterületek vízháztartási rendszerének romlása. Ugyancsak Szász (lásd: Faragó et al., 1991) véleményezi, hogy a Kárpát-medence térségében 1 mm/év ütemű csapadék-csökkenés esetén 2020-ra a mai legszárazabb területeinken 470 mm-re, az Alföld legnagyobb részén pedig 500 mm-re mérséklődik az évi csapadék a jelenlegi 500, illetve 530 mm-ről. Ha a terméshozamok a jövőben legalább fele olyan ütemben növekednek (ami a mai viszonyok között aligha tételezhető fel) mint az elmúlt két évtizedben, akkor 20-25 év múlva 1 t búzát már 40-50 mm-nyi, 1 t kukoricát pedig 35-45 mm-nyi (!) csapadékvíz hozammal kellene előállítani. A jelenlegi fajtákkal ez nem képzelhető el, így vagy szárazságtűrőbb de intenzív fajták termesztésbe állítására lesz szükség, vagy számítani kell a *terméshozam-idő grafikonok tellítődésére* (azaz a terméshozamok nem emelkednek tovább) még intenzív tápanyagvisszapótlás esetén sem. Úgy tűnik, hogy a jövő század első évtizedeiben a primér biomasszatermelés (beleértve minden termesztett növényféléseinket: szántóföldi növények, zöldségfélék, szőlő- és gyümölcskulturák, erdő, gyepek, legelők, rét stb) legkritikusabb tudományos problémája a mezőgazdasági vízellátás (csapadék és öntözés) lesz. Nyilvánvaló tehát, hogy a megfelelően alkalmazkodó ökológiai stratégia kidolgozása nélkülözhetetlenné válik, új technológiák gyakorlati alkalmazása pedig lételem lesz mezőgazdaságunknak (Szász, 1993). Ugyanis az ökológiai krízis egyik legfontosabb összetevőjévé a csapadékelletlenség válik. Ennek előjelei már a nyolcvanas évek elejétől mutatkoznak, s minden hazai éghajlati jövőkép az elmúlt évtized aszályos tendenciájának

extrapolálhatóságát vetíti elénk. Mint korábban rámutattunk, a hazai éghajlati szcenáriók egyöntetűen a hőmérsékletemelkedést és a csapadékhozamok csökkenését prognosztizálják, az egyes modell-eredmények voltaképpen csak a változás mértékében térnek el, de azonos tendenciákat feltételeznek.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a térségünkben valószínűsíthető éghajlatváltozás a földhasználati és primér biomassza-termelés következményeit hazánkban el nem hanyagolható mértékűnek minősíthetjük. Szász (1993) szerint a hazai megállapítások egybe esnek a nemzetközi becslésekkel és következtetésekkel. Aláhúzendő, hogy ha csak a csapadékcsökkenés következményeivel kell számolnunk, s nem következik be számottevő hőmérséklet emelkedés az ezredfordulót követő első évtizedig (okulva az elmúlt 10-15 év aszály-gyakoriságából), elkerülhetlenné válik új ökológiai stratégia kidolgozása mind a primér biomassza-termelés szinten tartása, vagy esetleges további növelése céljából, mind pedig a földhasználat terén várható változások (itt elsősorban a piaci, gazdaságossági feltételek megváltozása miatt) következtében. Az új stratégia gerince a szárazság elleni védekezés (főként passzív) korszerű technológiájára alapozódik, de fokozni kell az aktív beavatkozásokat is (öntözés, evaporáció és transpiráció csökkentés, talajnedvesség megőrzés, a felszíni lefolyásveszteségek csökkentése stb.).

Az aktív védekezés közül felül kell vizsgálni az öntözés technológiai és ökonómiai feltételrendszerét, gyakorlatát és műszaki állapotát. A jelenlegi helyzet ugyanis hosszú távon nem tartható fenn (preferencia, hatékonyság, termésminőség, folyékony tápanyag-kijuttatás, talajfizikai és - kémiai problémák stb.).

Mivel hazánkban - csakúgy, mint már 1000 éve - az agrárszektor a nemzetgazda-

ság meghatározó ágazata marad beláthatatlan ideig, az AGRO-21-nek fel kell hívni a döntéshozók figyelmét minden rizikóforrásra, amely a talajhasználatot és a primér növénytermesztést veszélyezteti. A természeti tényezők közül hangsúlyozottnak kell kiemelni a globális fölmelegedés hazai következményeit, de a stratégiák kidolgozása során ma már kötelező figyelembe venni más antropogén hatásokat is (svas esők szerepe, talajsavanyodás, talajvízszint csökkenés, egyéb környezeti hatások).

#### Nemzetközi összefogás

##### az éghajlatváltozás a felmérésére

Annak illusztrálására, hogy a fejlett országok (ahol a mezőgazdaság nem is olyan meghatározó nemzetgazdasági tényező, mint nálunk) milyen megkülönböztető figyelmet fordítanak az éghajlatváltozás következményeinek felmérésére, vázlatosan ismertetünk egy nemzetközi összefogással folyó vizsgálatot.

A Columbia Egyetem (New York), az Oxford Egyetem (Anglia), a Bonn-i Egyetem és a IIASA (Nemzetközi Rendszervizsgálati Kutatóintézet, Laxenburg, Ausztria) a mai ismeretek szintetizálására törekvő módszeres modell-vizsgálatokkal méri fel a jövő század közepére (kétszeres CO<sub>2</sub> mellett) várható globális és regionális éghajlatváltozást, s az ennek tulajdonítható következményeket az élelmiszer termelésre (Rosenzweig *et al.*, 1993). Felmérésük 18 ország (Európából Franciaország és a Független Államok Közössége) 118 pontjára, valamint 4 növényfajta (búza, kukorica, rizs és szója) terjed ki. Meghatározták a 2060-ra valószínűsíthető éghajlati szcenáriók mellett várható termés hozamokat országonként, majd az ezeknek megfelelően várható világkereskedelmi mutatókat, s végül értékelték mindezek feltételezhető visszahatását a természeti technológiák és stratégiák alakulására.



Az éghajlat-érzékenységi vizsgálatokat 2 és 4 C<sup>o</sup> hőmérsékletemelkedésre, s +20 és -20 %-os csapadékváltozás feltételezésével szimuláltak. Ezek alapján valószínűsítették a vizsgált növényfajok természetességére jellemző éghajlati határfeltételeket. Ezt követően három cirkulációs modell alapján kiszámították a jövő század közepére várható országokénti termés-hozamot a négy növényfélésegre. E számítások során először csak a megadott éghajlati scenáriókra végeztek el a becslést, majd a CO<sub>2</sub> növekedés (kétszeres) növényélettani hatását is betették a modellbe. Az eredmények érzékelése céljából itt a búzára vonatkozó becsléseket mutatjuk be (4. táblázat).

A táblázat utolsó sorából látható, hogy a számításba vett fölmelegedés hatása a búza termés-csökkenésére egyértelmű és jelentős (16-33 %-os csökkenés világátlagban), amit a CO<sub>2</sub> dúsulás a fotoszintézis növekedése révén valamelyest ellensúlyoz, s az éghajlati övezetektől függően +11 és -13 % között valószínűsíthető a termésmennyiség megváltozása. A különböző éghajlati viszonyok között azonban a globális fölmelegedés jelentős különbségeket eredményez. Indiában és Pakisztánban pl. az együttes hatás eredményeként is 20-30 %-os csökkenés várható, míg Ausztráliában és a FÁK nagy részén 10-15 % hozamnövekedés valószínű. A három cirkulációs modellel való számítás azonban már önmagában is erősen eltérő eredményekhez (20-30 % különbségek is adódtak az egyes modellek között) vezetett, s esetenként az eltérések elérték a becsült változások nagyságát.

A kapott eredmények tükrében a legkedvezőtlenebb éghajlati jövőképből kiindulva vázolják, hogy a gazdálkodók és szakágazati vezetők milyen *természeti és szabályozási alkalmazkodást* alakíthatnak ki (agrotechnikai és termesztéstechnológiai változtatások), s hogy milyen változá-

sok várhatók az élelmiszer és a mezőgazdasági termékek *világpiaci kereskedelmében, továbbá a fejlett és fejlődő országok élelmezési helyzetében és politikájában.*

Az AGRO-21 hangsúlyozottan javasol hasonló vizsgálatokat a hazai agrárkutató műhelyekben.

## 7. A FELTÉTELEZHETŐ KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAINAK ELEMZÉSE AZ AGRO-21 JÖVŐKÉPÉBEN

1. A szárazföldek növénytakarójának kialakulását, fejlődését és zonális eloszlását kezdettől fogva a hely éghajlata, míg időbeli változékonyságát az éghajlatváltozás és a környezet közötti kölcsönhatások irányították. A mezőgazdaság mintegy tízezer éves fejlődésének mozgásterét is jórészt e kölcsönhatások ökológiai peremfeltételei, illetve az ezeket őrző rendszerbe foglaló tapasztalatok és ismeretek jelölték ki. A soron következő évtizedek folyamán mégis *gyökeresen új adottságokkal és döntési feltételekkel* kell számolni mind a térségi vízháztartást, mind a természetes növénytakarót érő éghajlati és környezethatások, mind pedig a növénytermesztés, az erdőgazdálkodás és az ezekre ráépülő más gazdasági tevékenységek ökológiai peremfeltételei és döntési tényezői tekintetében.

A múltbeli tapasztalatok és irányzatok jövőbe vetíhetőségét korlátozó, és *ökológiai alapokig visszanyúló új informatikai infrastruktúra* megteremtését sürgető okok és körülmények a közvetlen fizikai hatásmechanizmus szintjén a *termelési és fogyasztási technológiák gyorsulóan növekvő energia- és anyagigényességéből* erednek, amit viszont a *piaci mechanizmus* által irányított gazdasági, társadalmi és politikai fejlődés szorít egyre *merevebb és szűkebb kényszerpályára.*

Magyarország medence jellegéből eredő termesztési adottságok miatt a múltban

is sajátos módon alakult az időjárás események rendszere, s a rendelkezésre álló vízkészlet is (95 %-a a határon kívülről érkezik), sőt maga a medence éghajlata is különleges (a zonalitásból eredő klímához képest). Feltételezhető, hogy a globális felmelegedés is sajátosan nyilvánul meg az éghajlati ütköző zónában és medencében fekvő Magyarország területén. A vízkészletek szempontjából ugyanis nemcsak a csapadékösszegek csökkenésével kell számolnunk a mezőgazdasági vízgazdálkodás stratégiáinak kidolgozásánál, hanem a vízfolyások által hazánk területére érkező vízhozamok apadásával (folyóink vízgyűjtő területein is romló vízháztartási viszonyokra lehet számítani a jövőben) és a vízminőség romlásával is (csökkenő vízhozam- azonos, vagy növekvő szennyezettség a feldúsulást eredményezi). Ezek a sajátos természetföldrajzi adottságok, valamint a hazánkban és a tágabb térség más országaiban bekövetkezett közelmúltbani gazdasági, társadalmi és politikai változások különösen fontosá és időszerűvé teszik, hogy az AGRO-21 program kezdeményezze és erősítse az éghajlat és más környezeti tényezők szerepének és kölcsönhatásainak módszeres vizsgálatát.

2. A fentebbiekből következik, hogy a klímaváltozás következményeinek elemzése bármely feltételezett vagy valószínűsített éghajlati jövőkép esetében nélkülözhetetlen része a hazai mezőgazdaság távlatait értékelő és előkészítendő vizsgálatoknak. Ha a jövőkép vizsgálatok a maihoz hasonló intenzív és iparszerű fejlődés lehetőségei, illetve feltételei és következményei fel fordulnak, lényegében arra kell választ keresnünk, hogy

(a) A mai és a jövőbeli természeti adottságok mellett az éghajlat, a talaj és a növényzet között a víz- és anyagáramlások által fenntartott önszabályozó mechanizmus további gyöngülése a szűkebb és tá-

gabb ökológiai rendszerekben milyen szerkezeti változásokat, működésükben pedig milyen egyensúlyi eltolódásokat fog okozni?

(b) Ezek pótlása milyen további agrotechnikai és vízgazdálkodási beavatkozásokat tesz szükségessé?

(c) A termelési és termesztési rendszerek gyorsuló növekvő energia- és anyagigényessége, illetve ennek környezeti következményei hogyan fogják alakítani a gazdálkodási rendszer működtetésének hatékonyságát és/vagy fenntarthatóságát?

Ha a jövőkép vizsgálatokat a természeti adottságok fokozottabb figyelembevételének szándéka és elvárásai irányítják, elsősorban a tájfejlesztésbe és a környezetgazdálkodásba illeszkedő mezőgazdaság ökológiai alapjaihoz visszanyúló kérdésekre kell választ keresni, mint például:

(a) Melyek a főbb termesztett növényfélések tételeken és számszerűen meghatározott sajátos funkciói az ökológiai tájfejlődésben, - fejlesztésben, vagyis az éghajlattal, a vízviszonyokkal és a talajfejlődéssel kialakuló kölcsönhatásokban?

(b) Milyen tényezők és szempontok határozzák meg a vizsgált ökológiai és vízföldrajzi tájon belül a meghagyni, vagy újratelepíteni kívánatos őshonos (éghajlat-hű) növényfajok, illetve a termesztési kívánt különböző növényfélések területének egymáshoz viszonyított arányát és belső szerkezeti elrendeződését?

(c) Hogyan lehetne a piaci mechanizmust - kereslet és a kínálat, valamint az árrendszer irányításában nélkülözhetetlen szerepét megtartva, sőt erősítve - olyan tágabb intézményi és szabályozási keretekbe foglalni, hogy a mezőgazdaság és más gazdasági ágazatok rendszeralkotási koncepcióit és eljárásait ne korlátozza?

3. A következő évtizedekben bekövetkezhető éghajlatváltozás a mezőgazdasági jövőkép vizsgálatok a fentebbi kérdéseket két lényeges vonatkozásban érintik:

(a) Az antropogén éghajlatváltozás egyik döntő fontosságú tényezője, hogy a léggör szén-dioxid tartalma közvetlenül befolyásolja a növényi fotoszintézis mértékét és ezzel járulékosan a növényzet vízfelhasználását és éghajlati érzékenységét;

(b) A légköri CO<sub>2</sub> és más üvegházhatású gázok mennyiségének megváltozása - a geoszféra és a bioszféra egészére kiterjedő szabályozási rendszer által meghatározott mértékkel és késleltetéssel - lényeges eltolódásokat okoz a troposzféra hosszuhullámú sugárzási mérlegében, valamint hő- és vízháztartási ciklusaiban, ezek nyomán pedig az éghajlati tényezők alakulásában.

A légköri CO<sub>2</sub> tartalom változásainak a fotoszintézishez kapcsolódó közvetlen növényélettani hatásait meglehetősen bő és részletes elméleti ismeretek és kísérleti adatok írják le. Minthogy azonban a növényélettani hatásoknak az éghajlati elemekkel és más környezeti tényezőkkel való együttes változásai és kölcsönhatásai még jórészt feltáratlanok, továbbá mivel a légköri CO<sub>2</sub> és más üvegházhatású gázok mennyiségének a troposzféra energia- és vízháztartásában, valamint az éghajlati tényezők alakulásában megnyilvánuló hatásairól - az utóbbi évek jelentős erőfeszítései és eredményei ellenére - csak becslésszerű értékelések készülhetnek, a mezőgazdasági jövőkép vizsgálatokat (különösen viszonylag kisebb országok és területek esetében) ma még nem éghajlati előrejelzések, hanem többé-kevésbé önkényesen kijelölt scenáriók (feltételezett vagy valószínűsített éghajlati jövőképek) alapján lehet, illetve célszerű végezni. A mezőgazdaságra jellemzőnek tekinthető éghajlati scenáriók megfogalmazásában természetesen mind a hőmérséklet, mind a csapadék tekintetében *túl kell menni az évi középérték rögzítésén és a felmerülő sokirányú gyakorlati kérdések teljeskörű megválaszolására csak a növényélettani fejlődést*

kellő részletességgel (mintegy 10 napos időléptékkel) végigkísérő szimulációs modellek alkalmasak - ahogy ez az 1985. évi Vízgazdálkodási Kertterv növénytermesztési alapozó tanulmányának eredményeiből és ezek utólagos értékeléséből is kitűnik.

4. A Magyarországra becsült klímaváltozások rövid távon (10-15 év) elsősorban a termőréteg vízháztartási viszonyainak megváltozásán (kiszáradási irányzat, gyakoribb talajaszály stb.) keresztül hat a talajhasználatra és a primér biomassza-termelésre. A klímaváltozásnak talajtani következményei is lehetnek, szignifikáns változások azonban csak hosszabb távon (több évtized) lesznek bizonyíthatók a talajfizikai, -kémiai és -szerkezeti jellemzők tekintetében. A térségi vízháztartás változékonysága azonban nemcsak éghajlati, hanem egyenesen időjárás függő, vagyis ez esetben az időlépték az egye napos kategóriába tartozik. Éppen ennek köszönhető a talajhasználat és a primér biomassza-termelés (növényzöldség-, gyümölcs-, szőlőtermelés, valamint legelő és erdőgazdálkodás) időjárás- és éghajlatérzékenysége. Hazai agrometeorológiai kutatások szerint a termés hozamok közel egyharmada magyarázható időjárási okokkal, a honos, vagy honosítható növényfélések termesztését Magyarországon a fény- és hőellátottság ma sem korlátozza, egy lehetséges felmelegedés pedig további erőforrást biztosít a fotoszintézis számára. Ugyanakkor a csökkenő csapadékmennyiség még változékonnyabbá és bizonytalanabbá teheti a primér biomasszatermelést.

A globális éghajlati scenáriókból empirikus-statisztikai módszerekkel a Kárpát-medence térségére levezetett kismértékű (0,5 C<sup>o</sup>-os) felmelegedés feltételezésével, a napfénytartam 10 %-os növekedésével, valamint a csapadékhozam 10-15 %-os csökkenésével várhatóan együttjár az optimális termőhelyek térbeli eltolódása a jobb nedvességellátású termőtájak irányá-

ba, sőt módosulhat (kiszélesedhet) a tenyészidőszak kezdete és vége, ami lehetővé teszi a természetstechnológiai munkák hosszabb időtartamra való elosztását. Hazai vizsgálatok szerint *1 C°-fokos melegedés 10 nappal növelné meg a tenyészidő hosszát*. Másrészt a *CO<sub>2</sub> tartalom megnövekedése* nemcsak a globális felmelegedés egyik okozója, hanem a *növényzet fotoszintézis feltételeinek kedvező irányú előidézője is*. A többlet légköri CO<sub>2</sub>-re egyes növényfajok eltérő módon reagálnak.

A vegetációs periódus hosszabbodása lehetővé teszi a *hosszabb tenyészidejű* (s rendszerint bővebben termő) fajták alkalmazását, ám a szűkösebb vízellátás a *szárazságtűrő fajták elterjesztését* ösztönzi majd. *Módosulhat a vetésszerkezet is*, nagyobb teret kaphatnak a *hőigényes* és a *szárazságtűrő fajták*, s csökkenni fognak a *vízigényes fajták*, s kisebb területre szorulnak a hűvösebb és nedvesebb klímát igénylő fajok (pl. a burgonya). A talajhasználat a tekintetben is megváltozhat a kedvezőtlenebbé váló klímaviszonyok között, hogy a *rosszabb adottságú termőterületek* (növénytermesztésre gazdaságtalanok) *átkerülnek a legelő kategóriába, vagy igénytelenebb fajok* (pl. Pinusok) *telepítésére veszik igénybe*. A vízigényes zöldségtermesztés mindinkább az öntözhető területekre terelődik.

Az éghajlatváltozással együttjáró *kártevők* (flóra és fauna egyaránt) *fokozatos átalakulása is*, sőt újabb fajok megjelenésével is számolni kell (pl. sáska invázió gyakoribb fellépése), ami szükségessé teszi a *növényvédelmi rendszer átalakítását is*, s mind a kémiai, mind a biológiai védekezés kérdései más formában nyernek megfogalmazást.

Az éghajlatváltozás következtében várható vetésszerkezet és földhasználat átrendeződése következményeként nyilvánvalóan megváltozik az agrártermékszerkezet is, ami az *élelmiszeripari infrastruktúra némi módosítását is eredményezheti*.

A fentiek alapján összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a jövőben feltételezhetően melegebb és szárazabb, aszályra még inkább hajlamos éghajlati viszonyaink között, rosszabb vízellátási körülmények mellett kell majd a szükséges termékmennyiséget, lehetőleg jobb (piacképebb) minőségben előállítani. Egyértelmű tehát, hogy az AGRO-21 összesített konklúziói során fel kell hívni a figyelmet, hogy a várható éghajlatváltozás (ingadozás) következményeinek elemzésére igen szerteágazó és folyamatosan végzendő vizsgálatokra van szükség ahhoz, hogy a hatások számszerűsíthetők legyenek, s hogy a várható kutatási eredményeket folyamatosan beépítsék a közeli és távolabbi mezőgazdaságfejlesztési stratégiákba.

Az AGRO-21 Program számára figyelemre méltók az előbb említett nemzetközi összefogás keretében folyó vizsgálati módszerek és eredmények. A program keretében több helyre és országra vonatkozólag a *legkedvezőtlenebb éghajlati jövőképből* kiindulva azt vizsgálják, hogy a feltételezett terméshezamváltozások a gazdálkodók, illetve a szakágazati irányítók részéről milyen szintű és módozatú *termesztési és szabályozási alkalmazkodást* célszerű bevezetni (mint például a vetési időpont megváltoztatása; fokozottabb öntözés; új fajták honosítása és nemesítése; tápanyagvisszapótlás stb.). Vizsgálják továbbá, hogy a különböző országokra és térségekre becsült éghajlat- és terméshezam-változások milyen következménnyel lesznek az élelmiszer és a mezőgazdasági termékek *világpiaci kereskedelmére*, s következőképpen a *fejlett és a fejlődő országok élelmiszeri helyzetére és politikájára*. Az ilyen nemzetközi jelentőségű, mezőgazdasági exportunkat befolyásoló jövőkép kutatásban a hazai agrárkutatóknak is be kell kapcsolódnuk.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) *Antal, E.*, 1975: The climatic potential in Hungary determining the upper limits of plant growing. XVII. Georgikon Napok, Keszthely, 109-124. - (2) *Antal E.*, 1984: A légköri erőforrás mezőgazdasági vonatkozásai. OMSz. Hiv. Kiadv. LVII. kötet, 121-133. - (3) *Antal, E.*, 1988: Comparative analysis of the irrigation water requirement and aridity conditions. In Identifying and coping with extreme meteorological events (eds.: E. Antal and M.H. Glantz), pp. 205-254, Budapest. - (4) *Antal, E.* and *Starosolszky, Ö.*, 1990: Role of the climate and climate change in the life of Hungary. Contribution of Hungary to the Second World Climate Conference. Budapest, p. 42. - (5) *Budyko, M.I., Izrael, Ju. A.* (red.), 1987: Antropogennüje izmenenia klimata. Gidrometeoizdat, Leningrad, p. 404. - (6) *Broecker, W.S.*, 1968: In defense of the astronomical theory of glaciation, in Causes of climatic change. Met. Monogr. 8, No. 30, 139-141. - (7) *Broecker, W.S., Thurber, D.L., Goddard, J., Ku, T.L., Mathews, R.K., Meselella, K.J.*, 1968: Milankovich hypothesis supported by precise dating of coral reefs and deep sea sediments. Science 159, 297-300. - (8) *Czelnay, R.*, 1980: Climate and society: The Great Plain of the Danube Basin. IIASA Proc. Series, 10., 149-180, Laxenburg. - (9) *Emiliani, C.*, 1966: Paleotemperature analysis of Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425,000 years. Journ. Geol. 74, 109-123. - (10) *Ericson, D.B.*, 1968: Air-ocean-icecap interaction in relation to climatic fluctuation and glaciation cycles, in causes of climatic change. Met. Monogr. 8, No. 30, 68-92. - (11) *Ericson, D.B., Wollin, G.*, 1968: Pleistocen climates and chronology in deep-sea sediments. Science 162, 1227-1234. - (12) *Faragó T., Iványi Zs., Szalai S.* (szerk.), 1990: Az éghajlat változása és változékonysága. I. k. 100 old., KTM-OMSz Kiadvány, Budapest. - (13) *Faragó T., Iványi Zs., Szalay S.* (szerk.), 1990: Az éghajlat változása és változékonysága. II.k. 218 old., KTM-OMSz Kiadvány, Budapest. - (14) *Hays, I.*, 1976: Summary of paleoclimate cycles and general discussion. Lamont Doherty Geological Observatory. - (15) *Ihrig D.*, (szerk.) 1973: A magyar vízszabályozás története. VIZDOC, Budapest, 398 old. - (16) *Járó Z. és Führer E.*, 1989: Az éghajlat változékonyságának és feltételezett változásának hatása az erdőállományokra, az erdőgazdálkodásra. In Az éghajlat változékonysága és változása I. k., (szerk.: Faragó et al.). - (17) *Jäger, J.* (ed.), 1987: Developing policies for responding to climate change. Villach and Bellagio Conference: A summary of the discussions and recommendations of the workshop. WCIP-1, WMO/TD. No. 225. - (18) *Kordos L.*, 1979: A magyarországi paleoklimatológiai kutatások módszerei és eredményei. OMSZ Hiv. Kiadv. L. kötet, 168 old. - (19) *Láng I.*, 1980: A mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. MTA, Budapest, 328 old. - (20) *Láng I., Csete L., Harnos Zs.*, 1983: A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. - (21) *Mika J.*, 1988: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpátmedencében. Időjárás 92, 178-189. - (22) *Mika J.*, 1991: Nagyobb globális felmelegedés várható magyarországi sajátosságai. Időjárás 96, 265-278. - (23) *Mika J.*, 1993: Effects of the large-scale circulation on local climate anomalies in relation to GCM outputs. Időjárás 97, 21-34. - (24) *Nováky, B., Pachner, C., Szesztay, K. and Miller, D.*, 1985: Water resources. In Climate impact assessment (eds.: R.W. Kates, J.A. Ausubel, M. Berberian). Wiley, SCOPE 27, New York. - (25) *Nováky B.*, 1988: Az évi lefolyás változékonyságának függése az éghajlati elemektől. Hidrológiai Közlemény, No. 4. - (26) *Orlóci I., Pintér Á., Szalóky S., Szesztay K.*, 1993: A növénytermesztés hidroökológiai rendszere Magyarországon. TEMPUS tanfolyam, Gödöllő 39 old. - (27) *Réthly A.*, 1962, 1970: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon, I. és II. kötet, 450 ill. 622 old. Akadémiai Kiadó, Budapest. - (28) *Rosenzweig, C., Parry, C.M.L., Fischer, G. and Frohberg, K.*, 1993: Climate change and World food supply. Univ. Oxford, Environmental Change Unit,

- Research Report, No. 3. 28 p. - (29) Szász G., 1981: A légköri széndioxid változásának hatása a növények produktivitására. MTA Föld- és Bány. Tud. Oszt. Közl. 14, 2-4.sz., 277-292. - (30) Szász, G., 1985: The climatic potential and its use in the agricultural production. In The use of climatic potential and agrometeorological information in the national economy. OMSZ Hiv. Kiadv., Budapest. - (31) Szász G., 1993: Az éghajlatváltozás szerepe a növénytermesztés stratégiájában. Meteorológia és növénytermesztés. Met. Tud. Napok 1991. OMSZ Hiv. Kiadv. LIX.k., 9-23. - (32) Szepesiné Lőrincz A., 1966: A Kárpát-medence hidroklimájának jellemzői. Beszámoló, 1965. OMI Hiv. Kiadv. XXIX. k. II. rész, 85-114. - (33) Szesztay, K., 1990: The global water cycle and the greenhouse effect: Outlines and implications of a macroscale water vapor dynamics. Draft report to the IAHS, Budapest, 35 p. - (34) Szesztay K., 1992: Éghajlatváltozás és a hazai öntözési vízigények. VITUKI, OTKA 716, Budapest 74 old., kézirat. - (35) Szesztay K., 1993: Éghajlatváltozás, hidroökológia és növénytermesztés. VITUKI, kézirat, 61 old., Budapest. - (36) Szilágyi J., 1989: Antropogén klímaváltozás hatása egy víztározó teljesítményére. Vízügyi Közlemények, No. 2. - (37) Varga-Haszonits Z., 1981: A gazdasági növények terméshozamájának éghajlati potenciálja. MZA X. Oszt. Közl. 14, 2.sz., Budapest, 253-270. - (38) Varga-Haszonits Z., 1992: Éghajlat, éghajlatingadozás és mezőgazdasági termelés. Beszámoló 1988, OMSZ, Budapest, 222-232. - (39) Varga-Haszonits Z., 1993: Az éghajlati változékonyság és a növénytermesztés. Meteorológia és növénytermesztés. Met. Tud. Napok 1991. OMSZ Hiv. Kiadv. LIX. kötet, Budapest, 24-41. - (40) Várallyay Gy., 1987: A talaj vízháztartása, mint a hidrológiai ciklus része. Összefoglaló, MTA Hidrológiai Tudományos Bizottsága, Budapest, Kézirat, 16 old. - (41) Várallyay, G., 1990: Influence of climatic change on soil moisture regime, texture, structure and erosion. Soils on a warmer earth (eds.: H.W. Schanserpeel, M. Schomaker and A. Ayoub), Developments in Soil Science, 20, Elsevier, Amsterdam, 39-49. - (42) Várallyay G., 1990: Potential impacts of global climatic changes on soil moisture regime and soil degradation processes. Future research trends in MAB. UNESCO/MAB International Seminar, Tokyo, 256-267. - (43) Várallyay, G., 1990: Consequences of climate induced changes in soil degradation processes. International Congress of Soil Science, Vol. V., Com. V., Kyoto, pp. V- 265-V-270. - (44) Zólyomi B., 1952: Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkorszaktól. Székközlő. MTA Biol. Oszt. Közl. 1/4., Akadémiai Kiadó, Budapest, 492-544. - (45) Wágner M., 1973: Az éghajlatváltozás vizsgálata hosszú hőmérsékleti sorok alapján. Időjárás 77, 364-368.

1. táblázat

Hőmérsékleti különbségek a jelenlegi és a földtörténeti korok nyári klímája között az északi félteke egyes földrajzi szélességein (Faragó et al. nyomán)

| Szélesség (fok)   | 20-30       | 30-40      | 40-50      | 50-60      | 60-70      | 70-80        |
|---|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| A holocén optimumban ( $\Delta t$ °C)<br>- nyáron                           | -0,2        | 0,3        | 1,0        | 1,9        | 3,0        | 4,4          |
| Az interglaciális optimumban ( $\Delta t$ °C)<br>- nyáron<br>- évi átlagban | -0,2<br>0,0 | 0,3<br>0,8 | 1,6<br>2,0 | 2,8<br>3,8 | 4,8<br>5,6 | 6,0<br>6,7   |
| A pliocén optimumban ( $\Delta t$ °C)<br>- nyáron<br>- évi átlagban         | 1,1<br>2,0  | 2,4<br>3,0 | 4,1<br>4,4 | 5,4<br>5,9 | 6,5<br>8,9 | 10,3<br>11,8 |

2. táblázat

A Magyarországon várható hőmérsékleti és csapadékösszeg változások relatív értékei az északi félteke hőmérséklet emelkedésének függvényében (Mika nyomán)

| Földgömbi változás °C | Hazai relatív hőmérséklet változás |         | Csapadék mm/°C   |
|-----------------------|------------------------------------|---------|------------------|
|                       | nyár                               | tél     |                  |
| 0,5                   | 1,5                                | 0       | -60 ( $\pm$ 20)  |
| 1,0                   | 0,8                                | 1,0-2,5 | -60 ( $\pm$ 40)  |
| 2,0                   | 0,8                                | 1,5     | 0 körüli         |
| 4,0                   | 0,6-0,9                            | 1,5     | +10 ( $\pm$ 100) |

## 3. táblázat:

Áttekintés a múltbeli geofizikai és ökológiai folyamatok közvetett és közvetlen módszerekkel történő feltárásának főbb lehetőségeiről (IGBP 1992 alapján, *Orlóci et al.*, 1933)

| Informatikai alap        | Időskála  | Időtartomány<br>/év/ | Információ tartalom <sup>1/</sup> |
|--------------------------|-----------|----------------------|-----------------------------------|
| Történelmi feljegyzések  | nap/óra   | 2 000                | B H L M S T V                     |
| Fák évgyűrűi             | év/évszak | 14 000               | B Ca H L M S T V                  |
| Tavi üledék              | év        | 1 000 000            | B Cs Cw H M T V                   |
| Sarki jégfuratok         | év        | 100 000              | A B Ca H M S T V                  |
| Mérsékelt övi gleccserek | év        | 10 000               | A B H M S T V                     |
| Koral képződmények       | év        | 100 000              | A Cw L T                          |
| Löss                     | 10 év     | 3 000 000            | B Cs H M T V                      |
| Viráppor                 | 10 év     | 10 000 000           | B H T                             |
| Tengerfenéki furatok     | 100 év    | 10 000 000           | A B Cw M L T V                    |
| Paleo talajok            | 100 év    | 10 000 000           | A Cs H M T V                      |
| Üledékes kőzetek         | év        | 10 000 000           | Cs H L M V                        |

1/

*Információ tartalom:*

A atmoszféra és tengerek dinamikája

B biomasza

C kémiai összetétel: /a/ levegő, /w/ víz, /s/ talaj

H nedvesség viszonyok és csapadék

L tengerszint

M geomágneses tér

S naptevékenység

T hőmérséklet

V vulkán kitörések



4. táblázat

Szemelvényes adatok a jelenlegi búza termelésről és a termés hozamok várható változásairól a légköri CO<sub>2</sub> jövő század közepére várható megkétszereződése esetén <sup>1/</sup> (Rosenzweig et al. 1993 alapján)

| Ország            | Jelenlegi termelés |                    |                    | A modell vizsgálattal valószínűsített hozam változás |     |                    |     |                    |     |                    |   |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|---|
|                   | Hozam<br>t/ha      | Terület<br>ezer ha | Termelés<br>ezer t | GISS <sup>2/</sup>                                   |     | UKMO <sup>2/</sup> |     | GISS <sup>3/</sup> |     | UKMO <sup>3/</sup> |   |
|                   |                    |                    |                    | %  | %   | %                  | %   | %                  | %   | %                  | % |
| Franciaország     | 5,93               | 4,636              | 27,485             | 5,7  | -12 | -28                | -23 | 4                  | -15 | -9                 |   |
| FÁK<br>őszi vetés | 2,46               | 18,988             | 46,959             | 9,7  | -3  | -17                | -22 | 29                 | 9   | 0                  |   |
| tavaszi vetés     | 1,14               | 36,647             | 41,959             | 8,7  | -12 | -25                | -48 | 21                 | 3   | -25                |   |
| Ausztrália        | 1,38               | 11,546             | 15,574             | 3,2  | -18 | -16                | -14 | 8                  | 11  | 9                  |   |
| Kína              | 2,53               | 29,092             | 73,527             | 15,3   | -5  | -12                | -17 | 16                 | 8   | 0                  |   |
| India             | 1,74               | 22,876             | 39,703             | 8,2  | -32 | -58                | -56 | 3                  | -9  | -33                |   |
| Pakisztán         | 1,73               | 7,478              | 12,918             | 2,7  | -57 | -29                | -73 | -19                | -31 | -55                |   |
| USA               | 2,72               | 26,595             | 64,390             | 13,4   | -21 | -23                | -33 | -2                 | -2  | -14                |   |
| Világ             | 2,09               | 231 <sup>4/</sup>  | 182 <sup>4/</sup>  | 72,7   | -16 | -22                | -33 | 11                 | 4   | -13                |   |

<sup>1/</sup> Az országokénti adatok a vizsgálati helyekre vonatkozó értékek regionálisan súlyozott átlagai.

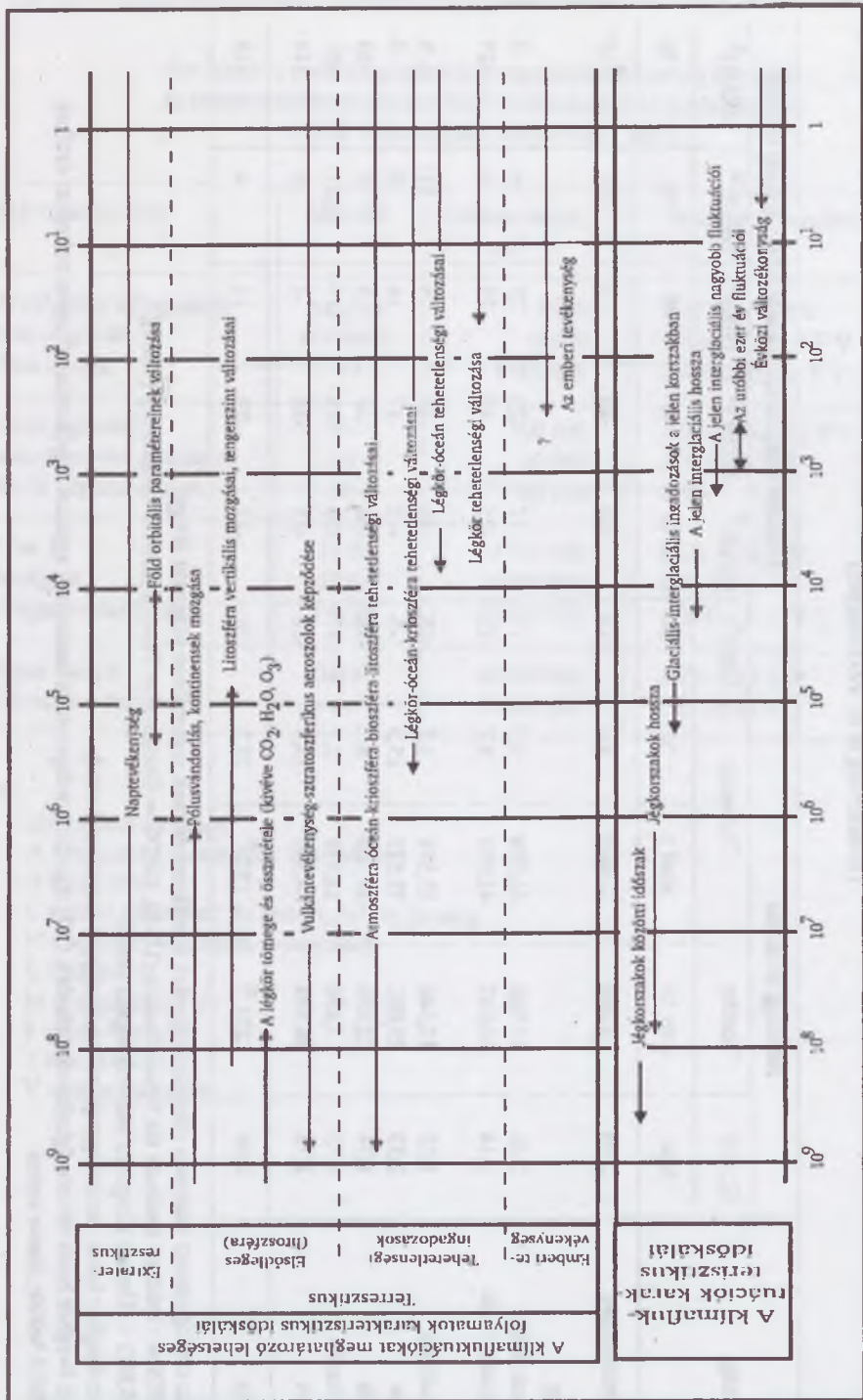
GISS = Goddard Institute for Space Studies (USA), GFDL = Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (USA);

UKMO = United Kingdom Meteorological Office

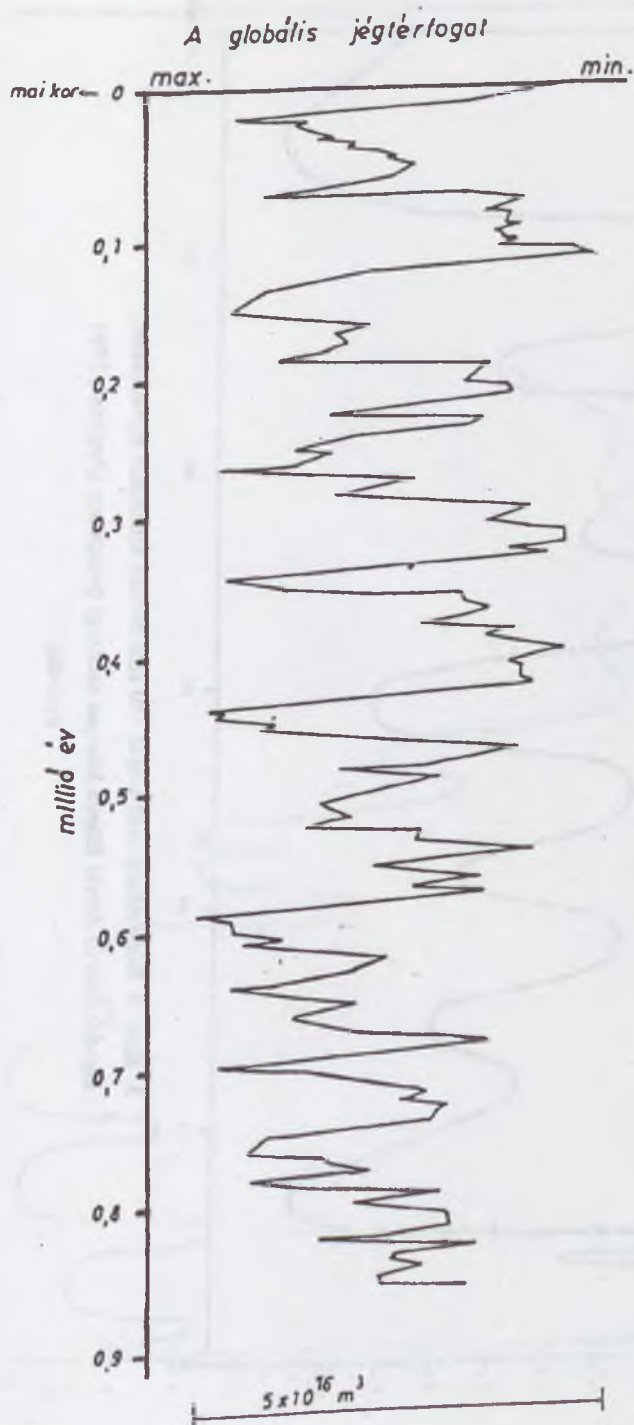
<sup>2/</sup> Az üvegház hatás okozta éghajlatváltozás alapján számított értékek

<sup>3/</sup> Az üvegház hatás okozta éghajlatváltozás és a CO<sub>2</sub> dusulás növényéletlani hatásainak együttes figyelembe vételével számított értékek

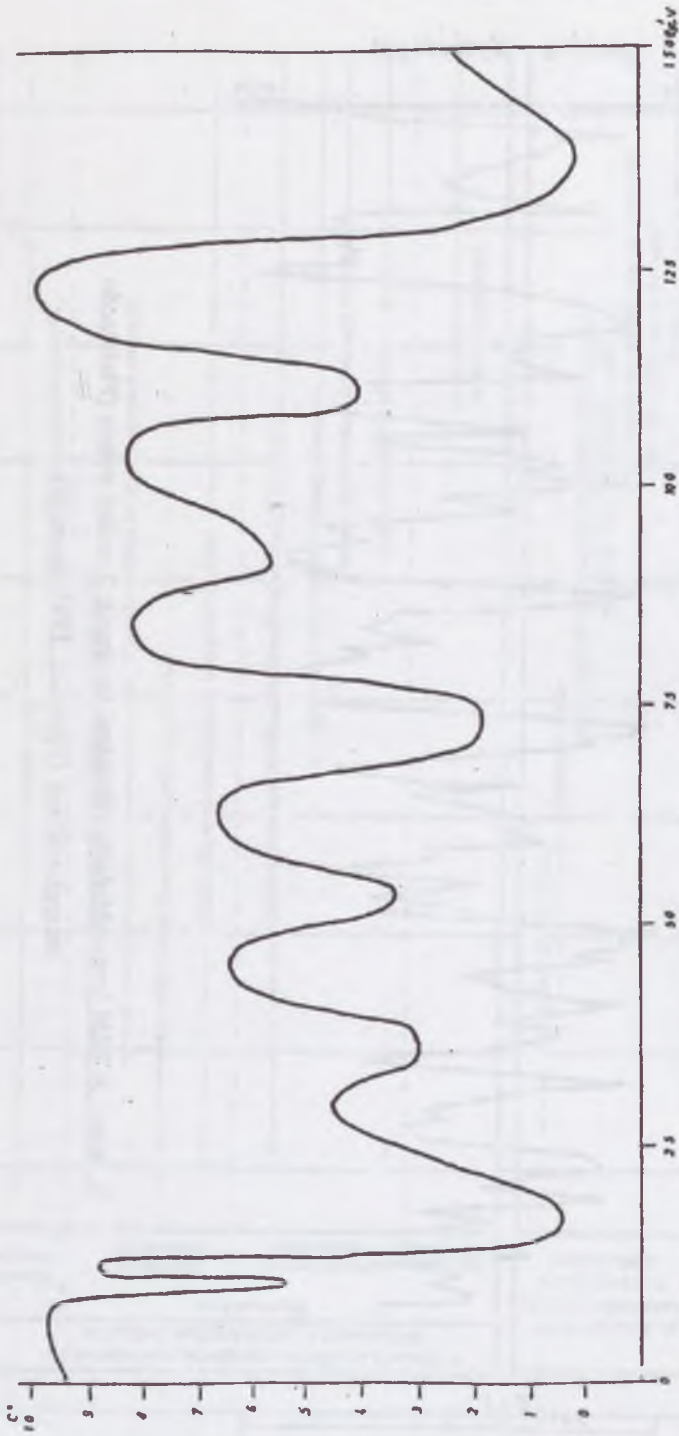
<sup>4/</sup> Milliő hektár, illetve tonna



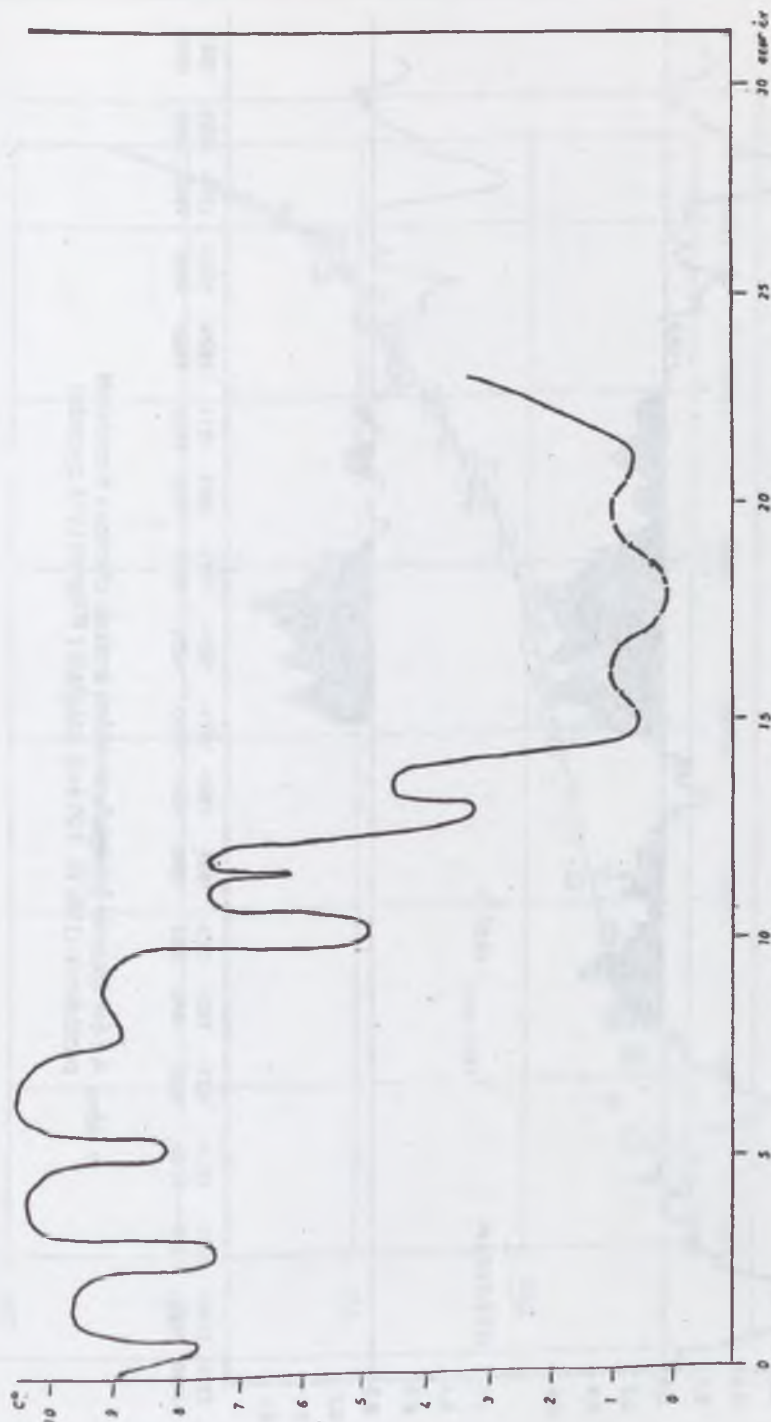
1. ábra: A lehetséges és az észlelt éghajlati ingadozásokat okozó tényezők (Kutzbach, 1974)



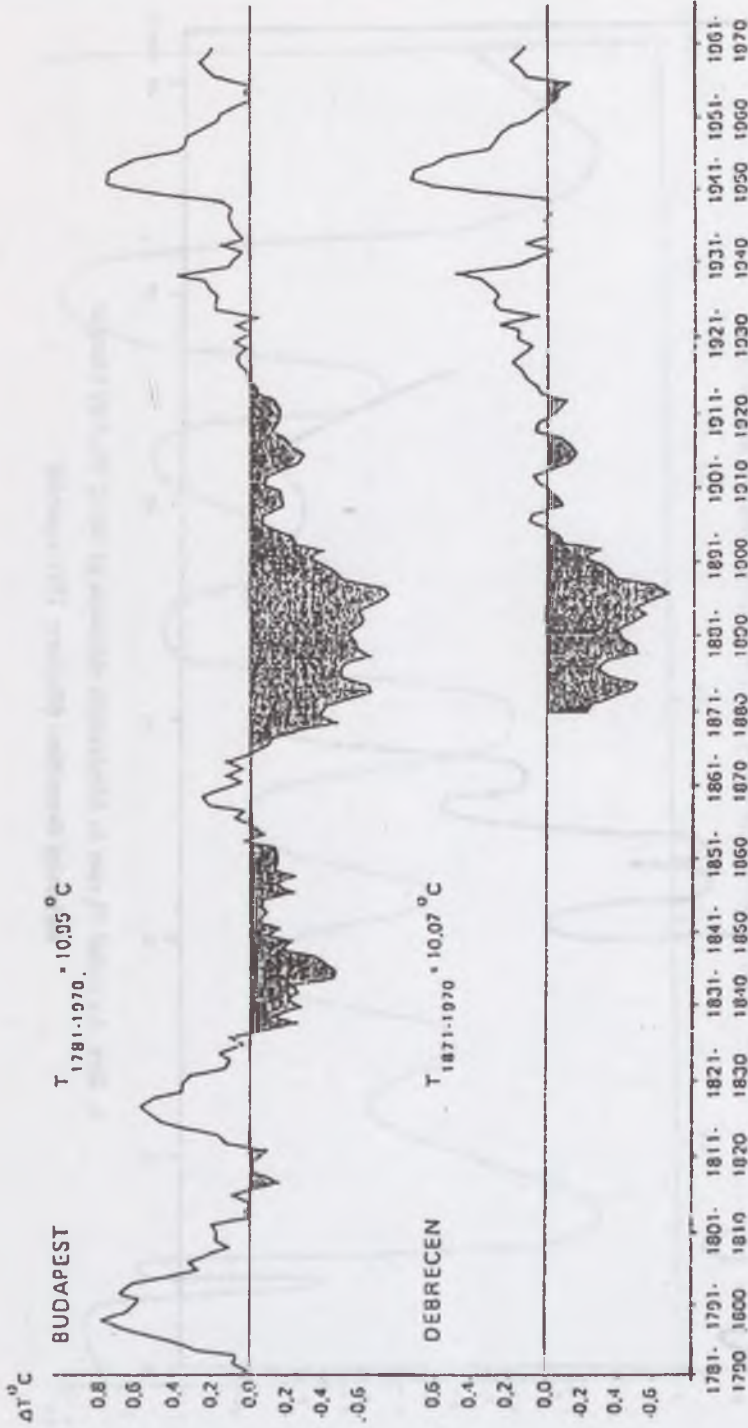
2. ábra. A Föld jegesedésének változásai az elmúlt 1 millió évben (Pleistocén interglaciálisok (Pachner, 1981 nyomán))



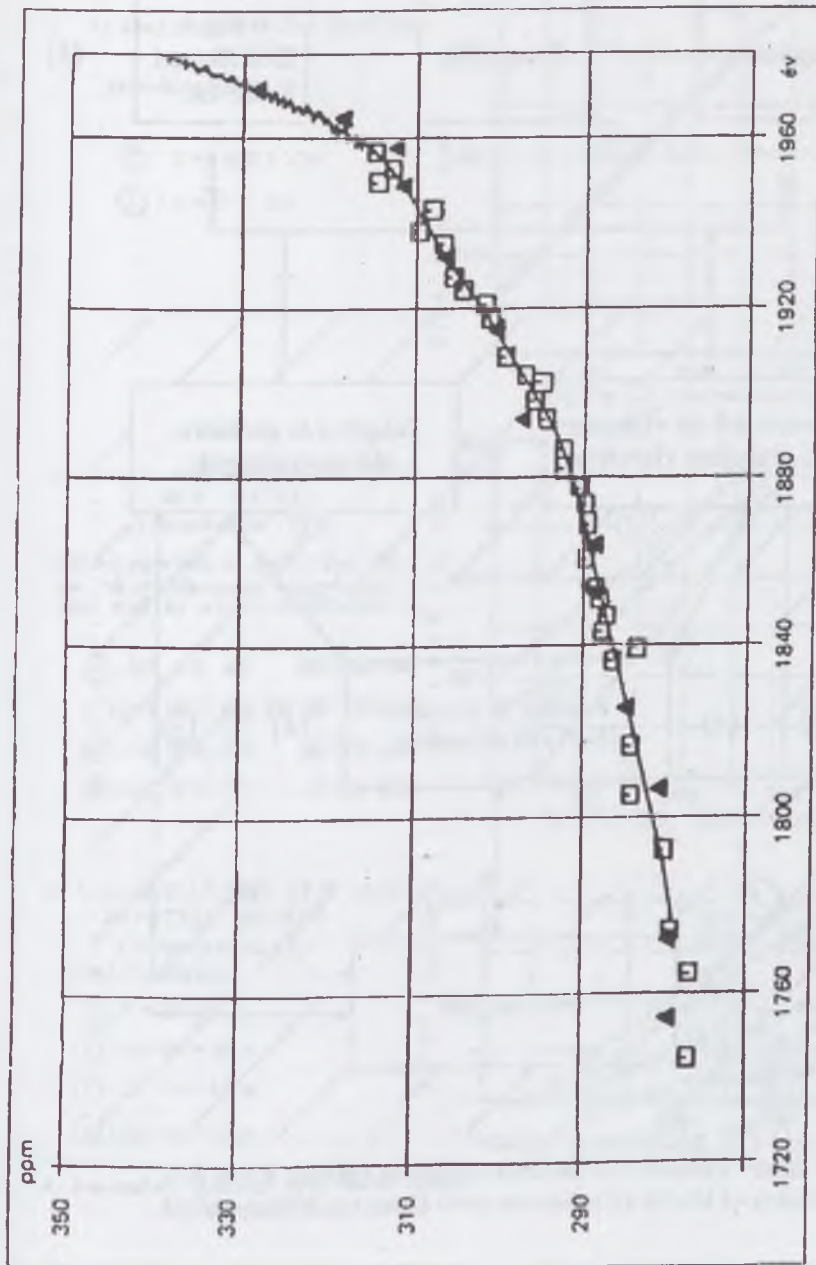
3. ábra. A földtörténeli múlt utolsó 150 ezer évében kimutatott hőmérséklet ingadozások az északi félteke közepes szélességi övezetében (Pachner, 1981 nyomán)



4. ábra. Az utolsó 25 ezer év hőmérséklet változásai az északi félgömb közepes szélességi övezetében (Pachner, 1981 nyomán)

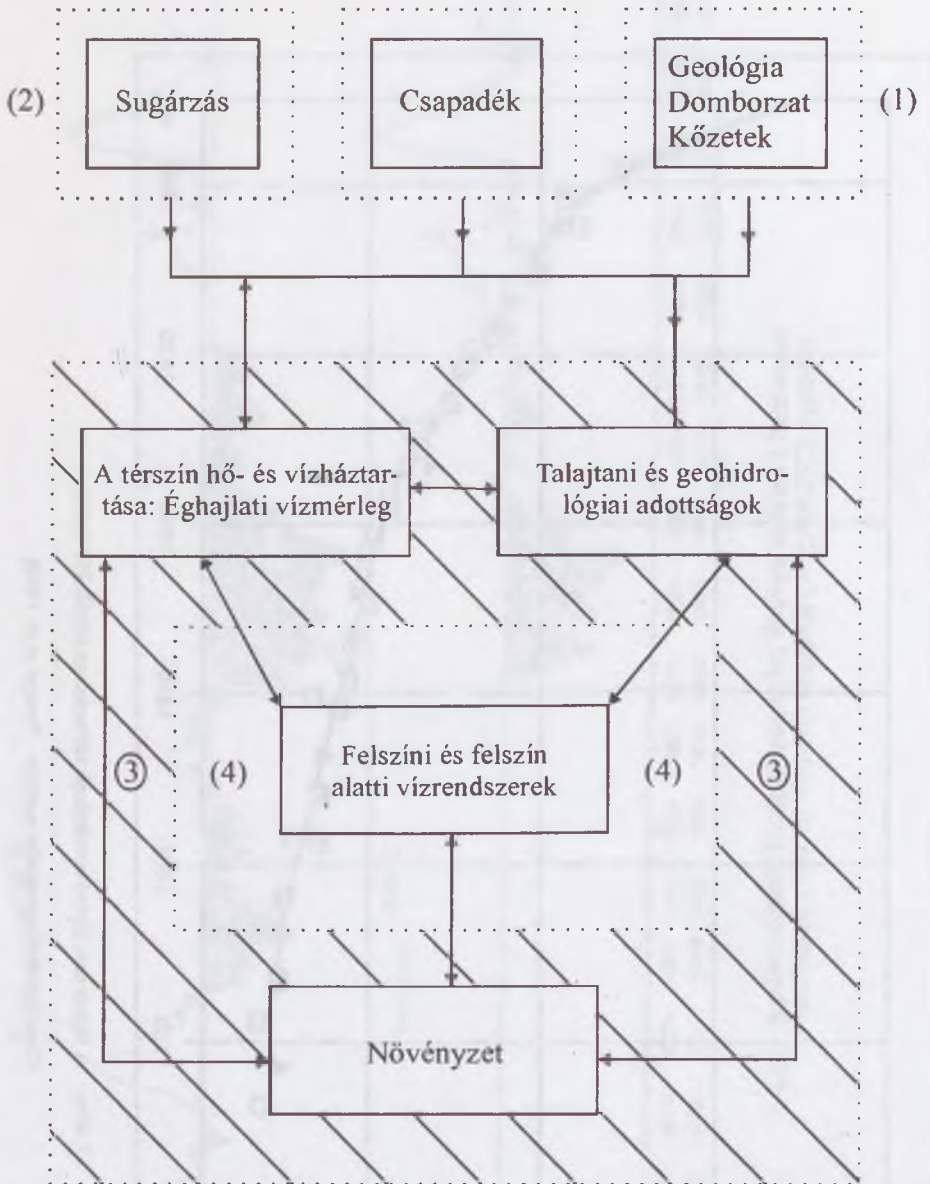


6. ábra Az évi átkaroló középhőmérsékleti értékek eltérése a bemutatott periódusok (190, ill. 100 évi) átlagától (Wagner, 1973 nyomán)



7. ábra. A légkör széndioxid tartalmának változása az elmúlt 250 évben

(Oeschger és Siegenthaler nyomán Forragó et al., 1990)



8. ábra: A térszíni vízháztartás szerepe az éghajlat, a talaj és a növényzet közötti kölcsönhatásokban (Szesztay, 1980 nyomán)

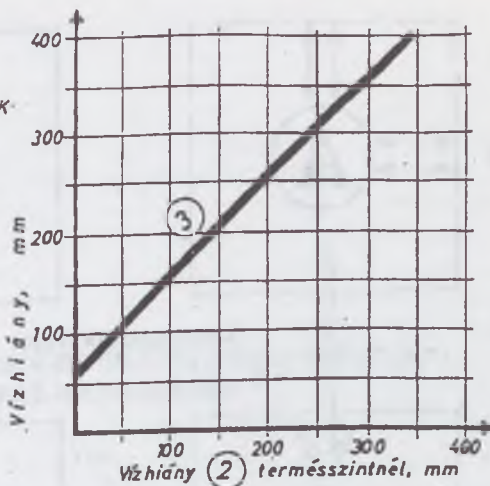


**A TERMESZTÉS INTENZITÁSÁNAK HATÁSA**

termésszint:

② :  $7 \leftarrow q \leq 11 \text{ t / ha}$

③ :  $q > 11 \text{ t / ha}$



**A TALAJ VIZTÁROZÓKÉPESSÉGÉNEK HATÁSA**  
(Termésszint: ②)

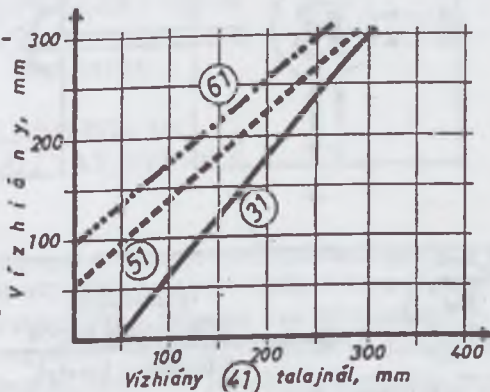
Taljkategóriák, a gyökérszóna hasznos tározóképessége a tenyészidőszak első és utolsó dekájában:

③1) : 3/1, 3/2, 4/1    160–290 mm

④1) : 2/1, 2/2, 4/2, 6/4   130–230 mm

⑤1) : 5/1, 5/2, 6/5    100–170 mm

⑥1) : 6/1, 6/2, 6/3    70–110 mm



**A TALAJVIZMÉLYSÉG ÉS A TALAJ EGYÜTTES HATÁSA**  
(Termésszint: ②)

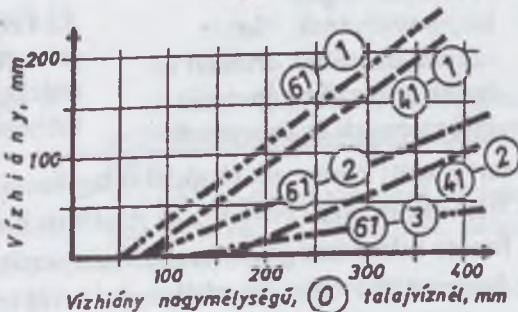
talajvízmélység:

① :  $h > 3,0 \text{ m}$

② :  $2,0 \leftarrow h < 3,0 \text{ m}$

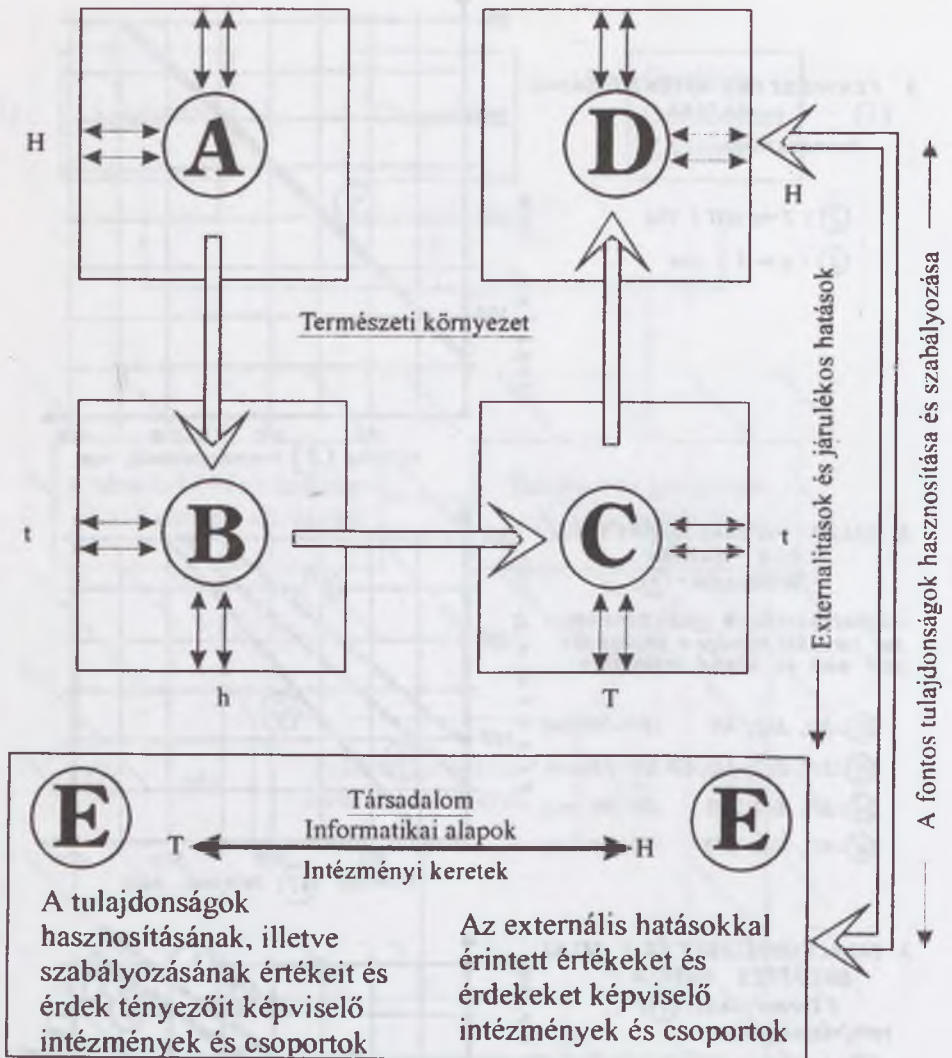
③ :  $1,5 \leftarrow h < 2,5 \text{ m}$

④ :  $1,0 \leftarrow h < 2,0 \text{ m}$



A kapcsolati vonalak 80% valószínűségű értékpárokra vonatkoznak.

9. ábra. Közelítő arányszámok a nem-éghajlati tényezők hatásáról a lucerna öntözési vízigényére (Szesztay, 1980 nyomán)



- T: A természeti környezet társadalmilag fontos tulajdonságai  
 H: A beavatkozások externális és járulékos hatásai  
 t: A fontos tulajdonságokat hordozó tényezők  
 h: A hasznosítási, illetve szabályozási tevékenységgel módosított tényezők

10. ábra: A tájfejlesztésbe illeszkedő növénytermesztés (és más terület használatok) tervezésének és irányításának informatikai alapjai és intézményi keretei (Orlóci et al., 1993 nyomán)

## A KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A HIDROLÓGIA ÖSSZEFÜGGÉSEI A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN <sup>1/</sup>

Írta:

STAROSOLSZKY ÖDÖN

Lektorálta:

LÁNG ISTVÁN  
VÁRALLYAY GYÖRGY

A 21. évszázad magyar mezőgazdaságát az éghajlati előrejelzések szerint a globális felmelegedésből eredő klímaváltozás különféle hatásai érhetik. A természet és az emberi tevékenységek kölcsönhatásaként jelentkező folyamat - az éghajlatkutatók szerint - a Kárpát-medencében szárazabb vegetációs időszakot eredményez. Ennek következménye lehet az öntözési igény növekedése, főleg, ha a jelenleg szokásos mezőgazdasági növényfélések termelésénél tartanak ki.

### 1. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSAI A HIDROLÓGIAI ÉS VÍZMINŐSÉGI PARAMÉTEREKRE

A valószínűsíthető hatások és azok kutatása

A mezőgazdaságot az éghajlatváltozás több szempontból érinti, ezek közül a vízgazdálkodáson keresztül érvényesülő hatásokat célszerű ismertetni. A főbb hidrológiai változások a következők lehetnek:

- a felszíni lefolyás időbeli eloszlásának megváltozása a Duna teljes vízgyűjtőterületén;
- a hóolvadásból származó lefolyás időbeli eltolódása és csökkenése, időszakos jellegűvé válása;
- a potenciális evapotranszpiráció növekedése, azaz az ariditási hajlam területi kiterjedése és növekedése;
- a talajvizek utánpótlódásának csökkenése, azaz a talajvíztükör süllyedése;
- a talajnedvesség általános csökkenése;

<sup>1/</sup> A tanulmányban az OTKA 716 számú témában folyó kutatások egyes megállapításai is szerepelnek.

- az előbbiekből eredően a sivatagosodási hajlam megjelenése.

A nagytérsegi vízgazdálkodásban tehát megnő a víztározás szerepe és a vízáteresztések indokoltsága erősödik. Utóbbi főként a Dunából a Tisza vidékre vezetendő víz tekintetében jelentkezik.

Az OTKA 716. számú témája keretében 1994-ben fejeződik be egy sokoldalú kutatás az éghajlatváltozásnak a hidrológiai és vízminőségi paraméterekre gyakorolt várható hatásáról (témavezető: *Starosolszky Ödön-VITUKI*). A téma keretében a következő vizsgálatok folytak:

(1) Módszertan az éghajlatváltozás érzékelésére a hidrológiai adatsorokban, a matematikai statisztika eszközeivel.

(2) A módszertan alkalmazása a Duna nagymarosi szelvényének vízhozam-idősoraira az éghajlatváltozás esetleges hatásainak felderítésére a havi és szezonális közép, minimum és maximális vízhozamok tekintetében.

(3) A Duna vízhozam-idősorainak szimulálása a vízgyűjtőn bekövetkező levegő hőmérséklet növekedés mellett egy hidrológiai modell sor segítségével, 10 éves idősorból kiválasztott száraz, közepes és nedves referencia évekre nézve.

(4) Az éghajlati változások hatása a) a télvégi-tavaszelejei nagyvizekre és b) a nyárvégi-őszelejei kisvizekre a csapadék és évi középhőmérséklet és az évi lefolyás közötti empirikus-statisztikus kapcsolatai segítségével.

(5) A főbb hazai növények vízigényének változása az éghajlatváltozás következtében (evapotranszpiráció modellezése révén).

(6) A CO<sub>2</sub> növekedés hatása sekély tavak és a Duna vízminőségére.

(7) A Balaton vízminőségi adatainak statisztikai elemzése az éghajlatváltozás hatását szimulálni képes modell levezetése érdekében.

(8) Az éghajlati és emberi hatások, az Alföld vízháztartásában és tájökológiában.

Az elemzések a Duna és egyes magyarországi mellékfolyók tekintetében vezetnek fontos megállapításokra, amelyek figyelembe vétele a jövővízgazdálkodásában nélkülözhetetlen. A Nagy Alföld tekintetében pedig, ahol a felszín alatti vizek lényeges szerepet játszanak, sokoldalú megközelítésben vázolják fel azt a vízgazdálkodási jövőképet, amely a terület gazdaságában, így a mezőgazdaság fejlesztésében is feltétlenül figyelembe veendő.

#### A fontosabb eredmények összegezése

1. A hosszú időszorral rendelkező hidrológiai észlelő állomások adatai elvileg alkalmasak arra, hogy különféle próbák segítségével homogenitásuk és trendjük alapján megállapíthassák, vajon az utóbbi évtizedekben valamiféle jellegzetes változás ment bennük végbe vagy sem. A változásnak azonban határozottnak és a természetes változékonyságnál nagyobbak kell lennie. Erre a célra sikerült a módszertant kidolgozni.

2. A módszertan segítségével vizsgáltuk a Duna nagymarosi szelvényének több mint 100 éves (1889-1985) vízhozam-idősorát, mégpedig havi középvízhozamok, maximumok és minimumok tekintetében. A statisztikai elemzés - részben a vízhozamadatok bizonytalansága, illetve az egyéb okokból bekövetkezett változások következtében nem szolgáltat az éghajlatváltozás következményére utaló egyértelmű igazolást. Több tekintetben, így a kisvízhozamok csökkenésében azonban a megbízhatósági határán van annak, hogy a természetes változékonyságnál nagyobb változás, tehát valamiféle emberi hatásból eredő vízhozamcsökkenésre lehessen következtetni. A biztonságos következtetéshez még mintegy 10 éves idősor látszik szükség-

gesnek. Megjegyzendő, hogy a WMO számos állomásra végzett nemzetközi felmérése teljesen erre a következtetésre jutott és egyértelmű változás nem volt kiolvasható a Föld számos vízfolyásán mért adatokból sem.

3. A VITUKI-ban kidolgozott hidrológiai modellek segítségével elemezték a hőmérséklet növekedés hatását a Duna vízjárására. Ehhez 3 referencia évet választottak ki, amelyekre nézve csapadék, hőmérséklet és lefolyás adatok számos állomáson az Országos Vízeljárás Szolgálat számítógépes adatbázisában rendelkezésre állnak. A közepes, nedves és száraz év felvétele után a Duna vízgyűjtőterületén a napi lefolyási adatsorokat a modellel szimulálták, és ez jó egyezést mutat a mért értékekkel. Ezt követően feltételeztek  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os felmelegedést, amit az egyszerűség érdekében az összes csapadékmérő állomásra nézve érvényesnek tekintettek a teljes éven át. Ezek alapján levezették a vízhozam adatsorokat, amelyeket összevetettek a referencia és adataival. Ebből megállapítható, hogy a lefolyásban hóolvadás következtében időeltolódás jelentkezik, illetve az árvizek hozama általában növekszik, a kisvízhozamok pedig csökkennek, azaz a szélsőségek növekednek. Éves viszonylatban az eltérések nem túl nagyok, de  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  mellett mégis jelentékenyek. Egyes hónapokban az eltérés különösen figyelemreméltó. A közelítő vizsgálódás is rámutatott arra, hogy a kisvízhozamok további csökkenése mind a vízkivételek, mind a hajózás szempontjából kedvezőtlen lehet. Ugyanakkor a jeges árvíz veszélye az adott scénáriók esetében csökken.

4. A magyar vízfolyásokon észlelt múltbéli szélsőséges hozamokból arra lehet következtetni, hogy a szélsőséges időjárási helyzetekben a tavaszi nagyvizek csökkenhetnek, ugyanakkor az őszi kisvíz-

hozamok időtartama növekedik, hozamuk pedig ezzel együtt csökken. A közepes vízfolyásokon bekövetkező változásoknál két scénárióból indultak ki, az egyiknél a csapadék 5 %-kal, a másiknál pedig 10 %-kal csökken. Többféle modellt tettek vizsgálat tárgyává, és azt tapasztalták, hogy 5-10 %-os csapadékcsökkenésnél az alkalmazott modellek alig eltérő eredményt adnak.

Az elemzésekből egyértelmű, hogy a kisvízi lefolyás változása mindig nagyobb a csapadék változásánál, minthogy az 5-10 %-os csapadékcsökkenés kerekén 10-20 %-os lefolyáscsökkenést eredményez. A kisvízi időszak lefolyása és csapadéka között az összes hazai vízfolyáson jó vagy elfogadható korrelációt sikerült kimutatni. Szoros, 0,8 korrelációs tényezőnél jobb volt kimutatható a Szamoson, a Bodrogon, a Maroson, 0,7-0,8 közötti korrelációs tényező jellemezte a Hernád, Tisza, Sebes-Körös, és Kraszna folyókat. A Tisza vízgyűjtőterületén szorosabb volt a kapcsolat, mint a Dunán.

5. A főbb mezőgazdasági növények víz-igény változását a III. vízgazdálkodási keretterv kidolgozása során alkalmazott módszertan szerint kísérelték meg vizsgálni és számszerűsíteni. A vizsgálatok rámutatnak az evapotranszspiráció növekedésére, amely a vízigény növekedésre is jó becslést tesz lehetővé. Néhány fokos hőmérsékletváltozás jelentős vízigény növekedést eredményez. A számos növényfélésegre végzett becslések egész jelentős vízigény növekedést valószínűsítenek éppen abban az időszakban, amikor már a kisvizek tartós csökkenésére lehet számítani. Azaz az öntözött területeken jelentkező vízigény növekedés egybe esik a rendelkezésre álló felszíni vízkészlet csökkenésével.

Az 1984. évi Országos Vízgazdálkodási Keretterv növénytermesztési alapoó tanulmányának módszertanára és eredmé-

nyeire támaszkodva és azokat kiegészítve országos áttekintés készült a potenciális (a jövő század második felére feltételezhető) éghajlatváltozások hatásáról 13 főbb hazai növényfélésegy öntözési vízigényére. Az éghajlat időbeli változását az ország területén belüli változásokkal közelítő hatásfüggvények az évi csapadék és a nyári félév középhőmérsékletének hányadosaként számított éghajlati vízellátottsági tényező kapcsolatát számszerűsítik a kerettervi feloldozás alapjául szolgáló vízfogyasztási adatokkal és az eredményül kapott öntözési vízigényekkel. Az ország jelenlegi éghajlati tartományán túli extrapolálásokhoz a vízfogyasztási és a vízigényi hatásfüggvények növénycsoportonkénti sajátosságait és egymásközi kapcsolatát leíró tartalmi és alaki összefüggések szolgálnak kiindulásul.

Ha hosszú távlatban a közelítően megvizsgált 25 éghajlati jövőkép legkedvezőtlenebbike (3 °C-nyi melegedés és 100 mm-nyi csapadék csökkenés) következne be, akkor országos áttekintésben a jelenlegi éghajlati állapotnak megfelelő öntözési vízigények mintegy 230-260 %-os növekedésével kell számolni. A mai átlagos megítélés szerinti "legvalószínűbb" éghajlati változás a jelenlegi éghajlatra vonatkoztatott öntözési vízigényeket mintegy 50-70 %-kal növelné. Az éghajlati hatások iránt a megvizsgált 13 növénycsoport közül kimagaslóan legérzékenyebb a lucerna (országosan mintegy 350 mm-nyi, a Tiszántúlon mintegy 420 mm-nyi értéktartománnyal); legkevésbé érzékenyek mutatkoztak a paprika, burgonya és paradicsom növénycsoportja (mintegy 140-200 mm-nyi értéktartománnyal).

A jelenleginél lényegesen részletesebb és pontosabb éghajlati hatásvizsgálatot a kerettervi szimulációs modellnek több alkalmasan kiválasztott állomásra és éghajlati állapotra megismételt alkalmazásával lehetne végezni, ami - kü-

lönösen a főbb erdőállomány csoportokra és a hegyvidékekre történő kiterjesztéssel - egységes és tárgyyszerű alapot nyújtana az éghajlatváltozásokkal kapcsolatos vízháztartási és hidroökológiai vonatkozású hosszú átvlatú növénytermesztési, erdészeti és vízgazdálkodási koncepciók kidolgozásához.

Amennyiben tehát az Alföld öntözésére gondolunk, arra is számítani kell, hogy a Tisza vízgyűjtőterületén a jelenleg rendelkezésre álló készletek éppen akkor kezdenek csökkenni, amikor a vízigény rohamosan megnövekszik. Ez a rendkívül leegyszerűsített következtetés a vízátervezést, a tározást és a helyi készletek jobb hasznosítását igényként tárja elénk.

6. A széndioxid légköri koncentrációjának növekedése kölcsönhatásban van a sekély tavak vízminőségének alakulásával, de valószínűleg nem jelent gondot a mezőgazdaság számára.

7. A Balaton vízminőségi és hidrofizikai adatai közötti kapcsolat egyes paraméterek tekintetében jelentős és elgondolkodtató. Problémát jelenthet a Balatonba való hozzáfolyás további csökkenése, ami egyes években tartós vízháztartási deficitet eredményezhet. Ennek ellensúlyozása vízhozzávezetést igényelhet.

8. A Nagy Alföld különleges síkvidéki medencére jellemző összetett vízgazdálkodásában a felszíni és felszín alatti vizek összetetten befolyásolják a gazdasági fejlődést. Az éghajlatváltozás hatásai is ilyen összetetten jelentkezhetnek és komplex elemzést igényelnek. A probléma sokoldalúságát a következő bekezdések villantják fel:

Az Alföldet illetően az éghajlat változásnak az a mértéke tekinthető a legkritikusabbnak (katasztrófát okozó szintnek), amelynél megszűnik a peremvidékek víztöbblete. Ilyen a múltban talán a jégkorszakban fordult elő. A viszonylag enyhébb következményű kritikus szint az, amelynél

az Alföld ariditási tényezőjének értéke eléri vagy meghaladja a sivatagosodási küszöbszintet. Ez esetben a mai állapot súlyos örökséggé válik. Egyrészt azért, mert a mikroklimatikus tényezők hiánya miatt az új éghajlat ugyanúgy általánosan érvényesül, mint a mai. Másrészt feltételezve azt, hogy a peremvidéki lefolyás, ha kedvezőtlenebb időbeliséggel, de elegendő készletforrásként rendelkezésre fog állni, azonban a jelenlegi vízelosztó rendszer elsősorban szerkezeti adottságai miatt alkalmatlan lesz a maihoz hasonló növénytermesztés igényeit kielégítő vízpótlásra. Abból kell kiindulni, hogy az aszály enyhítésére alkalmas vízfeleslegek más évszakban, sőt a változás esetén évek során halmozódnak fel. Ezek hasznosítása számottevő tározás és ehhez csatlakozó elosztóhálózat nélkül, csak az árvízmentesítést megelőző vízhálózat helyreállításával képzelhető el. Ennek az élő (sőt súlyt kapott) ötletnek a megvitatása előtt azonban választ kell adni arra, hogy hová telepíthető át több mint hárommillió ember az Alföldről és az ott maradók miként fognak (esetleg az ártéri gazdálkodás korszakához hasonlóan?) megélni.

A vízgazdálkodás-fejlesztés optimális iránya érdemben azonos, mind az Alföld jelenlegi ökológiai problémái, mind pedig a lehetséges éghajlatváltozás vonatkozásában. Meghatározó mértékűvé kell fejleszteni a tározásos rendszert, növelni kell az erdősültséget valamint a vízfelületeket és ki kell alakítani az alapvető adottságokhoz illeszkedő területhasználatokat, különösen a termőföld racionális hasznosításának területi és technológiai rendszerét.

Az Alföld vízháztrtásának az előzőkön kívül (a regionális feltételekkel azonban szoros kapcsolatban) meghatározó feltétele a vízgyűjtőterület politikai megosztottsága. Tudomásul kell venni és meg kell értenni a politikával, hogy a szomszéd orszá-

gokkal való érdemi gazdaságfejlesztési együttműködés hiánya (az Alföld jövőjét illetően) az éghajlatváltozást meghaladó mértékű kockázatot jelent. Nemcsak a peremi víztöbbletek alakulása függ ezeknek az országoknak az intézkedéseitől, hanem a folyók szennyezése révén döntően befolyásolják a felszín alatti víz- és anyagforgalom alakulását is.

A felszín alatti vizek mechanizmusának és - kapcsolódóan - a fedőréteg vízháztartási folyamatainak a rendszer tervezhetőségének feltételeit kielégítő kutatást lehet a vízgazdálkodási vizsgálatok első feladataként megjelölni. Ehhez tartozik szorosan a Tisza és a mellékfolyók mai és lehetséges szerepének meghatározása a felszín alatti vizek (rétegvizek) energia- és anyagforgalmában.

A múltbeli tapasztalatokra alapozva megszerezni kell az Alföld helyi és kistáji vízháztartási típusait és fel kell tárni a vízhálózat, valamint az erdő kapcsolatteremtő szabályozó szerepét. Végül a racionális földhasználat számára minősíteni kell a termő és élőhelyek vízháztartási adottságait. És végül a regionális vízháztartási folyamat egyensúlyi feltételei szerint meg kell határozni a helyi vízforgalom megváltoztatásának korlátait.

## 2. AZ ASZÁLY ÉS A VÍZGAZDÁLKODÁS KAPCSOLATAI

Az aszály vízgazdálkodással való kapcsolatai egyértelműek, minthogy

- az aszály időszakában a felszíni lefolyás, a beszívárgás és az evapotranszspiráció egyaránt csökken, sőt eltűnik;

- a vízfolyások kisvízi hozama és vizáltsági szélsőséges állapotokat idéznek elő, amely a víz minőségét is befolyásolhatja, általában a szennyezőanyagok koncentrációját megnöveli;

- a talajvíztükör leszáll, illetve a felső zóna talajnedvesség tartalma rendkívül lecsökken.

Így tulajdonképpen hosszabb aszály időszakában a mezőgazdaság számára hasznosítható helyi, felszíni és felszín alatti vizek szinte eltűnnek és a vízpótlást vagy máshonnan átvezetett vagy nagyobb mélységekből szivattyúzással kitermelt vízkészletekből öntözéssel lehet biztosítani. Az aszályos időszak felhasználható vízkészletek tehát térben vagy időben áthelyezett, tehát vízáteresztéssel vagy tározással rendelkezésre bocsátott készletekből származhat.

Az aszályos időszak helyi hasznosítható készlete növelhető, ha az azt megelőző nedves időszakban talajnedvesség vagy talajvíz formájában a helyszínen tárolt víz mennyiségét megnövelték. A talajvízszint növelés révén, a kapilláris emelés következtében hosszabb távon is lehetséges vízpótlás. Tehát a felső talajréteg kapilláris vízemelése, illetve a talajnedvességnek talajvízből való pótlása az aszálykárokat jelentékenyen csökkentheti (amire a közelmúltbeli aszályos években számos példa volt).

A vízátervezetés, mint aszály kárcsökkentő eljárás a Körös völgyében hatékonyan működik, ahová a Tiszából, mind a tiszalöki, mind a kiskörei tározóból jelentékeny vízmennyiséget vezetnek át.

Az aszály elleni védelem másik eszköze az öntözés, amely - különféle öntözési módszerekkel - a termőterületre, lehetőleg közvetlenül a gyökérzónába juttat vizet. Jelenleg a csepegtető öntözés látszik a legjobb víztakarékos módszernek. Az aszálynak gyakorta kitett vízszegény területeken a megbízható mezőgazdasági termelés feltétele az öntözés, ahogy ezt az egyes arid országokban évezredek óta művelik. Hazánkban a száraz és nedves évek változékonysága következtében az öntö-

zés nem tud gazdaságosan elterjedni, a szárazságtűrő növényfajták bevezetése sok helyen gazdaságosabbnak tűnik.

A mezőgazdasági vízgazdálkodás lehetséges stratégiáját, a fejlesztés lehetőségeit hosszabb távra nyúlóan a III. Vízgazdálkodási Keretvív vizsgálata és prognosztizálta. A mezőgazdasági termelésben bekövetkező tulajdonváltozás, nevezetesen a nagyüzemi termelésből a farmgazdaságba való áttérés következtében az öntözéssel és öntözési vízigénnyel kapcsolatban tett korábbi megállapításai felülvizsgálatra szorulnak.

Kétségtelen azonban, hogy bizonyos trendek megmaradnak, így például

- a várhatóan aszályos terület az Alföldre, a Tisza-völgy területére esik;

- ha a nyárvégi-őszelejei vízkészletek rendkívül szűkösek, a hosszúidejű aszály tipikus következményei leginkább a Duna-Tisza közén jelentkeznek;

- a várható éghajlatváltozásból az előrejelzések hazánk egész területére ariditás növekedésre hívják fel a figyelmet, tehát gyakoribb és hosszabb szárazságokra, amely az öntözési vízigényt növelheti, az öntözés bevezetését gazdaságosabbá teheti;

- a magyar mezőgazdaság termékszerkezetének változása egyes területeken az öntözés bevezetését önmagában is indokolttá teheti, amelyet az éghajlatváltozás lehetősége még tovább erősíthet;

A vízgazdálkodást az új vízügyi törvény és a hozzá kapcsolódó vízgazdálkodási koncepció abban az irányban mozdítja, hogy a jövőben

- jobban igényorientált legyen;
- állami támogatása mind beruházás, mind üzemeltetés tekintetében minimális legyen;
- a szolgáltató jelleg domborodjék ki, valóságos szolgáltatói árrakkal;



- a beruházást igénylő szolgáltatásokról szigorúan költség-haszon alapon döntenek;

- az állami nagyberuházások helyett a helyi érdekcsoportok, koncessziók vegyék át a költségvállalást, akár hitelek formájában, amelyeknek természetesen belátható időn belül meg kell térülniök.

A közelebbi jövőre tehát az prognosztizálható, hogy

- újabb beruházásokra - kivételektől eltekintve - aligha lesz fedezet;

- az öntözésre berendezett területeken is csökken az öntözési kedv;

- az öntözővíz költségeit vagy továbbra is jelentős támogatás terheli, vagy a termelők nem lesznek abban a helyzetben, hogy igénybe vegyék a vízszolgáltatást.

Ebből következően a magyar mezőgazdaság érzékenyebb lesz az aszályokra, mint korábban, amikor is mintegy 400 000 hektáron volt - (vagy legalább is lehetett volna) - lehetőség az aszálykárnak öntözéssel való mérséklésére.

Távolabbi tekintetben, ha a magyar mezőgazdaság tartós konszolidációja jön létre, bevezetett tartós termékszerkezettel, már lehetnek komolyabb öntözővíz-igények, és ezek kielégítése igényli

- a dunai víz átvezetését a Tisza völgyében;

- helyi tározók létesítését az átvezetett víz, illetve a helyileg begyűjtött víz tárolására;

- a helyi és kistáji vízforgalom és vízhasználat lehetőségeinek feltárását felszíni és felszín alatti vizekre nézve egyaránt;

- a racionális földhasznált számára a termő és élőhelyek vízháztartási adottságainak minősítését;

- az aszálykárok mérséklésére az igényesebb kultúráknál a víztakarékos (pl. csepegtető) öntözés kiterjesztését.

Mind a közeli, mind a távolabbi jövőben nagyobb szerep jut az egyéni kezde-

ményezésnek és az egyéni érdekeltségnek. Ennek megfelelően az állami szervek kisebb súllyal tudnak megjelenni a mezőgazdasági vízgazdálkodási fejlesztésekben, és az ebből eredő kockázatcsökkentésekben. Ugyanakkor indokolt egy olyan jellegű tanácsadó szolgálat, amilyent a két világháború között a kultúrmérnöki hivatalok nyújtottak.

### 3. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VÍZGAZDÁLKODÁSI HATÁSAI EURÓPÁBAN

Európa vízgazdálkodását az északi rész vízfölöslege és a déli rész vízhiánya jellemzi. Ezen belül a Kárpát-medence a vízhiányos zóna északi határa, éves átlagban 0 és 200 mm közötti hiány mellett. (Atlas of World Water Balance edited by Korzoun, V.I.O., UNESCO, Paris, 1977).

A globális éghajlatváltozás Európában is jelentékeny szociális, gazdasági és környezeti hatást gyakorol. A hidrológiai cikluson át ez a hatás kiterjed a rendelkezésre álló víz mennyiségre és minőségre, és közvetlen hatása van a vegetációra, a talajra és a környezetre általában. Az éghajlatváltozás befolyásolja a vízigényeket is, mint-hogy a települési, ipari és mezőgazdasági vízhasználatok az uralkodó éghajlattól függenek.

Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai az édesvizekre magukba foglalják a rendelkezésre álló vízkészletek globális összegében előálló változást is, a vízkészletek területi és időbeli eloszlását, a talajnedvességet, az árvizeket és aszályokat, a vízminőséget, a hordalékot és a vízigényt.

A legilletékesebb tudományos véleményt az *Éghajlatváltozás Kormányközi Bizottsága* (IPCC) adta (1990). A bizottság jelentése főként a globális helyzettel foglalkozik, és nem ad részletes képet a regi-

onális változásokról. Ennek ellenére Dél-Európát (35-50 °N, 10 W-45°E területre) kiválasztották az öt részletesebben elemzett régió közé. A jelentés azt következteti, hogy ebben a régióban a CO<sub>2</sub> megkésztésére esetén (a 2000-es évek közepén) a téli hőmérséklet 2 °C-kal, a nyári hőmérséklet pedig 2-3 °C-kal megnő. Azt állítják, hogy a téli csapadék megnő, míg a nyári csapadék 5-15 %-kal csökken, amely miatt a talajnedvesség nyáron 15-25 %-kal csökken.

*Parry M.* (1990) neves agrárklimatológus a Goddard Űrkutatási Intézet általános cirkulációs modelljét és az év négy szakára közölt csapadéktérképeket Európára nézve is. Ha ezek a számítások helyesek, Európa déli részén csapadékcsökkenés és az északi részen ősz kivételével növekedés várható. Így a csapadék csökkenése ott áll elő, ahol jelenleg is már vízhiány uralkodik. A modell szerint a nyári csapadékcsökkenés nagyobb néhány déli területen, mint a jelenlegi nyári csapadék (!), ami nyilván abszurdum.

*Rowntree* (1991) a lefolyás változásra adott előrejelzést. Eszerint hangsúlyozott lefolyás csökkenés áll elő télen Dél-Európában, nyáron viszont mindenütt csökken a lefolyás. Ezek a számok persze óvatossággal kezelendők, de mindenképp mutatják a tendenciát.

*Brower és Falkenmark* (1989) előrejelzéseket adott az európai országok rendelkezésére álló vízkészletek változására ugyancsak kétszeres CO<sub>2</sub> esetén. Magyarországra nézve 120 km<sup>3</sup>/év készletről 60 km<sup>3</sup>/év-re csökkenést jelez előre (ami túl kedvezőtlennek tűnik). A módszer Dél-Európában (házánkkal együtt) jelentős rosszabbodást, Észak-Európában javulást mutat ki.

Az éghajlatváltozásnak a vízgazdálkodásra gyakorolt hatásának pontosabb elemzése sok szempont mélyebb vizsgálá-

tát igényli. A talajnedvesség és a talajvíz utánpótlódás feltételeinek vizsgálata különösen kritikus jelentőségű. A szárazabb és melegebb nyarak következtében a hatás Dél-Európában lesz kedvezőtlenebb. Itt a talajnedvesség 20-50 %-kal is csökkenhet! (*Manabe és Wetherald*, 1986).

A talajvíz utánpótlódás lehetséges változásait *Thomsen* (1989) elemezte. Szerinte a téli csapadék csökkenése okozhat főleg kedvezőtlen hatásokat a rendelkezésre álló talajvízkészletre.

Ezekből következik, hogy az éghajlatváltozás hatásai a vízgazdálkodásra, főleg a mezőgazdaság szempontjából, távolról sem hanyagolhatók el, ugyanakkor az eddigi becslések pontatlanok, és néhány országban komoly gondot okozhatnak. Fő probléma a lefolyás és a talajnedvesség rohamos csökkenése néhány régióban, míg az árvizek és az erózió növekedése más régiókban.

Európa nem tanulmányozható a globusz nélkül és az európai változások kihatnak a globálisokra. Egyes problémák, pl. a savas esők kezelhetők kontinentális, illetve regionális méretekben. Az európai problémák mindenképp nemzetközi közelítést igényelnek.

A problémák megoldásához jelentősen hozzájárul, ha a vízgazdálkodás (és főleg a mezőgazdasági vízgazdálkodás) hatékonyságát tudják növelni és az országok közötti elosztás igazságosságát tudják biztosítani (*Starosolszky*, 1993). Az európai méretű integrált vízgazdálkodás és a "szennyező fizessen" elv érvényesítése, valamint a megelőzési alapelv segíthet a megoldásban. A vízkészletek és a vízigények pontosabb számszerűsítése, a vízkészletek felmérése előbbre viheti az igazságosabb elosztás megvalósítását (WMO-UNESCO, 1991).

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

1. *Gauzer Balázs*: A lefolyás számítása nagy folyórendszerekben számítógép segítségével, 1993 -
2. *Gauzer Balázs*: A léghőmérséklet változásának hatása a Duna lefolyási viszonyaira. II. rész. Szélsőséges vízjárású időszakok vizsgálata -
3. *Gilyénné Hofer Alice*: Az éghajlatváltozás hatása a hidrológiai és vízminőségi paraméterekre, 1993. július -
4. *Nováky Béla*: Az éghajlati változások hatása a nyárvégi-őszeleji kisvizekre, 1993. november -
5. *Orlóci István és Szesztay Károly*: Éghajlati és emberi hatások az Alföld vízháztartásában és tájökológiájában, 1993. november -
6. *Szesztay Károly*: Éghajlatváltozás és a hazai öntözési vízigények, 1992. október -
7. *Szilágyi Ferenc*: Az éghajlatváltozás várható hatása a felszíni vizek minőségére, 1992. december -
8. *Szilágyi Ferenc*: Az éghajlatváltozás hatása sekély tavak egyes vízháztartási jellemzőire és vízminőségére, 1993. november -
9. *Brower, F., Falkenmark, M.* (1988): Water Availability in Europe IIASA. Eighth Symposium on Forecasting, Amsterdam -
10. *da Cunha, L.V.* (1992): Water Resources in Europe. The European Garden, Sesimbra, Globe E.C. Initiative, Strasbourg -
11. IPCC (1990): Climate Change the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge -
12. *Korzoun, V.I. et al.* (1977): Atlas of the World Water Balance. UNESCO, Paris -
13. *Manabe, S., Wetherald, R.T.* (1986): Reduction in summer soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. Science 232. -
14. *Parry, M.* (1990): Climate Change and World Agriculture. Earthscan Publ. Limited, London -
15. *Rowntree, P.* (1991): Personal Communication (in the paper of da Cunha) -
16. *Starosolszky, Ö.* (1993): Regional organizations and climate-related changes in the water regime. (The role of regional organizations in the context of climate change, NATO ASI Series, Springer Verlag, edited by M.Glantz), Paris -
17. *Thomsen, R.* (1989): The effect of climate variability and change on groundwater in Europe. Conference on Climate and Water, Helsinki -
18. UN (1992): International Conference on Water and the Environment. Report of the Conference -
19. WMO and UNESCO (1991): Water Resources Assessment. WMO, Geneva

## **AZ IDŐJÁRÁS ÉS A NÖVÉNYTERMESZTÉS**

Írta:

**CSELÓTEI LÁSZLÓ - SZÁSZ GÁBOR - KOVÁCS GÉZA J.**

Lektorálta:

**LÁNG ISTVÁN  
VÁRALLYAY GYÖRGY**

A növénytermelés a nemzetgazdaságon belül az időjárás kockázatoknak leginkább kitett ágazat. A termelés nagyságára jellemző éves változékonyság, az úgynevezett évjárat-hatás főként az időjárás változékonyságának a következménye, de a helyi talajviszonyok és az alkalmazott agrotechnika is befolyásolja. Az évjárat hatás a mezőgazdasági környezet minőségének változásaiban is jelentkezik, például a nitrát mélybe mosódásának mennyisége vagy az erózió és defláció okozta változások, melyek visszahatnak a növénytermelés eredményességére és a termék minőségére.

Az előrejelzést az a munkahipotézis teszi lehetővé, hogy a klímaváltozások eredményeként sem valószínűsíthetőek olyan évjáratok, melyekhez hasonlók még nem fordultak elő az elmúlt évtizedekben. Az eltérés az egyes évtípusok gyakoriságában következhet be, és azok más anyagi - technikai - biológiai - termesztési valamint társadalmi - gazdasági körülmények között érvényesülnek. A várható időjárás menetek lényegében már előfordultak, ezért hatásaik is felmérhetőek. Feladatunk abban áll, hogy

- időjárás évtípusokat határozzunk meg a múltbeli éves időjárás menetekből Magyarországon régióiban;

- az évtípusok gyakoriságára tegyünk előrejelzéseket;

- a növénytermelésben realizálódó évjárat-hatás elemzése révén rámutassunk, hogy milyen alkalmazkodásra van szükség illetve lehetőség a növénytermelés biztonságára érdekében.

Az alábbiakban néhányat kiemelünk a vonatkozó hazai kutatások eddigi megállapításaiból:

A növények tavaszi indulási feltételeinek bizonytalansága lehet az egyik kritikus kérdés az időjárás változékonyságának növekedésével.

Hazánkban a tenyészidőszak hosszának szélső értékei 210 illetve 300 nap. Ez a tág intervallum önmagában egy természetes kockázatot jelent.

Hazánk legnagyobb területén az éghajlati elemek közül a csapadék tölti be a legfontosabb szerepet. A termékek nagyságát egyes becslések szerint a csapadék mintegy 70 %-ban határozza meg, míg a többi elemnek együttesen jut 30 %-os fontosságú szerep. Termesztési szempontból az 5 és 20 mm közötti napi csapadékú napok száma a leglényegesebb. Hazánkban a csapadék mind területileg, mind időbelileg rendkívül szélsőségesen változó éghajlati elem.

A klimatikus vízhiány körülbelül 500 mm/év a Közép-Duna-Tisza közén, Közép-Tisza vidékén és a Hármas Körösök táján. E területen a vízhiányt jól elviselő növények termesztése tervezhető, illetve e területen válik leginkább szükségessé az öntözés. A Nagyalföldön átlagban 250 mm-es évi vízhiánnyal lehet számolni és csupán a Dunántúl dél-nyugati határterületein tűnik el a különbség a csapadék és a lehetséges párolgás között, illetve egyes területeken a csapadék meghaladja a lehetséges párolgást.

A század második felében a téli aszályok gyakoriságának növekedése az Alföldön és az aszályos évek számának gyakorisága (Keszthely és Mosonmagyaróvár kivételével) minden állomáson megállapítható. Az egymást követő aszályos telek gyakorisága is gyarapodott, míg az egymást követő aszályos nyarak gyakorisága csökkent.

Másik jellemző változás a rendellenes ill. szélsőséges jelleg gyakoriságának emelkedése. Növekedett az egymást követő nagyon száraz illetve az egymást követő túl nedves hónapok gyakorisága.

A talaj az agártermelés legstabilabb tényezője. Az időjárás és az agrotechnika gyorsan változó hatásait felfogja, tompítja, felhalmozza, részben átalakítja és közvetíti a növények, állatok illetve az ember felé.

Az időjárás változása rövid távon nem tudja megváltoztatni a talaj tulajdonságait, de fordítva a talaj tulajdonságai rövid távon is módosítják az időjárás változásának hatásait. Természetesen hosszú távon maga a talaj is változik az eltérő talajgenetikai feltételek következtében. A megváltozott talaj azután ismét más módon befolyásolja az időjárásnak a mezőgazdasági termelésre kifejtett hatását.

A várható légköri változások közül legbiztosabb a CO<sub>2</sub>-szint emelkedése. Az ezzel együtt prognosztizált zöld- és gyökértömeg növekedés következtében a talaj gyorsabban kiszárad, így várhatólag megszűnik a széndioxid pozitív hatása és marad csak az üvegház hatás fokozódása. Kivételt csak a jó vízellátottságú talajok jelentenek. Ha folytatódik Magyarországon az aszály gyakoriságának növekedése, akkor a CO<sub>2</sub>-gyarapodásnak a növényekre gyakorolt pozitív hatását elnyomja a szárazság negatív hatása.

Trágyázással kompenzálni lehet és kell a szárazság hatását, de a trágyázás lehetőségei korlátozottak, ugyanis túlzott szárazság esetén a szervesanyaganyagtrágyák olykor sóhátas következtében még csökkenthetik is a termést.

Erodálhatóság változása várható bármilyen időjárási változásra. A vízerózió növekszik nemcsak a csapadék növekedés hatására, hanem az eloszlás egyenetlenségeinek növekedése következtében is. A szárazság fokozódásával a növényi takartság csökken, így a talaj kitettség növekszik az intenzív esőzések ideje alatt.

A termelést befolyásoló szélsőséges időjárási helyzetek következményei ellensúlyozásának mértékét meghatározza az egységnyi területen termelt érték, a termelés intenzitása.

A 21. századi helyzet előrejelzéséhez sokféle tényező változásait párhuzamosan kell figyelembe venni. Az időjárás/talaj/növény/agrotechnika rendszer változásainak az előrejelzése feltételezi a rendszer-modellezést illetve a számítógépes megközelítést.

Rövid távon előnyben vannak a sztochasztikus statisztikai modellek, melyekkel becsülhetőek az egyes események bekövetkezésének valószínűségei is. Ezekkel az ok-okozati kapcsolatok és a jelenségek lefolyása sem ismerhető meg, és csak a vizsgált helyre és viszonyokra igazak. Előnyük, hogy kevesebb előzetes ismerettel elkészíthetők, ha ugyanarra a helyre, ugyanazon feltételekre használjuk, egyenlőre helyileg nagyobb pontosság érhető el, mint a szimulációs modellekkel. Utóbbiak viszont a jövőt jelentik, mivel a folyamatok időbeli lefolyását is leírják le az ok-okozati rendszer figyelembevételével. Hátrányuk, hogy több előzetes ismeretet igényelnek a rendszerről. Előnyük, hogy rugalmasabbak és az új ismeretekkel folyamatosan bővíthetők.

## BEVEZETÉS

Az agrártermelés - benne a növénytermelés - általában az adott térség termőhelyi lehetőségeire épülve, a kor társadalmi-gazdasági körülményei között, annak igényei, piaci lehetőségei szerint alakul. A termőhelyi adottságok között mindenütt - Magyarországon pedig különösképpen - döntő szerepe van az időjárásnak.

Jelentős részben az időjárás hatására alakultak ki hazánkban a növénytermelés számára eltérő feltételeket nyújtó nagy tájak (pl. Alpok-alja, Kis-Alföld, Duna-Tisza közti homokhátság, Hajdúsági löszhát, Nyírség stb.). Ezekben belül azonban sokszor csak igen kis területre kiterjedően további jelentős eltérés, mozaikosság érvényesül.

Az agrártermelés, benne különösen a szántóföldi növénytermesztés valamint a zöldség, a gyümölcs és szőlőtermesztés eredményének alakulásában rendkívül fontos szerep jut az időjárási tényezőknek. A tényezők súlya természetesen tájanként, talajtípusonként változó. Az időjárási folyamatok rendkívül nagy variabilitása komoly nehézséget okoz a mezőgazdasági

termelés racionális fejlesztésének és a termelési biztonságának az elérése terén.

A mezőgazdaság a nemzetgazdaságon belül az időjárási kockázatoknak leginkább kitett ágazat. A termelés nagyságára jellemző az éves változékonyság, az úgynevezett évjárat-hatás. A termésben mért évjárat hatás közvetlen oka lehet a talaj szárazsága, gyomosodás, betegség, stb, de legtöbbször ezek is visszavezethetők szélsőséges időjárási események hatására. Az évjárat hatás a mezőgazdasági környezet minőségének változásaiban is jelentkezik, például a nitrát mélybe mosódásának mennyisége vagy az erózió és defláció okozta változások. Ezek visszahatnak a termelésre, így részei az időjárás - agrártermelés kapcsolatnak. Ezért tanulmányunk alapvetően azzal a kérdéssel foglalkozik, hogy a 21. század küszöbén az évjáratok változékonysága milyen kockázatot jelent a magyar mezőgazdaságnak.

A mezőgazdaság és a környezet kölcsönhatása a 21. században sem lesz alapvetően más, mint a 20. században volt. Az időjárás és az agrártermelés viszonylatában ez azt jelenti, hogy a várható klímaváltozások eredményeként sem valószínűsít-

hetők olyan évjáratok, melyekhez hasonlók még nem fordultak elő az elmúlt évtizedekben. Az eltérés az egyes évtípusok gyakoriságában következhet be, és azok más anyagi - technikai - biológiai - termesztési valamint társadalmi - gazdasági körülmények között érvényesülnek. Tehát a várható időjárási menetek lényegében már előfordultak, ezért hatásaik is felmérhetők. Feladatunk tehát abban áll, hogy

(1) időjárási évtípusokat határozzunk meg a múltbeli éves időjárási menetekből Magyarország régióiban;

(2) bemutassuk az időjárás és a talaj kölcsönhatásának szerepét;

(3) a növénytermelésben realizálódó évjárat-hatás elemzése révén rámutassunk, hogy milyen alkalmazkodásra van lehetőség illetve szükség az előzőekben változó körülmények között az agrártermelés biztonsága érdekében.

## 1. AZ IDŐJÁRÁSI ÉVTÍPUSOK ÉS TERÜLETI ELOSZLÁSUK

### A hőmérséklet

*Területi megoszlás.* A Dunántúl nyugati felében az enyhe tél és a viszonylagos mérsékeltén magas hőmérsékletű nyár az uralkodó. A Nagyalföld dél-keleti iránya felé haladva a nyarak hőmérséklete fokozatosan növekszik és a dél-kelet Alföldön a júliusi középhőmérséklet meghaladja a 22 C<sup>o</sup>-ot; a telek e területen mérsékeltén hűvösök (januári középhőmérséklet: -2,0 C<sup>o</sup> körül). Az Alföld északi területe télen és nyáron egyaránt hűvös; januári középhőmérséklet: -2,0 - -3,0 körüli, a leghidegebb terület a Nagyalföld észak-keleti része, januári átlaghőmérséklet -3,0 C<sup>o</sup> alatt. Az északi területek nyara mérsékeltén melegen minősíthető hazai viszonylatban. Ebben az országrészben a júliusi középhőmérséklet 20-21 C<sup>o</sup> közötti.

*Hőmérséklet ingadozás.* Az egyes évszakok hőmérsékletének ingadozása hazánkban jelentősen eltér egymástól. A téli leghidegebb hónap átlaghőmérséklete -10 - +5,0 C<sup>o</sup> közötti, tehát az ingadozás közelíti a 15,0 C<sup>o</sup>-ot. A nyári félévben a hőmérsékleti ingadozások jelentősen mérséklődnek, a legmelegebb hónapok ingadozása mindössze 6 - 7 C<sup>o</sup>-ra tehető. A téli hőmérsékleti ingadozás súlyos veszélyeket okozhat évelő növényeknél, valamint gyümölcsösöknél. Bár a nyári hőmérsékleti ingadozás annál lényegesen kisebb, azonban jelentősége mégis nagy, mert a tenyészidőszak közepére esik, vagyis a növények fejlődését serkentheti, de rendkívüli módon lassíthatja is.

*Ingadozás a tenyészidőszak hosszában.* A tenyészidőszak kezdetében igen nagy ingadozások ismerhetők fel. Átlagban az 5 C<sup>o</sup>-os középhőmérséklet tavaszi határnapja március 10-e körül következik be, azonban rendkívüli eltérések következhetnek be. A statisztikai vizsgálatok szerint igen gyakori a tavaszi hőmérsékleti visszaesés, amely néha meghaladja a tíz napot is. A kitavaszkodás időpontjának ingadozása a zöldségtermesztés eredményességének egyik veszedelme, de ezen túlmenően a tavaszi vetésű hőigényes kultúrák termesztésében is terméscsökkenő hatást fejt ki. Hangsúlyozni kell, hogy a tenyészidőszak kezdetében lényegesen nagyobb ingadozás állapítható meg, mint a tenyészidőszak befejeződésénél. Hazánkban az 5 C<sup>o</sup>-os őszi határnap november végére esik, bár lényegesen korábban is befejeződhet, de hasonló valószínűséggel tolódhat át az említett időpont decemberre. Gyakorlati tájékoztatásként megállapítható, hogy hazánkban a tenyészidőszak hossza 240-250 nap körüli, de szélsőséges esetekben elérheti a 300-at, de lecsökkenhet 210-re. Ez a tény arra utal, hogy a növények fejlődését biztosító időtartam tág intervallumban ingadozik,

amely önmagában egy természetes kockázatot képez.

*A fagyok gyakorisága és térbeli eloszlása.* A szántóföldi és kertészeti növények termesztése eredményének alakulásában hazánkban rendkívül fontos szerepet töltenek be a fagyok. A fagyos napok egy része ősszel és tavasszal belenyúlik a tenészszezidőszakba. A teljesség kedvéért érdemes tájékozódni arról, hogy mikor kezdődnek általában ősszel és mikor fejeződnek be tavasszal általában a fagyok. Ez elsősorban azért fontos, mert a koraőszi és késő tavaszi fagyok okoznak jelentősebb károkat. A korábbi kutatások alapján megállapítható, hogy e tekintetben az ország területén nagy különbségek alakulnak ki. Ahogyan egyéb hőmérsékleti tulajdonságokban, úgy ez esetben is az ország déli, délnyugati területe van a legkedvezőbb helyzetben, itt fejeződnek be legkorábban és kezdődnek legkésőbb a fagyok. Az északkeleti irányba haladva a tavaszi fagyok egyre később fejeződnek be és az őszi fagyok egyre korábban kezdődnek. Az őszi fagyok átlagos kezdetének időpontja az ország délnyugati területein november első napjainak valamelyikére esik, míg az Alföld északi és északkeleti részén pedig október 10-15 közötti. Az északi határterületeken már október 10. előtt következnek be a fagyok. Az említett dátumok átlagértékek, hangsúlyozni kell, hogy szélsőséges esetekben a fagyos időszak kezdete már szeptember közepén is kialakulhat. Az utolsó tavaszi fagyok hazánkban áprilisban fejeződnek be általában, természetesen egyes években még később is jelentős fagyok következhetnek be. A fagyok legkorábban a medence déli peremterületein fejeződnek be: április első napjaiban, az Alföld északkeleti részén a fagyok átlagos befejeződésének időpontja április 25-e körül alakul ki.

Az Északi Középhegység egyes területein a fagyok befejeződése május első fel-

ében következik be eltekintve a mélyebben fekvő fagyzugoktól, völgyektől. Mindéből következik, hogy az ország déli területén nemcsak hosszabb a tenészszezidőszak, hanem a fagykárosodás valószínűsége is lényegesen kisebb, ezért hőigényesebb növények termesztése e területre tervezhető. A fagymentes időszak az ország területén az említett okok folytán változó. E tekintetben az ország három nagy körzetre különíthető el. A Dél-Alföldön és a Dunántúl délkeleti részén a fagymentes időszak tartalma 200 nap feletti, az ország középső területein 180-200 olyan nap van, amikor a hőmérséklet egyetlen napon sem süllyed a fagypont alá. A harmadik rész a Dunántúli és Északi Középhegység valamint a Nagyalföld északkeleti része, ahol a fagymentes időszak tartama 150-180 nap.

*A hőmérsékleti amplitudó havi és területi megoszlásban.* A hőmérséklet variabilitásának jellemzésére szolgálhat a havi abszolút maximumok és minimumok közötti különbségek alakulása, amelyet az 1. táblázat foglal össze. A közölt 11 állomás adatai 50 év alatti havi abszolút maximuma és minimuma közötti különbséget mutatja be. E különbségek sajátossága, hogy a szélsőségség minden hónapban rendkívül nagy. A nyári félév hónapjaiban változó értékek ismerhetők fel, feltűnő a márciusi, áprilisi, valamint a szeptemberi, októberi nagy szélsőségség, más szóval az átmeneti évszakokban lehet számítani a legnagyobb szélsőségek bekövetkezésére. Ez a megállapítás látszólag ellentmond a korábban említetteknek, mely szerint a téli ingás nagy és a nyári mérsékelt. Az 1. táblázat havi átlagos abszolút maximumai és minimumai a napi ingás lehetőségére utal, amely télen természetesen valamivel kisebb, mint a nyári hónapokban.

*A szélsőségesen meleg napok.* A fentiekben túlmenően meg kell emlékezni a szélsőségesen magas hőmérsékleti értékekről



is, ugyanis a hazánkban bekövetkezhető legmagasabb hőmérsékleti maximumok még a hőigényes kultúráknál is jelentős károkat okozhatnak főként olyan esetekben, amikor a növények vízellátottsága mérsékeltnak vagy szerénynek minősíthető:

|            | Magyaróvár<br>max. oC | Szeged<br>max. oC | Debrecen<br>max. oC |
|------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Január     | 12.5                  | 15.4              | 13.8                |
| Február    | 18.0                  | 18.3              | 17.9                |
| Március    | 23.5                  | 24.5              | 25.8                |
| Április    | 28.8                  | 31.5              | 33.6                |
| Május      | 31.2                  | 34.0              | 32.7                |
| Június     | 35.6                  | 38.8              | 37.0                |
| Július     | 38.3                  | 38.7              | 38.5                |
| Augusztus  | 38.0                  | 39.0              | 39.0                |
| Szeptember | 34.0                  | 38.2              | 36.0                |
| Október    | 28.3                  | 31.2              | 29.5                |
| November   | 21.0                  | 24.9              | 21.4                |
| December   | 16.0                  | 21.1              | 16.0                |

A fenti adatok lényegében kedvezőtlen ökofiziológiai feltételeket fejeznek ki, ugyanis általában a 30 °C feletti hőmérsékleti tartományban már a netto fotoszintézis 0 érték felé tart, vagyis a légzés a hőmérséklet emelkedésével egyre erőteljesebbé válik.

A fenti megállapítások szerint tehát a hőmérséklet nemcsak kedvező természeti erőforrásként tekinthető, de szélsőségei és nagy variabilitása a növénytermesztésben, valamint a kertgazdálkodásban súlyos veszélyeket is rejt magában.

Összefoglalva megállapítható, hogy a hőmérséklet mint ökológiai tényező a szélsőségeiben jelentős veszélyforrásnak minősül.

#### A csapadék.

A fő korlátozó tényező. Hazánkban a csapadék évi ritmusa elvileg kedvezően alakul olyan tekintetben, hogy a nagy növényi vízfogyasztású időszakokban, vagyis

a nyári félidőben hull több csapadék, míg a nyugalmi időszakban a csapadék havi összegei a minimumban vannak. A csapadék mennyiségét elemezve viszont megállapítható, hogy néhány évtől eltekintve általában a növényi igényhez mérten csekély; a sokrétű statisztikai vizsgálatok alapján általános érvénnyel bizonyított és elfogadott, hogy hazánk legnagyobb területén az éghajlati elemek közül a csapadék tölti be a legfontosabb szerepet. A termések nagyságát általánosságban a csapadék mintegy 70 %-ban határozza meg, míg a többi elemnek együttesen jut 30 %-os fontosságú szerep.

*Az évi összeg.* A csapadék évi összege az Alföld középső területein, a Közép-Tisza vidékén a legalacsonyabb. E területtől radikálisan távolodva az éves összegek fokozottan növekednek. A csapadékban legszegényebb területeken az évi átlagos összeg 500 mm körüli, míg a legcsapadékosabb dél-nyugat dunántúli országrészen az átlagos összeg meghaladja a 850 mm-t is. A Nagyalföldön átlagban 550 mm-rel lehet számolni, az Alföld peremterületein pedig 550-600 mm-rel az 1901-1950. éves átlagok szerint. Növénytermesztési szempontból nem közömbös a tenyészidőszak alatti csapadék mennyiségének alakulása. Hazánkban ezt a I-IX. hónapok átlagos összegével szokás jellemezni.

*A nyári összeg.* A nyári csapadékösszeg az évi összegnek mintegy 70 %-a, s ez az arány érvényes a hegyvidékekre is. Eből kifolyólag a tenyészidőszak csapadékösszegének területi jellemzői hasonlóak az évi összegekéhez. A tenyészidőszakban is a Közép-Tisza vidéke, a Hármas Körösök tája, valamint a Nagykunság és a Hortobágy egy része a csapadékban legszegényebb országrész. E területeken az említett időszakban átlagosan lehullott csapadékmennyiség nem éri el a 300 mm-t.

*A változékonyság.* A csapadék ellátottságában a variabilitás okozza a legnagyobb veszélyt, ugyanis átlagos csapadékhullás esetén még jelentős terméscsökkenésre nem kell számítani. Sajnálattal tapasztalható azonban, hogy a csapadék ingadozása hazánk minden területén - eltérő arányban - igen nagy. A csapadék változékonyságának sajátosságait statisztikailag a szórással, illetve a szórás és az átlag hányadosával, az úgynevezett variációs koefficienssel (CV) szokás kifejezni. A szórásra, illetve variációs koefficiensre vonatkozóan széles körű információval rendelkezünk, ennek folytán a csapadéknak mint bizonytalansági tényezőnek számszerű jellemzésére jó lehetőségünk van.

*A szórás évi menete.* A szórás évi menete 50 évre visszanyúló megfigyelési sorozatok statisztikai vizsgálata alapján megállapítható, hogy hazánkban a havi összegek növekedésével a változékony jelleg is fokozódik. Mint ahogyan a havi összegek változásában, úgy a szórásban is két maximum ismerhető fel: az egyik a nyári, a másik pedig az őszi csapadékmaximum idején. Míg a havi átlagos összegek évi menetében az egész ország területén a főmaximum mindenütt az V-VI. hónap valamelyikére esik, a másodlagos maximum pedig a X-XI. hónapok egyikében következik be, a szórás évi menetében ilyen egyneműség nem ismerhető fel. A szórás évi menetében 2 típus különböztethető meg:

- kettős hullámú évi menet nyári főmaximummal

- kettős hullámú évi menet őszi főmaximummal.

A nyári főmaximummal rendelkező évi menet a déli területek kivételével az egész országra kiterjeszkedik. A második típus a mediterrán hatások következtében alakul ki, így elsősorban az ország déli területein ismerhető fel.

*A havi összegek és a szórás kapcsolata.* A továbbiakban részletesen célszerű utal-

ni az átlagos havi összegek és a szórás közötti kapcsolatra. A statisztikai vizsgálatok bizonyították, hogy általában a havi összegek növekedésével a szórás fokozódik. A havi csapadékösszeg nagysága és a hozzá tartozó szórás kapcsolata az ország egész területén statisztikailag bizonyított. Felmerül azonban az a kérdés, hogy a havi összeg nagyobbodásával azonos arányban növekszik-e a szórás is. E kérdés eldöntése céljából végzett regressziós analízis szerint a 600 mm/év alatti területeken, illetve a 600 mm/év feletti területeken az átlagos összeg és a hozzá tartozó szórás közötti kapcsolat numerikusan jól becsülhető. A szórás mértékéről az alábbi számok adnak felvilágosítást:

január: + 16 - + 23 mm/hónap  
május-június: + 30 - + 48 mm/hónap

Az említett szórásintervallum alapján is világosan az derül ki, hogy a téli kis csapadékokhoz egy kis szórásérték, a nyári viszonylagosan nagy havi átlagos összegekhez nagy szórásintervallum tartozik. E megállapítás rendkívül fontos paramétere a variabilitásnak, azonban hangsúlyozni kell, hogy a szórás és az átlagos összegek aránya az év egyes hónapjaiban eltérő. Ennek következtében a CV-értékek évszakos változása nem azonos a szórásváltozással. A variációs koefficiens évi menetének sajátosságai következőkben vázolhatók: az év első hónapjaiban a variációs koefficiens emelkedő irányzatú, 50-60 %-ról emelkedik 70-80 %-ra, s az első maximum általában márciusban következik be. A havi összegek időbeli növekedésével a variációs koefficiens értéke csökken, s a csapadék maximuma idején (május, június) éri el a minimumot. Ezzel alakul ki a második maximum, ez azonban a legtöbb helyen alacsonyabb a júlyasi maximumnál. E szerint tehát a CV-értékek azt bizonyítják, hogy a csapadék bizonytalansági tényezője

tavasszal és nyár végén, illetve ősszel a legerőteljesebb, míg a csapadék minimuma idején télen, és a csapadék maximuma idején, tavasz végén és nyár elején egy viszonylagos stabilitás ismerhető fel. Amikor a csapadéknak a szélsőséges voltát hangoztatjuk, tehát nem lehet általánosságban beszélni annak jelentőségéről, mivel az ingadozások hajlam az év folyamán a csapadék átlagos évi menetétől függően évszakosan különbözik. A tavaszi szélsőségség nagyrészt azzal magyarázható, hogy a téli csapadékszegénység átnyúlik tavaszra, illetve a tavasz végi csapadékmáximum előrehozódik a korábbi hónapokra. Hasonlóképpen a nyár végi, őszi nagy bizonytalansági hajlam az évszakbeli átmeneti jelleggel magyarázható. A variációs koefficiensek havi értékeit a 2. táblázat mutatja be 52 állomásra vonatkozóan. Ennek alapján pontosan lehet következtetni a variációs koefficiensek területi eloszlására. Évszakokra vonatkozóan a következő vizsgálati eredményeket célszerű megemlíteni. A relatív ingadozás télen a Nagyalföldön, különösen annak északi részén, valamint a nyugati határmenti területeken a legnagyobb (45 % feletti). Tavasszal továbbra is az Alföld középső területein alakulnak ki a CV értékek legnagyobb arányai: 40 % körüli. Nyáron a CV értékek területi eloszlása eléggé homogén, néhány nyugati peremterülettől eltekintve, valamint az északi hegyvidék kivételével egységesen 25-35 % körüli. Őszi megfordul a helyzet; az Alföldön e viszonylag kis relatív variabilitás állapítható meg, míg az ország délnyugati területein alakulnak ki a nagy változékonysági értékek: 40 % felett.

*A csapadék intenzitása.* Mind a mezőgazdasági, mind pedig hidrológiai szempontból fontos kérdés, hogy az említett csapadékmennyiségek milyen részletekben jutnak el a talajfelszínre. A különböző

összegeket meghaladó csapadékos napok száma igen fontos éghajlati számérték, ugyanis azonos összegek eltérő részletekben különböző hatást fejtenek ki, egyenlőtlen hatásfokot érnek el a vízigény kielégítésében. Mezőgazdasági szempontból az 5 és 20 mm-t elérő vagy az azt meghaladó napok száma a leglényegesebb. A kis csapadékok gyakorlatilag nem jelentenek talajnedvesség-gyapadást, a nagy csapadékok - 20 mm felett - csak részben tározódnak, jelentős hányada elfolyik. A klimatológiai feldolgozások során általánosan tapasztalt, hogy az összes csapadékos napok számának (110-140) mintegy 70-78 %-a 1 mm-nél kevesebb. A 20 mm/nap értéket elérő vagy azt meghaladó napoknak a száma 3-8 % közötti (4,8 nap). Az optimálisnak tartott napi csapadék (5-20 mm/nap) az összes napoknak a Közép-Alföldön 40, a Kisalföldön és a Dunántúl középső és keleti területein 45, Dél-Nyugat-Dunántúlon pedig 60 % körüli. Más szóval Nyugat-Dunántúlon az optimálisan hasznosuló vízmennyiség átlagban 70-80 alkalommal esik le, a Közép-Dunántúlon 45-50, míg az Alföld középső területein mintegy 40 nap körüli az optimális csapadékhozamú napok száma.

*A szárazság gyakorisága és térbeli eloszlása.* A mezőgazdasági gyakorlatban nagyon fontos mérőszám a csapadék nélküli időszakok különböző tartamának gyakorisága. Az országos feldolgozás alapján főleg a tartós csapadéknélküliségek gyakorisága tekinthető mérvadónak. Általában azok az időszakok jelentenek különösebb veszélyt a növénytermesztésben, amikor a csapadéknélküliség eléri a 10 napot illetve a 15 napot. A 10-14 napig tartó csapadékmentesség a Dunántúlon 2-4 % körüli, a Közép-Alföldön pedig 5-7 % között változik tavasszal. Nyáron a záporos csapadékszerkezet folytán ezek az értékek valamivel alacsonyabbak. Ezzel viszont a %-os

arányok meghaladják a tavaszi és nyári értékeket, így a Dunántúlon a 10-14 napos csapadékmentesség 6-8 % közötti, míg az Alföld száraz középső területén ez az érték 15-20 % között váltakozik.

A rendkívüli szárazságot azok az időközök képezik, amikor a csapadéknélküliség meghaladja a 15 napot. Ebben az értékintervallumban is az ősz képezi a legnagyobb gyakoriságot, ugyanis a Nyugat-Dunántúlon a gyakorisági % 3-7 közötti, a Közép-Alföldön pedig 5-10 %. A csapadéknélküli időszakok tartamvalószínűsége függvényesített klímajelző, amely az említett alapadatok alapján állapítható meg. Az ismertetett információk a csapadék sajátosságainak legfotósabb vonásait foglalják össze, azonban ebből is megállapítható, hogy hazánkban a csapadék mind területileg, mind időbelileg egy rendkívül szélsőségesen változó éghajlati elem.

#### A párolgás.

*A potenciális párolgás éves összege.* A párolgást két értékkel szokás jellemezni, az egyik a lehetséges párolgás vagy más néven potenciális párolgás, a másik a tényleges párolgás. A lehetséges párolgás azt a vízmennyiséget fejezi ki, amely elpárologhat adott légköri állapot esetén, ha értékét a víz hiánya nem korlátozza. Évi összege hazánkban igen tág határok között változik. A Dél-Kelet-Dunántúlon, valamint a Nagyalföld déli részén a lehetséges párolgás évi összege meghaladja a 850 mm-t. A Nagyalföldön átlagban 800-850 mm-rel lehet számolni, míg a Dunántúl keleti felében ez az átlagérték 800 mm körüli, a Dél-Nyugat-Dunántúlon pedig csupán 700 mm/évre tehető az évi összeg. A hegyvidékeken az éves összeg 650 mm alatti.

*A évszakos megoszlás.* A nyári félévben a lehetséges párolgás alig kevesebb mint az éves összeg, tekintettel arra, hogy a légkörfizikai feltételek a nyári félévben

nyújtanak lehetőséget az intenzív párolgás bekövetkezéséhez.

A gyakorlatban használható jellemző számnak tekinthető a tavaszi, nyári és az őszi átlagos napi érték. A tavaszi hónapokban a levegő párologtató képessége átlagban 3 mm/nap, nyáron 5 mm/nap értékkel lehet számolni, míg ősszel 2,5 mm/nap a levegő párologtató képességének átlagértéke. Ezek az értékek természetesen az évi összeg területi arányának megfelelően módosulnak.

*A tényleges párolgás.* A tényleges párolgás Magyarországon a potenciális párolgás értéke alatt marad. Ez a jelenség elsősorban a víz hiányával jellemezhető. Számításaink szerint a tényleges klimatikus párolgás 420-550 mm/év között változik. Értelemszerűen a tényleges párolgás területi eloszlása a csapadék területi eloszlásának függvénye elsősorban, az energiaellátottság ebben más szerepet tölt be. Ez az oka, hogy a Közép-Tisza és a Dél-Tisza vidékén alakulnak ki a legalacsonyabb évi összegek, és nyugat felé haladva az összegek folyamatosan gyarapodnak és a Dél-Nyugat Dunántúlon találjuk meg a legmagasabb értékeket. A tényleges és a potenciális párolgás kora tavasszal és késő ősszel nem tér el jelentősen egymástól, de a legmagasabb hőmérsékleti időszakban, tehát a déli órákban és nyáron a tényleges párolgás a lehetséges párolgásnak mindössze 50-60 %-át teszik ki.

*A klimatikus vízhiány.* A csapadék és a levegő párologtatóképessége közötti különbség az ún. klimatikus vízhiány. A klimatikus vízhiány körülbelül 500 mm/év a Közép-Duna-Tisza közén, Közép-Tisza vidékén és a Hármas Körösök táján. E területen tervezhető elsősorban a vízhiányt jól elviselő növények termesztése, illetve e területen válik leginkább szükségessé az öntözés. A Nagyalföldön átlagban 250 mm-es évi vízhiánnyal lehet számolni és csupán a

Dunántúl dél-nyugati határterületein túlnik el a különbség a csapadék és a lehetséges párolgás között, sőt egyes területeken a csapadék meghaladja a lehetséges párolgást.

|       |      |
|-------|------|
| H+CS+ | 16 % |
| H-CS- | 25 % |
|       | 41 % |
| H+CS- | 34 % |
| H-CS+ | 25 % |
|       | 59 % |

**A több dimenziós klímaanalízis**

A több dimenziós klímaanalízis szükségessége abból származik, hogy egyes időjárási elemek között valószínűségi összefüggés áll fenn. A több dimenziós klímaanalízist 2, illetve 3 elem között szokás elvégezni. Ez alkalommal csupán a hőmérséklet és a csapadék kapcsolatára kell utalnunk. A hőmérséklet és a csapadék közötti kapcsolat hosszú idősorok alapján számítva szignifikáns összefüggést mutat, olyan formában, hogy a hőmérséklet emelkedésével a csapadék csökken, vagyis negatív korreláció áll fenn közöttük. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy 16 megfigyelőhely 60 éves sorozata szerint a nyári félévben statisztikailag szignifikáns negatív összefüggés áll fenn a két változó között. A korrelációs együtthatók nagysága a véletlen határa körül ingadoznak, tehát sajátos földrajzi eloszlást az együtthatók nem mutatnak. E megállapításból következően a különböző hónapok, a hőmérsékleti és csapadékösszegekben kimutatható eltéréseik alapján jól kategorizálhatók:

- a) átlag feletti hőmérséklet + átlag feletti csapadék: H+CS+
- b) átlag alatti hőmérséklet + átlag alatti csapadék: H-CS-
- c) átlag feletti hőmérséklet + átlag alatti csapadék: H+CS-
- d) átlag alatti hőmérséklet + átlag feletti csapadék: H-CS+

Az eltérések alapján elvégezve a hónapok csoportosítását, a nyári félév hónapjait tekintve a következő általános arányokhoz jutunk:

A fenti arányszámok közül a H+CS-típus jelentőségét kell kiemelnünk viszonylag nagy gyakorisága miatt. E típus egyenletes eloszlás esetén közelítően minden 3. hónapban bekövetkezik, ami hazánk éghajlatának szárazsági hajlamát bizonyítja. Ezek az arányszámok helyről helyre változnak, ahogyan azt a 3. táblázat adatai bizonyítják. A 3. táblázat tartalmazza a H-CS+ variációt is, amelynél már az ideális arány, vagyis a közel 25 %-os gyakoriság állapítható meg. Ahogy a fenti átlagok mutatják, a legkisebb gyakoriság a H+CS+ variáns, vagyis az átlag feletti hőmérséklet és az átlag feletti csapadék kifejezésére szolgál. E variáns átlaga csupán 16 %, amely végeredményben a szántóföldi növénytermesztés szempontjából kedvező klimatikus feltételeket jelent, amennyiben a hőmérséklet és a csapadék nem tartozik a szélsőségesen magas kategóriába.

A mezőgazdasági termelés szempontjából olyan elemzésre van szükség, amelyből számszerűen rekonstruálhatók az ökológiai feltételek. E megfontolásból kiindulva dolgoztuk ki a száraz és a csapadékos, valamint a meleg és hűvös jelleg határértékeit a főbb növények terméseredményei alapján. A 4/a-d. táblázatok foglalják össze havonként azokat a hőmérsékleti és csapadék határértékeket, amelyek ökológiai szempontból szélsőségesnek nevezhetők, így végül további 4 variáns képzésére nyílt lehetőség, és ezek az alábbiak:

- szélsőségesen meleg, szélsőségesen száraz,
- szélsőségesen hűvös, szélsőségesen száraz,

szélsőségesen meleg, szélsőségesen csapadékos,  
szélsőségesen hűvös, szélsőségesen csapadékos.

E variánsok havonkénti gyakoriságát a már említett 4. táblázatok illusztrálják.

Az 5. táblázatból megállapítható, hogy a Dunántúl dél-nyugati területein a csapadékkal együttjáró lehülés típusának gyakorisága van túlsúlyban és ez okozza a szélsőségeknek a leggyakoribb voltát. A Dunától keletre fekvő területeken a száraz meleg variánsok vannak túlsúlyban. Magyarországon a szélsőségek jellege eltérő; Nyugat-Dunántúlon alacsony hőmérsékletű és nagy csapadéku szélsőségek, míg a Nagyalföldön magas hőmérsékletű kis csapadéku szélsőségek a jellemzőek. E lényeges megállapítást egyéb klimatográfiai leírások és feldolgozások nem tartalmazzák. Ennek a jellegbeli különbsége rendkívül nagy, ugyanis nem csak a fajtamegválasztás körülményei, hanem vetésterületi arány, valamint termesztéstechnológiai következményeinek is lennie kell.

## 2. A VÁRHATÓ IDŐJÁRÁSI VÁLTOZÁSOK ÉRTÉKELÉSE

Mivel az időjárás meghatározó jelentőségű a növénytermelésben, a 21. századi agrár-előrejelzés elkészítésénél a klímaváltozásokkal kapcsolatos jelzésekre különös figyelmet kell szentelnünk.

### A klímaváltozások megbízhatósága

A klímaváltozások előrejelzésének pontossága és megbízhatósága sem globális sem hazai viszonylatban nem engedi meg messzemenő következtetések levonását a várható változások mezőgazdasági hatásaira vonatkozólag (OMSZ, KTM 1991). Az előrejelzésekben sok az intuitív elem. A klímaváltozásra épülő becslési fel-

adatokat nem végezhetjük nagyobb biztonsággal, mint az alapul szolgáló klimatikus előrejelzések konfidenciája. Mivel azonban a klimatológusok többsége hasonló irányú globális tendenciákat jelez, szükséges, hogy a különböző scenáriókra végiggondoljuk a lehetséges mezőgazdasági reakciókat.

### A globális és helyi változások

*Schneider és munkatársai* (1983) összegyűjtötték az előrejelzéseket a hőmérséklet, a tenger-szint, a csapadék, a sugárzás, az evapotranszspiráció, a talajnedvesség a lefolyás és az erős viharok várható változásaira nézve (6. táblázat). Látható a táblázatból, hogy a globális és a helyi előrejelzések gyakran ellentmondóak. A várható helyi változások amplitúdói nagyobbak sőt irányuk ellentétes is lehet a várt globális változásokkal. A szezonális változásában a szerzők egyetértenek.

*Fiering és munkatársai* (1983) a döntéshozással foglalkoznak bizonytalanság esetén. A klímaváltozással kapcsolatos előrejelzések 10 területét bizonytalanság szempontjából rangsorolták (7. táblázat). A széndioxid tartalom növekedése a legbiztosabb változás, ezt követi a globális hőmérséklet emelkedés; a csapadék változása sokkal inkább spekulatív.

A széndioxid tartalom növekedésének vizsgálatánál a CO<sub>2</sub> szint megduplázódását és annak hatását szokták elemezni. A C<sub>3</sub>-as növények (kismagvasok, hüvelyesek, gyökérnövények, fák) élénkebben reagálnak a CO<sub>2</sub> szint megduplázódására, mint a C<sub>4</sub>-es növények (kukorica, köles és más trópusi fűfélék). A C<sub>3</sub>-as növények termése változatlan egyéb körülmények mellett elméletileg 34 %-kal emelkedne (plusz-minusz 6 %, 95 %-os konfidencia mellett), míg a C<sub>4</sub>-esek csak 14 %-kal (plusz-minusz 11 %), mivel az utóbbiak eleve gazdaságosabban hasznosítják a széndioxidot

(Kimball és mtsa 1983). A CO<sub>2</sub>-szint növekedése nagyobb levél - és gyökérfelület növekedést, következésképpen nagyobb transpirációs és vízfelvételi képességet eredményez.

#### A várható változások Magyarországon

A magyarországi időjárás utóbbi évtizedeinek tendenciája összehasonlítva a 100 éves változásokkal mind a hőmérsékletet, mind a csapadékot illetően az átlag alatt marad (Harnos 1993). Az idézett anyagból származó két ábra alapján (1. és a 2. ábra) a következő két következtetésre hívjuk fel a figyelmet:

1. a helyi változások hőmérséklet és csapadék változások tekintetében is a globálissal ellentétes irányúak, és

2. a grafikonok bizonyítalan hatást keltenek tekintetben, hogy ez a tendencia folytatódni fog-e, illetve, hogy hasonló ingadozások a nem történtek-e korábban is, amikor az emberi tevékenység alacsonyabb szinten volt.

Ha a klimatikus aszály kritériumaként elfogadjuk a lehullott csapadéknak a 100 éves átlagtól való eltérését, akkor a század második felében a téli aszályok gyakoriságának növekedése az Alföldön és az aszályos évek számának gyakorisága (Keszthely és Mosonmagyaróvár kivételével) minden állomáson megállapítható. Az egymást követő aszályos telek gyakorisága is gyarapodott, míg az egymást követő aszályos nyarak gyakorisága csökkent.

Másik jellemző változás a rendellenes ill. szélsőséges jelleg gyakoriságának emelkedése. Növekedett az egymást követő nagyon száraz illetve az egymást követő túl nedves hónapok gyakorisága.

### 3. AZ IDŐJÁRÁS ÉS A TALAJ KÖLCSÖNHATÁS

A talaj az agrártermelés legstabilabb tényezője. Az időjárás és az agrotechnika gyorsan változó hatásait felfogja, tompítja, felhalmozza, részben átalakítja és közvetíti a növények, állatok illetve az ember felé. Ez a köztes jellege és látszólagos változatlansága a felületes szemléllő előtt elfedi jelentőségét. Az időjárás változása részben közvetlenül érinti a növényzetet, mint például ha megváltozik a napsugárzás mennyisége illetve spektrális összetétele. A legtöbb időjárási változás a növényzetre a talajon keresztül fejt ki hatását. Elég arra utalni, hogy főként a talaj köti meg a hősugarakat és melegíti fel az atmoszférát, továbbá a talajtól függ, hogy mennyi víz folyik le a folyókba vagy a talajvizekbe illetve, hogy mennyi tározódik a növényi gyökerek részére. Mindezek a megoszlások nagyon eltérők a talaj kategóriák között. A 3. fejezetben ezért azt vizsgáljuk meg, hogy miként módosítják a talaj különböző tulajdonságai az időjárás várható változásait.

A talaj az ember környezetének illetve az agrártermelésnek helyileg legállandóbb eleme. A levegő, a víz és a bioszféra tagjai könnyebben helyet változhatnak, ezért ezek megváltozása rövidebb távon regenerálódhat, pl. a forrás változása révén. A talaj megváltozása azonban a környezetet maradón nyomot hagy, regenerálódásához geológiai idők illetve drasztikus beavatkozások kellenek. Fontos tehát megvizsgálnunk a várható időjárás-változás talajformáló hatásait. A 3. fejezetben ezért végigvesszük azokat a várható változásokat, melyeket az előrejelzett klimatikus eltolódások válthatnak ki.

#### A talaj módosítja az időjárás-változás hatását

Az időjárás változása rövid távon nem tudja megváltoztatni a talaj tulajdonsága-

it, de fordítva a talaj tulajdonságai rövid távon is módosítják az időjárás változásának hatásait. Természetesen hosszú távon maga a talaj is változik az eltérő talajgenetikai feltételek következtében. A megváltozott talaj azután ismét más módon befolyásolja az időjárásnak a mezőgazdasági termelésre kifejtett hatását. Ebben a szakaszban a rövid távú kapcsolattal a következőben a hosszú távúval foglalkozunk.

#### Az időjárás közvetlen és közvetett hatásai

A legtöbb éghajlati változás a növényzetre a talajon keresztül fejt ki hatását. A rendszer bonyolultságát szemlélteti, hogy még a fent példaként említett ún. "közvetlenül ható" időjárási változás sem hat függetlenül a talaj tulajdonságaitól: a besugárzás nem csak a növényre hat, mennyiségének fokozódása esetén pl. a felmelegedés és a fokozott száradás hatására a felszín porosabb lesz, a por szél által könnyen a levelekre kerülhet, mely a fénymegkötést csökkenti. A porosodás mértéke nagymértékben függ a talaj szöveti és szerkezeti összetételétől. Ugyanakkor a talaj gyakoribb kiszáradása következtében a talaj albedója vagyis a visszaverés emelkedik, így a talaj megváltozása a légköri felmelegedést lassítja.

#### A széndioxid-koncentráció növekedésének módosulásai

Amint a fenti *Fiering* idézetben bemutattuk a várható légköri változások közül legbiztosabb a CO<sub>2</sub>-szint emelkedése. Az ezzel együtt prognosztizált zöld- és gyökértömeg növekedés következtében a talaj gyorsabban kiszárad (változtatlan hő- és vízellátottságot feltéve), így várhatólag megszűnik a széndioxid pozitív hatása és marad csak az üvegház hatás fokozódása.

Ha melegedést is feltételezünk, akkor kezdetben a talaj mikroorganizmusai intenzívebb CO<sub>2</sub>-termelésükkel tovább fo-

kozzák a légkör széndioxid gyarapodásának mértékét, de csak pótlólagos vízellátás mellett képzelhető el a teljesen pozitív hatás. Egyébként csak a fenti folyamat gyorsulása valószínű.

A fentiek mellé még csapadék csökkenést feltételezve a CO<sub>2</sub> serkentő hatása már nem is tud kifejlődni illetve legjobb esetben a kétirányú hatás kiegyenlítheti egymást a növényi produkcióban.

A fenti feltételeket nagymértékben befolyásolják a talajok vízgazdálkodási tulajdonságai és szervesanyag viszonyaik. Jó vízellátottság esetén ugyanis a talaj nem szárad ki, így a CO<sub>2</sub>-szint emelkedése valóban a várt termés növekedéssel jár majd. Hazánkban ilyen feltételek csak a csapadékosabb délnyugati határszéleken és a felszín közeli (jó minőségű) talajvízzel rendelkező talajok esetében várható. Melegedéssel és fokozott transzspirációval azonban a talajvízszint csökkenése jár együtt, mely viszonylag rövid idő alatt megszüntetheti ezen területek a helyzeti előnyét.

Ha folytatódik Magyarországon az aszály gyakoriságának növekedése, akkor a CO<sub>2</sub>-gyarapodásnak a növényekre gyakorolt pozitív hatását elnyomja a szárazság negatív hatása.

#### A talaj módosítja a hőmérséklet változás hatását

Itt mindkét scenáriót meg kell vizsgálnunk: egyrészt, ha az eddigi hazai lehűlési periódus (*Harnos* 1993) folytatódik, és ha a globális melegedés helyileg is megjelenik.

Az egyes talajtípusok eltérően módosítják ezeket. Az úgynevezett meleg talajok (homokon és mészkövön kialakult talajok) a felmelegedés hatását felfokozzák, míg a hűlésre is érzékenyebben reagálnak. A vizet kevésbé tárolják, ezért a visszatartott kevesebb víz megmaradása vagy gyors



sabb elvesztése a vegetáción hamarabb okoz látható illetve gazdaságilag mérhető változásokat. Ilyen területek a Duna-Tisza közti homokhát, a nyírségi és somogyi homok területek valamint a Tétényi fennsík és mészkő-hegységeink mezőgazdaságilag hasznosított előterei.

Az itt említett talajoknál némiképp enyhíti a felmelegedést a talaj színe illetve nagy albedó értéke. A kötöttebb illetve humuszban gazdagabb ezért sötétebb talajokon is igaz, hogy szárazabban a talaj világosabb színe miatt nagyobb a visszaverés, mely kissé lassítja a felmelegedés folyamatát.

Ha a lehülési scenárió lép életbe, akkor pedig a lehülést lassítja a talaj színváltozása. A hűlés miatt a szezonban tovább marad nedves azaz sötétebb színű a talaj, mely kevésbé veri vissza a sugárzást.

#### A talaj módosítja az előrejelzett aszály-növekedést

A hazai előrejelzések szerint a csapadék csökkenni fog, így az aszály gyakorisága - változatlan technológia mellett - növekedni fog. Mértéke azonban a talaj tulajdonságaitól is függ.

Ha a jelzett "téli aszály" vagy helyesebben téli szárazság tendenciája, az a könnyű talajokon nem érezteti hatását, mert azok úgysem tudnak nagyobb mennyiségű vizet tárolni. Ezért inkább a nagyobb kiterjedésű löszön kialakult mezősegi talajok és erdőtalajok lesznek jobban kitéve a változásnak a "normális" viszonyokhoz, mert nem telítődnek vízkapacitásig, ahogy ezt már kénytelenek voltunk éveken át regisztrálni. A tárolt víz tekintetében tehát szűkül a különbség a homok és vályog talajok között.

Az agyag talajok esetében még a vízbefogadás is probléma. Különösen ha a szélsőséges csapadék intenzitás gyakoribbá válik. Agyagos talajokon gyakoribb lesz a

vízállás illetve megnövekszik a lefolyás a beszivárgással szemben. Ebben az esetben a tárolt hasznos vízkészlet várható csökkenésével még fokozottabban kell számolnunk, mint az előző két talajfizikai csoport esetében.

Ha a téli félév melegedésének tendenciája folytatódik az egy kicsit enyhítheti a téli szárazságot. A hó részletekben elolvad, a talaj csak ritkán fagyott és a lehullott csapadék a talajba kerül és nem a felszíni vizekbe. Ennek a mértékét meghatározandó részletesebb számításokra volna szükség.

A szélsőségeknek az a várható tendenciája, hogy a túl száraz és a túl nedves hónapok gyakorisága nő, elősegíti a nitrogén mineralizációját és a nitrát bemosódását a talajvízbe. Amennyiben a túl nedves hónap egyúttal nem az egész hónapra, hanem egy-egy zivatar intenzitású esőzésre utal, mely mellett saját megfigyeléseink is tanuskodnak, akkor a túl nedves megnevezés a kötöttebb talajainkon már nem is jogos, hiszen a zivatar főként lefolyásban jelentkezik és nem a talajnedvességben. Csak a nagy vízbefogadó képességű talajok nedvesednek át ilyen esetekben. Ezért a nyári félévben az intenzív esőzések a talajok fizikai féleségei között növelik az amúgyis fennálló különbségeket. Ilyen értelemben a csapadék adatokat meg kell szűrünk, hogy ne keressünk összefüggéseket a csapadék mennyisége és a termés között.

A jó vízbefogadó képességű talajaink (barna erdőtalajaink és csernozjom jellegű talajaink nagyobb része) ki van téve még egy jelenségnek a zivataros időjárás fokozódása következtében. A szervetlen nitrogénnel jól ellátott táblákon a nitrát-szint gyors lecsökkenése jelentős stressz reakciót vált ki. Kukoricában, búzában, gyümölcsösben is bebizonyosodott (Kovács 1982, 1983), hogy száraz időszak közepette bekövetkező intenzív esőzés minden eset-

ben növekedési stressz reakciót váltott ki, s ha ez a virágzást megelőző napokban, hetekben történt a termés jelentősen csökkent. A nitrát koncentráció hirtelen csökkenése a gyökérzet gyors növelést indukálta a stressz reakcióban. Megnőtt a vízfelvétel és a zivatar okozta vízbőség hamarosan megszűnt, sőt a 7-8 mm/nap intenzitású párologtatás és a pótlólagos vízpótlás hiányában a talaj jobban kiszáradt, mint korábban. Így fordulhatott elő, hogy a csapadék szárazságban is káros volt és végsősoron az aszály mélyüléséhez vezetett (3. ábra).

#### Az időjárás-változás módosítja a talajtulajdonságokat

Várallyay (1990) összefoglalta a hőmérséklet és csapadék scenáriók hatásának rendszerét a talaj vízgazdálkodására, az erózióra, a talaj szöveti differenciálódására és a szervesanyag gazdálkodására. Táblázatokban mutatta be a talaj tulajdonságok változékonyságának időbeli kategóriáit.

a) A talajnak a mezőgazdasági termelést befolyásoló tulajdonságai közül a *legfontosabbak a talaj vízgazdálkodásával* függenek össze. Hazánkban a szárazságra való hajlam miatt ez a megállapítás különösen igaz. A várható klímaváltozások a vízgazdálkodás szerepét tovább erősítik.

A hőmérséklet emelkedése esetére az evapotranszpiráció növekedésére lehet számítani egészen addig a pontig, amíg a növényzet már károsodik az aszály miatt. A lefolyás, a beszivárgás és a tárolt víz mennyisége csökken, a talajvízszint süllyed. A fagyos napok száma csökken, a téli időszakban a beszivárgás, sómozgás lehetősége nő.

A csapadék mennyiségének csökkenésére szintén csökken a lefolyás, a beszivárgás és a tárolt víz mennyisége és a talajvízszint süllyed és növekszik a potenciális evapotranszpiráció.

Ha ezek a folyamatok tartósak, akkor a talajképződést már mérhetően befolyásolják. Először szerkezetromlás, porosodás majd a gyengébb életfeltételek miatt a gyökerek, giliszták által biztosított pórusok hiánya, a vízáteresztés gyengülése, a sűrűség fokozódása lesz mérhető. Majd a víztároló képesség is csökken.

b) A felmelegedéssel (elegendő nedvesség mellett) a talaj-légzés illetve a CO<sub>2</sub>-termelés fokozódik és a *talaj szervesanyagai gyorsabban és nagyobb mértékben lebomlanak*. Csökken a talaj humusz tartalma, ezzel puffer-kapacitása, víz- és tápanyagtároló képessége. Ugyanakkor nagyobb biomassza termelődést feltételezve az egyensúly fennmarad.

A csapadék várható csökkenése esetén azonban a biomassza termelés fokozódása elmarad. Van egy talajnedvesség tartomány, mely még a mikrobáknak elegendő, de a növényeknek nem, ebben a tartományban a csapadék csökkenése erősíti a lebomlási folyamatokat. Erősebb kiszáradás esetén a talajok szinte konzervált állapotban tartják meg szerves anyagaikat.

c) *A talajtermékenység* amennyiben a vízgazdálkodás és a szervesanyag gazdálkodás függvénye, annyiban már a fentiekből következő változásoknak van kitéve. Trágyázással kompenzálni lehet és kell a szárazság hatását, de a trágyázás lehetőségei a kompenzációban korlátozottak. A vízmegőrzést befolyásolni lehet, de túlzott szárazság esetén olykor a szervesanyagok még negatív hatást is eredményezhetnek.

d) *Az erodálhatóság* változása várható bármilyen időjárási változásra. A vízerózió növekszik nemcsak a csapadék növekedés hatására, hanem az eloszlás egyenetlenségeinek növekedése következtében is. A szárazság fokozódásával a növényi takarás csökken, így a talaj kitétsége növekszik az intenzív esőzések ideje alatt.

A *szélerózió* a szárazsággal együtt fokozódik. Ennek oka egyrészt a talaj kisebb ellenállása, másrészt a növényi fedettség csökkenése.

A *talajszerkezet* a szárazság fokozódásával porosodásnak van kitéve. A kisebb elsődleges produkciót okozó scenáriók esetén a szerves anyagok mennyiségének csökkenése miatt a megújuló talajszerkezet-képzés romlik.

A *szikesedés* feltételei a talajvízszint süllyedésével változnak. Ha a kritikus szint alá csökken a talajvízszint, a sók felfelé mozgása a talajvízből a gyökérzónába lelassulhat illetve megszűnhet. Addig azonban a hőmérséklet növekedése következtében a sófelhalmozódás intenzitása növekedni fog.

A *savas esők* gyakoriságát csökkenti a kevesebb eső, de a levegőbe kerülő savas anyagok nagyobb távolságra képesek eljutni egy ilyen esetben. Így az eloszlásuk a talaj felszínén talán egyenletesebb lehet. Az erdők produktivitása a felmelegedés hatására fokozódik, mely remélhetőleg kissé ellensúlyozza a savas esők hatását a talajra. A témában *Martin (1989)* cikke tartalmaz globális léptékű eligazítást.

#### 4. A TERMESZTÉSI ÉVTÍPUSOK ELEMZÉSE

Az évjáratok hatása a mezőgazdasági termelésben - azon belül különösen a kertészeti ágazatában - nagy bizonytalanságot okoz az egész mezőgazdasági vertikum működésében és a profit egész termelésében. Ha a 21. század agrártermelését meg akarjuk alapozni az évjárat hatást kell kisebbé tenni ezzel a termelési kockázatokat csökkenteni. Ha tekintetbe vesszük a fentiekben tárgyalt aszály gyakorisági tendenciákat, akkor fokozott figyelemmel kell lennünk az évjáratok ökológiai-termesz-

téstechnológiai összefüggéseire. Amint a koncepcióban is kiemeltük, minden a 21. század elején várható időjárási és természeti évtípus előfordult már a magyar kutatók által regisztrált időszakban. Tehát ezeket kell jobban megismernünk, a mai és várható viszonyaink alapján újra értékelnünk, hogy az esetleges változásokra felkészülhessünk. Ennek érdekében kategorizáltuk az évjáratokat a termés, a vízellátás és a hőmérséklet kombinációi szerint.

##### Az időjárási elemek eloszlási viszonyainak hatása a termésre

A 4. ábrán először az évjáratok közötti eltérések dimenzióit szemlélítettük. Látható, hogy a növénytermelésünket jellemző nagy termé ingadozásban közvetlenül és közvetve domináló szerepe van a vízellátásnak, elsősorban a csapadék szélsőségesen változó mennyiségének és eloszlásának. Adott tájban, Gödöllőn, erős kultúrhatású vályogos homoktalajon az egyes évek időjárásától függően a paradicsom termése az időjárástól függően széles határok között ingadozott. Ebben a csapadék mennyiségének és megoszlásának fontosságát jól jellemzi, hogy a kedvező időpontban egyszeri, illetve a növény feltételezett vízigénye alapján végzett rendszeres öntözés jelentősen megváltoztatta a sokéves termésátlagot, befolyásolta a termés ingadozását. A legszélsőségesebb években a termések mindhárom kezelésben nagyjából azonos szinten maradtak. A vízellátás javulásával egyre jobban a nagy termések szintjéhez közeledtek (lásd: 8. táblázat).

Az időjárás típusa szempontjából vizsgálva az egyes éveket, azokból négy csoportot képeztünk. Ezekben a paradicsom természetes vízellátottsága mellett, vele összefüggésben a sugárzást és a hőmérsékletet vettük figyelembe. Az eredményekből kitűnően az adott hely viszonyai között a potenciális *termés kialakulását rövid*

vagy tartós vízhiány az évek 72 %-ában korlátozta. Optimális, vagy azt közelítő vízellátottság 14 %-ban alakult ki, és ugyanilyen mértékben a hőmérséklet hiánya akadályozta meg a nagy termést.

#### A növényfaj és fajta szerepe

Az időjárás - benne az egyes időjárási elemek - érvényesülése a termelés folyamán jelentősen függ a növényfaj, s benne a fajta igényeitől.

Tapasztalataink szerint a nagyobb termőképességű fajták esetében kedvezőtlen időjárási helyzetben a kisebb és nagyobb termőképességű fajta termése egy szinten van, míg a kedvezőbb körülményeket a jobb termőképességű fajta eredményesebben hasznosítja (lásd: 5. ábra).

A 9. táblázat alapján megállapítható, hogy a búza átlagos csapadék hasznosulási tényezője (csapadék/főtermék,  $\text{mm} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a legmagasabb. A 19 különböző talajú mintaterületről megállapítható, hogy a csapadék hasznosulási tényezők a nagy csapadéku területeken és a gyenge termőképességű talajokon voltak nagyok. Ez azt jelenti, hogy Dél-Nyugat-Dunántúlon egy tonna főtermékre nagy csapadékmennyiség jut, a gyenge termőképességű talajokon pedig egy tonna főtermék eléréséhez nagy csapadékmennyiség szükséges. Ez arra utal, hogy a vízhasznosulási tényező értelmezése és magyarázata talajtani és éghajlati információkat igényel. A közölt adatok alapján Magyarországra jellegzetesnek tekinthető a 150-180  $\text{mm} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  értékintervallum.

A kukorica csapadék hasznosulási tényezője a 19 mintaterületen 111  $\text{mm} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ . A jó talajtermékenységű tájakon a tényező értéke 65-85 közötti, a nagy csapadéku területeken 130-150, míg a gyenge talajtermékenységű körzetekben 120-130 érték állapítható meg 20 éves átlagban.

Lényegében hasonló kép bontakozik ki a cukorrépa esetében is. A csapadékátlag

magas értéke jelentősen növeli a tényező értékét, hasonlóképpen a talaj gyenge minősége is, viszont a jó termékenységű talajokon a tényező értéke az előzőek felére esik vissza. Az átlagérték 14  $\text{mm/t ha}^{-1}$ .

A lucernaszéna átlagos hasznosítási tényezője 97  $\text{mm} \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  a legalacsonyabb értéke pedig 60-85. A jó talajtermékenységű körzetekben, a csapadékos éghajlatú területeken a kedvezőtlen talajadottságú tájakon az átlagérték 100 fölé emelkedik.

Mind a fajkiválasztásban mind a fajta nemesítésben figyelembe kell venni a várható időjárási változások által támasztott követelményeket: szárazság- és hőtűrés, jó vízhasznosítás, nitrogén-stressz tűrés.

#### A fejlődési szakasz és a termesztés idejének a szerepe

A változékonny időjárási hatások érvényesülésénél döntő az is, hogy azok a növények mely fejlődési szakaszában és milyen mértékben érvényesülnek. A növényeknek a növekedése - fejlődése során azok változó érzékenységét kritikus fejlődési szakaszokként emlegetjük, amelyek természetesen nem ítélnélhetők meg a környezeti hatások nélkül.

Az előzőekkel is összefüggésben adott növény termelésére a termesztés ideje is döntő hatással bír. Előfordulhat, hogy az egész évben aszályos évben egy növény adott tájban és időszakban termelve öntözés nélkül is jó termést ad (6. ábra). Az 1988-as aszályos évben Gödöllőn, korai termelésben például a különböző káposztafajok rövid tenyészidejű fajtái számára korai termelésben ideális volt az időjárás (benne a csapadék mennyisége és megoszlása), amit az öntözés hatástalansága mutat. A részben ugyanezen időszakban termelt, de tenyészidejével a nyárba is benyúló tavaszi vetésű zöldbabnál a csapadékhiány, s vele együtt az öntözés hatása már erősen érvényesült, míg a nyári vetésű zöldbab kiegé-

szító vízellátása a növény fejlődési ritmusa-tól és igényétől függően kezelésként és fajtánként is eltérő termést adott.

#### A konkurens fajok szerepe

Az időjárás nemcsak a termesztett növényre, hanem a vele konkurens, azt segítő vagy korlátozó élő szervezetekre is hatással van. Közülük elsősorban a betegségek, a kártevők és a gyomok fellépésével kell számolnunk. Az időjárással sokszor erősen és gyorsan változó ökológiai feltételek ezek élettevékenységét is messzemenően befolyásolják. Visszaszorításuk feltételei sok esetben ellentétes a termesztett növény igényével. Amikor tehát a növény fejlődése során a termelési cél figyelembevételével a kedvező hatások erősítésére és a kedvezőtlenek megszüntetésére vagy legalább csökkentésére törekszünk (pl. öntözés esetén), a termesztett növényünkkel együtt élő szervezetek élettevékenységére is figyelemmel kell lennünk.

#### A termelési cél és az alkalmazkodás

A termelési idő mellett figyelembe kell venni a termelés célját, amely természetesen a termelés módjára is visszahat (például: a konzervipari célú paradicsomnál döntő a termés szárazanyagtartalma, amely az időjárástól függően másként alakul és más öntözést kíván, mint az étkezési paradicsom (7. ábra). A felhasználói igénytől (a termés tervezett mennyiségétől, minőségétől, a felhasználás idejétől, módjától) függően megszerkesztett más-más termelési technológia mellett az időjárás hatása eltérő lesz. Ezt a technológia alkalmazása (levezetése) során figyelembe kell venni.

### 5. A TERMELÉS FENNTARTHATÓSÁGA VÁLTOZÓ FELTÉTELEK MELLETT

A növény igényeihez való alkalmazkodás - a piac igényeinek megfelelően adott

társadalmi és gazdasági körülmények között - a technológia szerkesztésénél hosszú távra szükséges és lehetséges. Ehhez számolnunk kell az időjárás alakulásával, az egyes évjárat típusok előfordulásának valószínűségével. Az ennek figyelembevételével megválasztott növényfaj, fajta, termelési idő, termelési színvonal összhangban kell hogy legyen a termelő felkészültségével, az adott - hosszabb távon lehetséges technikával, üzemformával stb. Mindezek egymáshoz való aránya, hatások súlya folyamatosan változik. Ennek megfelelően kell alkalmazni, növénytermelési tudománnyá fejleszteni a mezőgazdasági termelést alapozó tudományokban ismeretké kristályosodott eredményeket. Ezt szolgálják azok a termelési tapasztalatok is, amelyek különböző helyzetekben az egyes termelési tényezők, illetve ismeretek szerepére utalnak.

A termelést befolyásoló szélsőséges időjárási helyzetek következményeinek kiküszöbölésére vagy legalább ellensúlyozására üzemi - vállalati, illetve nemzetgazdasági szinten készülhetünk fel. Ennek mértéke azonban igen sok tényezőtől függ. Így a növény igénye mellett egyebek között döntően befolyásolja azt az egységnyi területen termelt érték, a termelés intenzitása. Az öntözés esetében például a szántóföldi növényeknél 70-75, a zöldségnövényeknél 80-85 %-os csapadékvalószínűségig készülünk fel a növény kiegészítő vízellátására, míg a hajtásban a nagyobb érték és a kizárólag mesterséges vízellátás miatt ez 95-100 %-os.

A vállalati felkészülés - a termelés fejlődésének és piaci lehetőségeinek figyelembevételével, az esetleg bekövetkező időjárásváltozást is tekintetbe véve - sokéves átlagra valószínűsíthető meg. Az egyes ágazatokban és a növénynél adott évben ezen a bázison tudjuk végrehajtani a termelési technológiát.

## 6. A NÖVÉNYTERMESZTÉSI MODELLEZÉS

A 21. századi helyzet előrejelzéséhez sokféle tényező változásait párhuzamosan kell figyelembe vennünk. Az időjárás önmagában is rendkívül bonyolult rendszer, ezért előrejelzésére az összes fontos tényező változásait egyszerre figyelembe vevő modelleket használnak. Ezek megoldására a modern számítástechnika lehetőséget nyújt. Az időjárás /talaj/növény/agrotechnika rendszer változásainak, például a termésnek az előrejelzése méginkább feltételezi a rendszer-modellezést illetve a számítógépes megközelítést. A rendszer modellek a növénytermesztés és más agrár területen is elterjedtek. Jelenleg kétféle becslési eljárás-típus gyakori: a statisztikai és a szimulációs modellezés.

### A statisztikai modellezés

A statisztikai modell megalkotásához a helyileg ható fontos tényezők és a célváltozók minél több megfigyelése alapján soktényezős regresszióanalízis illetve más összefüggés vizsgálat szükséges. A modell lehet determinisztikus vagy sztochasztikus. Utóbbi már a gyakoriságokkal is bánti tud, így becsülhető egyes események bekövetkezésének valószínűsége is. A statisztikus megközelítés hátránya, hogy ok okozati kapcsolatokkal és a jelenségek lefolyásával nem foglalkozik és csak a vizsgált helyre és viszonyokra igaz. Előnye, hogy kevesebb előzetes ismerettel elkészíthető, ha ugyanarra a helyre, ugyanazon feltételekre használjuk, sokáig nagyobb pontosság elérhető, mint a szimulációs modellekkel.

*Termésbecslés időjárás adatokból.* Az időjárás hatások számszerű kifejezésére igen sokféle módszer áll rendelkezésre. Tekintettel arra, hogy a termés nagysága mint függő változó és a különböző időjárási elemek mint független változó között valószínűségi összefüggés áll fenn, ezért

az időjárás hatás kifejezésére jól használhatók azok a stochasztikus modellek, amelyek adott időszakra leírják a változók közötti kapcsolat számszerűsített alakját a különböző független változókra vonatkozóan. E vizsgálatok céljából kidolgozást nyert egy olyan stochasztikus modell, amely figyelembe veszi az időjárás hatásokat, a terméseket és a talajtermékenységet. A modell tesztelését négy növényre végeztük el. A 10. táblázatban 13 térséget hasonlítottunk össze. A termésbecslést az említett statisztikai modell segítségével végeztük. A táblázat a mért és számított termések korrelációs együtthatóit tartalmazza. A különböző növények termésének becslése azonos modell segítségével eltérő paraméterekkel közelíthető. Egyelőre olyan modellel nem rendelkezünk, amellyel a termés nagy pontossággal becsülhető, a közölt termésbecslési pontosságot elfogadhatónak ítéljük.

Ha eltekintünk a talaj módosító hatásától, akkor a termés 50-90 % pontossággal becsülhető. Átlagban a becslés értéke 75-80 % pontosságú. A számított és mért értékek közötti totális korrelációs együtthatók alapján számított determinációs faktor lényegében az időjárásnak a termésre gyakorolt hatását fejezi ki. A totális korrelációs együtthatók 0.80 - 0.95 közöttiek.

A becslés a lucernaszénára vonatkoztatva tekinthető legkedvezőbbnek, mivel ott alakulnak ki a legmagasabb együtthatók, míg a kukoricánál elég nagy szórás tapasztalható. Ez utóbbi arra utal, hogy a kukorica termésének a szintjét az éghajlati adottságok mellett a talajfeltételek jelentős mértékben módosítják. Kedvezőbb képet mutat a búza, ami szerint kevésbé érzékeny az időjárás hatásokkal szemben, az időjárás okozta termésingadozás relatív értéke alacsonyabb, mint a kukoricánál. A legnagyobb bizonytalansági tényező a cukorrépa

gyökértermése és az időjárás elemek közötti kapcsolat az ország különböző részein a legnagyobb különbségeket mutatja.

A modell eredményekből kitűnik, hogy az alföldi mintakörzetekben a minden növény csapadék együtthatói általában magasabb súllyal szerepelnek, mint a hőmérsékleté, a Dunántól csapadékban gazdagabb területein viszont a hőmérsékleti tényezők játszó a fontosabb szerepet. Ez egybehangzik más kutatók által végzett regressziós analízis eredményeivel.

#### A szimulációs modellezés

A szimulációs modell a folyamatok időbeli lefolyását írja le aszerint, hogy miből mi lesz, minek a hatására és milyen gyorsan. Ez is lehet determinisztikus vagy sztochasztikus. Hátránya, hogy több előzetes ismeretet feltételez a rendszerről. Előnye, hogy rugalmasabb és az új ismeretekkel folyamatosan bővíthető.

Ismertek az úgynevezett crop modellek. Az egyik ilyen szimulációs modell a Magyarországon is sokak által ismert CERES és GRO modell család (vagy más néven az IBSNAT modellek). Kukoricára és búzára már hazai viszonyokra adaptálva vannak, de rendelkezésre áll a szója, árpa, cirok, köles, bab, napraforgó modell is. Előkészületben van magyar közreműködéssel a borsó modell. Ezek hasonló adatigénnyel, azonos időjárás és talaj rutinokkal, eltérő növényi rutinokkal és hasonló eredmény formátummal rendelkeznek. A termés beclésen kívül a talaj és növény nedvesség és nitrogén forgalmát, a fejlődést és növekedést is le lehet kérdezni napi léptékben.

Különösen hosszú távú előrejelzésekénél, a különböző scenáriók lejátszásában az eddigi ismereteknek a jövőre vagy más területekre való kiterjesztésében hasznosak a szimulációs modellek.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) *Cselőtei L.* 1987: A meteorológia szerepe a mezőgazdaságban. *Időjárás*, 91. évf. 2-3. sz. 60-70. -
- (2) *Cselőtei L.* 1992: Az aszályról a kertészetben. *Kertgazdaság*, XXIV. évf. 3.sz. - (3) *Fiering M.B. and N.C. Matalas* 1983: Decision-Making under Uncertainty. In: *Climate Change and U.S. Water Resources* Ed: P.E. Waggoner, WILEY-Interscience Publ. New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore pp. 75-84. - (4) *Györfly B. és Sváb J.* 1983: Az 1983-as évi termesztés táblasoros aszályelemzése In: *Aszály 1983*. Szerk: Baráth Cs., Györfly B., Harnos Zs. OTKA - AKAPRINT Budapest - (5) *Harnos Zs.* 1993: Időjárás és időjárás-termés összefüggéseinek idősoros elemzése In: *Aszály 1983*. Szerk: Baráth Cs., Györfly B., Harnos Zs. OTKA- AKAPRINT Budapest - (6) *Kimball, B.A. and S.B. Idso* 1983: Increasing Atmospheric CO<sub>2</sub>: Effects on Crop Yield, Water Use, and Climate. *Agr. Water Management*. 7. 55-72. - (7) *Kovács G.J.* 1982: A kukorica víz és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofiziológiai kapcsolata. *Növénytermelés* 31.4. 355-365. - (8) *Kovács G.J.* 1983: A kukoricatermelési rendszerek talajökológiai problémái: nitrogén és vízhiány stressz. *Kandidátusi Értekezés*. MTA Budapest - (9) *Martin, H.C.* 1989: The Linkages between Climate Change and Acid Rain In: *Global Climate Change Linkages* Ed. J.C. White. Elsevier, Rochester. pp. 59-66. - (10) *Németh T., Kovács G.J., Kádár I.* 1988: A NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> és vízdoldható sók bemosódásának vizsgálat műtrágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan* Vol. 36-37 pp. 109-126. - (11) OMSZ, KTM 1991: Az éghajlat változékonysága és változása II. Szerk: Faragó T., Iványi Zs., Szalai S. OMSZ, Budapest - (12) *Schneider S.H., P.H. Gleick and L.O. Mearns* 1983: Prospects for Climate Change. In *Climate Change and U.S. Water Resources* Ed: P.E. Waggoner, WILEY-Interscience Publ. New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore pp. 41-73. - (13) *Várallyay Gy.* 1990: Influence of climatic change on soil moisture regime, structure and erosion. In: *Soils on a Warmer Earth* Ed: Scharpenseel, H.W. - Schomaker M. - Ayoub A. ELSEVIER Amsterdam - Oxford - New York - Tokio. - (14) *Varga Gy.* 1989: Az 1988. évi aszály hatása néhány zöldségfajra - fajtára. *Aszály, ÖKI, Szarvas*, 56-62. - (15) *Varga Gy.* 1983: A vízellátás hatása a paradicsom termésére. *Kertgazdaság*, XV. évf. 1.sz. 11-20. p.

## 1. táblázat

A havi abszolút maximumok és minimumok közötti különbség

|              | I.   | II.  | III. | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  | X.   | XI.  | XII. |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Baja         | 23,4 | 25,9 | 25,7 | 25,4 | 25,1 | 24,2 | 25,3 | 24,6  | 26,8 | 26,1 | 22,9 | 21,9 |
| Békés.csaba  | 22,8 | 24,0 | 25,7 | 26,1 | 25,9 | 25,3 | 25,5 | 25,6  | 25,9 | 26,2 | 22,4 | 23,2 |
| Budapest     | 19,7 | 21,2 | 23,1 | 24,9 | 24,5 | 22,9 | 22,4 | 22,9  | 23,8 | 23,3 | 19,1 | 18,9 |
| Debrecen     | 22,9 | 23,2 | 27,0 | 27,4 | 27,4 | 26,7 | 25,3 | 27,1  | 27,4 | 26,5 | 25,2 | 24,0 |
| Kalocsa      | 21,1 | 23,6 | 25,0 | 25,3 | 24,7 | 24,2 | 24,5 | 23,7  | 25,0 | 24,7 | 22,2 | 21,4 |
| Magyaróvár   | 21,8 | 23,7 | 24,6 | 24,7 | 25,3 | 24,4 | 22,8 | 24,1  | 25,0 | 23,8 | 20,6 | 21,6 |
| Nyiregyháza  | 22,2 | 22,9 | 25,5 | 26,8 | 26,7 | 25,6 | 25,0 | 25,9  | 27,0 | 26,0 | 23,3 | 22,2 |
| Pécs         | 22,4 | 25,0 | 25,3 | 25,9 | 25,0 | 24,8 | 24,9 | 24,4  | 25,9 | 24,6 | 22,6 | 21,1 |
| Szeged       | 22,4 | 23,6 | 24,3 | 25,4 | 24,8 | 23,6 | 23,0 | 23,5  | 23,8 | 24,0 | 21,6 | 21,3 |
| Tarcal       | 21,0 | 22,3 | 24,2 | 25,4 | 24,7 | 24,1 | 23,7 | 24,7  | 25,5 | 24,4 | 21,6 | 21,1 |
| Zalaegerszeg | 23,4 | 25,0 | 25,4 | 25,6 | 25,0 | 23,4 | 23,3 | 24,0  | 24,1 | 23,8 | 21,9 | 21,2 |

(M.e.: °C)



2. táblázat

A variációs koefficiensek havi értékei (1901-50)

| Sor-<br>szám | Allomások       | Jan. | Febr. | Márc | Apr. | Máj. | Jún. | Júl. | Aug. | Szept. | Okt. | Nov. | Dec. |
|--------------|-----------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|
| 1.           | Baja            | 58   | 75    | 69   | 50   | 58   | 47   | 61   | 61   | 66     | 71   | 67   | 52   |
| 2.           | Balassagyarmat  | 61   | 67    | 73   | 54   | 52   | 59   | 55   | 72   | 68     | 70   | 61   | 55   |
| 3.           | Berettyóújfalu  | 57   | 64    | 74   | 57   | 50   | 47   | 59   | 58   | 73     | 61   | 64   | 70   |
| 4.           | Békéscsaba      | 52   | 70    | 64   | 56   | 58   | 50   | 70   | 53   | 68     | 64   | 63   | 58   |
| 5.           | Bódvarákó       | 75   | 74    | 80   | 55   | 58   | 50   | 51   | 61   | 62     | 64   | 67   | 63   |
| 6.           | Budapest        | 59   | 72    | 75   | 48   | 54   | 60   | 69   | 61   | 72     | 68   | 65   | 50   |
| 7.           | Debrecen-Pallag | 59   | 68    | 75   | 61   | 51   | 48   | 62   | 64   | 66     | 64   | 58   | 67   |
| 8.           | Dunaföldvár     | 62   | 69    | 74   | 54   | 58   | 62   | 67   | 57   | 69     | 74   | 67   | 56   |
| 9.           | Eger            | 69   | 73    | 77   | 60   | 56   | 47   | 62   | 66   | 73     | 69   | 65   | 58   |
| 10.          | Esztergom       | 59   | 60    | 79   | 47   | 52   | 53   | 61   | 57   | 69     | 69   | 59   | 47   |
| 11.          | Fegyvernek      | 63   | 63    | 78   | 62   | 57   | 58   | 71   | 58   | 70     | 80   | 65   | 70   |
| 12.          | Fehérgyarmat    | 50   | 62    | 75   | 68   | 54   | 48   | 62   | 60   | 65     | 64   | 60   | 55   |
| 13.          | Felsőbabád      | 55   | 75    | 71   | 67   | 57   | 55   | 63   | 77   | 63     | 69   | 68   | 54   |
| 14.          | Győr            | 62   | 65    | 72   | 50   | 67   | 52   | 69   | 54   | 75     | 65   | 66   | 46   |
| 15.          | Jászberény      | 64   | 67    | 77   | 71   | 68   | 56   | 80   | 67   | 76     | 72   | 70   | 64   |
| 16.          | Kalocsa         | 56   | 76    | 70   | 54   | 48   | 58   | 64   | 55   | 62     | 75   | 63   | 50   |
| 17.          | Kaposvár        | 58   | 79    | 67   | 54   | 48   | 56   | 65   | 59   | 66     | 66   | 71   | 51   |
| 18.          | Kecskemét       | 63   | 76    | 72   | 60   | 54   | 57   | 69   | 66   | 62     | 70   | 72   | 63   |
| 19.          | Keszthely       | 54   | 74    | 72   | 59   | 48   | 55   | 65   | 57   | 54     | 70   | 60   | 52   |
| 20.          | Királyhalom     | 54   | 72    | 67   | 56   | 56   | 52   | 72   | 77   | 77     | 72   | 65   | 62   |
| 21.          | Kiskunhalas     | 60   | 70    | 74   | 54   | 52   | 54   | 74   | 64   | 64     | 74   | 73   | 54   |
| 22.          | Kistelek        | 57   | 73    | 67   | 65   | 57   | 52   | 69   | 61   | 57     | 74   | 68   | 55   |
| 23.          | Kisvárd         | 54   | 57    | 68   | 58   | 54   | 46   | 61   | 64   | 68     | 71   | 59   | 59   |
| 24.          | Lilafüred       | 64   | 79    | 80   | 57   | 49   | 53   | 60   | 69   | 68     | 73   | 61   | 60   |
| 25.          | Magyaróvár      | 53   | 60    | 76   | 60   | 59   | 51   | 57   | 65   | 71     | 70   | 67   | 50   |
| 26.          | Miskolc         | 75   | 79    | 75   | 57   | 50   | 44   | 56   | 70   | 73     | 70   | 62   | 63   |
| 27.          | Mohács          | 59   | 64    | 72   | 57   | 56   | 49   | 53   | 54   | 61     | 69   | 68   | 56   |
| 28.          | Mór             | 55   | 72    | 71   | 60   | 51   | 62   | 76   | 53   | 66     | 71   | 66   | 53   |
| 29.          | Nagykanizsa     | 57   | 76    | 71   | 62   | 54   | 50   | 61   | 49   | 60     | 62   | 65   | 56   |
| 30.          | Nyíregyháza     | 56   | 64    | 74   | 55   | 54   | 47   | 56   | 54   | 68     | 64   | 58   | 60   |
| 31.          | Oroszháza       | 65   | 70    | 65   | 66   | 58   | 49   | 68   | 72   | 58     | 70   | 61   | 62   |
| 32.          | Pápa            | 57   | 66    | 73   | 55   | 62   | 54   | 68   | 55   | 60     | 64   | 62   | 53   |
| 33.          | Pécs            | 52   | 69    | 63   | 52   | 48   | 58   | 59   | 47   | 65     | 67   | 66   | 54   |
| 34.          | Putnok          | 64   | 69    | 75   | 53   | 57   | 50   | 51   | 74   | 64     | 65   | 61   | 56   |
| 35.          | Püspökladány    | 57   | 66    | 68   | 60   | 55   | 52   | 58   | 62   | 81     | 67   | 64   | 72   |
| 36.          | Salgótarján     | 66   | 72    | 79   | 50   | 47   | 61   | 53   | 58   | 61     | 74   | 62   | 54   |
| 37.          | Sopron          | 69   | 69    | 61   | 63   | 59   | 40   | 61   | 56   | 64     | 65   | 78   | 60   |
| 38.          | Szakály         | 60   | 69    | 79   | 57   | 55   | 55   | 66   | 60   | 66     | 71   | 70   | 52   |
| 39.          | Szeged          | 58   | 77    | 64   | 58   | 57   | 47   | 62   | 60   | 63     | 71   | 62   | 47   |
| 40.          | Szentes         | 61   | 71    | 66   | 71   | 56   | 48   | 74   | 59   | 59     | 70   | 61   | 59   |
| 41.          | Szentgotthárd   | 71   | 73    | 69   | 51   | 51   | 39   | 48   | 49   | 60     | 56   | 68   | 64   |
| 42.          | Székesfehérvár  | 58   | 66    | 76   | 57   | 56   | 63   | 65   | 52   | 64     | 64   | 67   | 54   |
| 43.          | Szombathely     | 67   | 79    | 82   | 56   | 56   | 47   | 46   | 51   | 58     | 62   | 66   | 67   |
| 44.          | Tarcal          | 72   | 71    | 78   | 56   | 50   | 52   | 54   | 64   | 75     | 65   | 62   | 62   |
| 45.          | Tata-Tóváros    | 49   | 61    | 78   | 51   | 50   | 56   | 64   | 56   | 74     | 68   | 61   | 48   |
| 46.          | Terény          | 65   | 71    | 78   | 57   | 56   | 71   | 54   | 71   | 69     | 72   | 64   | 60   |
| 47.          | Tihany          | 64   | 67    | 71   | 59   | 49   | 57   | 83   | 58   | 60     | 67   | 71   | 54   |
| 48.          | Tiszafüred      | 67   | 70    | 68   | 59   | 63   | 62   | 58   | 59   | 66     | 71   | 61   | 66   |
| 49.          | Túrkeve         | 53   | 70    | 69   | 56   | 59   | 48   | 65   | 65   | 70     | 72   | 58   | 67   |
| 50.          | Vilmány         | 65   | 67    | 81   | 60   | 50   | 43   | 48   | 62   | 66     | 68   | 63   | 59   |
| 51.          | Zalaegerszeg    | 59   | 75    | 71   | 54   | 58   | 44   | 62   | 61   | 60     | 65   | 69   | 60   |
| 52.          | Zirc            | 49   | 57    | 62   | 58   | 58   | 52   | 73   | 56   | 64     | 63   | 63   | 50   |

3/a. táblázat

A  $H^+Cs^-$  variáció menete a nyári félévben  
(1901-60)

|              | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  |
|--------------|------|------|------|------|-------|------|
| Magyaróvár   | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 30,0  | 35,0 |
| Zalaegerszeg | 33,3 | 35,0 | 33,3 | 36,7 | 33,3  | 30,0 |
| Nagykanizsa  | 36,7 | 35,0 | 26,7 | 40,0 | 36,7  | 38,3 |
| Kaposvár     | 38,3 | 33,3 | 31,7 | 41,7 | 33,3  | 33,3 |
| Pápa         | 40,1 | 35,0 | 30,0 | 40,0 | 30,0  | 33,3 |
| Keszthely    | 38,3 | 33,3 | 36,7 | 36,7 | 31,7  | 33,3 |
| Budapest     | 35,0 | 28,3 | 26,7 | 33,3 | 31,7  | 31,7 |
| Eger         | 33,3 | 31,7 | 26,7 | 25,0 | 33,3  | 40,0 |
| Tarcal       | 36,7 | 31,7 | 28,3 | 28,4 | 36,7  | 35,0 |
| Nyiregyháza  | 33,3 | 28,3 | 36,7 | 33,3 | 35,0  | 33,3 |
| Debrecen     | 36,7 | 25,0 | 30,0 | 25,0 | 31,7  | 31,7 |
| Túrkeve      | 33,3 | 33,3 | 28,3 | 31,7 | 31,7  | 35,0 |
| Kecskemét    | 36,7 | 35,0 | 31,7 | 33,3 | 33,3  | 33,3 |
| Szeged       | 38,3 | 31,7 | 28,3 | 43,3 | 33,3  | 30,0 |
| Királyhalom  | 38,3 | 28,3 | 28,3 | 33,3 | 40,0  | 35,0 |
| Közép        | 36,2 | 32,0 | 30,6 | 34,4 | 33,4  | 31,7 |

3/b. táblázat

A  $H^+Cs^+$  variáció menete a nyári félévben  
(1901-60)

|              | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  |
|--------------|------|------|------|------|-------|------|
| Magyaróvár   | 30,0 | 31,7 | 30,0 | 22,3 | 20,0  | 21,7 |
| Zalaegerszeg | 28,4 | 31,7 | 35,0 | 30,0 | 21,7  | 20,0 |
| Nagykanizsa  | 28,3 | 26,7 | 35,0 | 28,3 | 33,3  | 21,7 |
| Kaposvár     | 30,0 | 26,7 | 26,7 | 33,3 | 25,0  | 30,0 |
| Pápa         | 36,7 | 40,0 | 26,7 | 35,0 | 25,0  | 26,7 |
| Keszthely    | 30,0 | 31,7 | 35,0 | 30,0 | 30,0  | 25,0 |
| Budapest     | 21,7 | 30,0 | 23,3 | 26,7 | 23,3  | 26,6 |
| Eger         | 23,3 | 35,0 | 26,7 | 31,7 | 23,3  | 26,7 |
| Tarcal       | 26,6 | 20,0 | 23,3 | 40,0 | 23,3  | 26,6 |
| Nyiregyháza  | 30,0 | 28,3 | 28,3 | 28,3 | 25,0  | 26,7 |
| Debrecen     | 31,7 | 26,7 | 28,3 | 26,7 | 25,0  | 26,7 |
| Túrkeve      | 31,7 | 31,7 | 30,0 | 26,7 | 25,0  | 28,3 |
| Kecskemét    | 33,3 | 33,3 | 31,7 | 26,7 | 25,0  | 21,7 |
| Szeged       | 28,4 | 33,3 | 26,7 | 21,7 | 23,3  | 25,0 |
| Királyhalom  | 28,4 | 33,4 | 23,4 | 31,7 | 26,7  | 26,6 |
| Közép        | 29,2 | 30,7 | 28,7 | 29,3 | 25,7  | 25,3 |

3/c. táblázat

A  $H^+Cs^+$  variáció menete a nyári félévben  
(1901-60)

|              | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  |
|--------------|------|------|------|------|-------|------|
| Magyaróvár   | 15,0 | 13,3 | 15,0 | 20,0 | 15,0  | 16,6 |
| Zalaegerszeg | 18,3 | 15,0 | 15,0 | 11,7 | 15,0  | 21,7 |
| Nagykanizsa  | 10,0 | 15,0 | 11,6 | 10,0 | 11,7  | 18,3 |
| Kaposvár     | 15,0 | 13,3 | 11,6 | 8,3  | 15,0  | 11,7 |
| Pápa         | 10,0 | 10,0 | 18,3 | 10,0 | 18,3  | 20,0 |
| Keszthely    | 11,7 | 15,0 | 8,3  | 10,0 | 13,3  | 21,7 |
| Budapest     | 15,0 | 16,7 | 21,7 | 18,3 | 18,3  | 20,0 |
| Eger         | 20,0 | 11,6 | 16,6 | 16,6 | 13,3  | 11,6 |
| Tarcal       | 15,0 | 15,0 | 16,7 | 13,3 | 15,0  | 16,7 |
| Nyiregyháza  | 15,0 | 13,4 | 10,0 | 13,3 | 13,3  | 16,7 |
| Debrecen     | 11,6 | 11,6 | 18,4 | 15,0 | 13,3  | 13,3 |
| Túrkeve      | 11,7 | 13,3 | 15,0 | 11,6 | 16,6  | 10,0 |
| Kecskemét    | 8,3  | 11,7 | 16,6 | 13,3 | 13,4  | 18,3 |
| Szeged       | 10,0 | 13,3 | 18,3 | 15,0 | 20,0  | 15,0 |
| Királyhalom  | 15,0 | 13,3 | 18,3 | 16,7 | 13,3  | 16,7 |
| Közép        | 13,4 | 13,4 | 15,4 | 13,5 | 15,0  | 16,6 |

4/a. táblázat

Szélsőségesen meleg-száraz hónapok gyakorisága a nyári félévben  
(1901-60)

| Hónap                       | IV.        | V.         | VI.        | VII.       | VIII.      | IX.        |          |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| Hőmérséklet ><br>Csapadék < | 12,0<br>30 | 17,5<br>40 | 21,0<br>50 | 22,5<br>40 | 21,5<br>40 | 17,5<br>30 | C°<br>mm |
| Magyaróvár                  | 11,7       | 6,7        | 3,3        | 1,7        | 5,0        | 6,7        | %        |
| Zalaegerszeg                | 8,3        | 6,7        | -          | 3,3        | 5,0        | 5,0        | "        |
| Nagykanizsa                 | 8,3        | 6,7        | 8,3        | 16,7       | 13,3       | 11,7       | "        |
| Kaposvár                    | 8,3        | 8,3        | 10,0       | 15,0       | 13,3       | 8,3        | "        |
| Pápa                        | 13,3       | 15,0       | 6,7        | 11,7       | 13,3       | 10,0       | "        |
| Keszthely                   | 13,3       | 8,3        | 11,7       | 13,3       | 16,7       | 8,3        | "        |
| Budapest                    | 11,7       | 15,0       | 16,7       | 3,3        | 21,7       | 20,0       | "        |
| Eger                        | 10,0       | 15,0       | 5,0        | 11,7       | 13,3       | 8,3        | "        |
| Tarcal                      | 16,7       | 15,0       | 6,7        | 10,0       | 11,7       | 16,7       | "        |
| Nyiregyháza                 | 11,7       | 16,7       | 5,0        | 8,3        | 6,7        | 8,3        | "        |
| Debrecen                    | 13,3       | 15,0       | 8,3        | 10,0       | 10,0       | 13,3       | "        |
| Túrkeve                     | 15,0       | 18,3       | 10,0       | 23,3       | 28,3       | 20,0       | "        |
| Kecskemét                   | 11,7       | 13,3       | 18,3       | 20,0       | 23,3       | 11,7       | "        |
| Szeged                      | 25,0       | 15,0       | 20,0       | 31,7       | 30,0       | 26,7       | "        |
| Ásotthalom                  | 15,0       | 15,0       | 11,7       | 21,7       | 25,0       | 20,0       | "        |

4/b. táblázat

Szélsőségesen száraz-hűvös hónapok gyakorisága a nyári félévben  
(1901-60)

| Hónap         | IV. | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  |    |
|---------------|-----|------|------|------|-------|------|----|
| Hőmérséklet < | 9,5 | 15,0 | 18,5 | 20,5 | 19,5  | 15,0 | C° |
| Csapadék <    | 30  | 40   | 50   | 40   | 40    | 30   | mm |
| Magyaróvár    | 3,3 | 3,3  | 15,0 | 10,0 | 20,0  | 6,7  | %  |
| Zalaegerszeg  | -   | 1,7  | 8,3  | 1,7  | 3,3   | 5,0  | "  |
| Nagykanizsa   | -   | 1,7  | 3,3  | -    | 1,7   | 3,3  | "  |
| Kaposvár      | 3,3 | 1,7  | 3,3  | 3,3  | 3,3   | 5,0  | "  |
| Pápa          | 5,0 | 1,7  | 3,3  | 1,7  | 1,7   | 3,3  | "  |
| Keszthely     | -   | -    | 1,7  | -    | -     | 1,7  | "  |
| Budapest      | 3,3 | -    | 3,3  | 3,3  | 5,0   | 1,7  | "  |
| Eger          | 3,3 | 3,3  | 6,7  | 1,7  | 11,7  | 8,3  | "  |
| Tarcal        | 5,0 | -    | -    | 1,7  | 3,3   | 5,0  | "  |
| Nyiregyháza   | 3,3 | 8,3  | 11,7 | 1,7  | 6,7   | 6,7  | "  |
| Debrecen      | 6,7 | 1,7  | 3,3  | 5,0  | -     | 6,7  | "  |
| Túrkeve       | 5,0 | 1,7  | 5,0  | 1,7  | 1,7   | -    | "  |
| Kecskemét     | 1,7 | 1,7  | 5,0  | -    | 1,7   | 3,3  | "  |
| Szeged        | 1,7 | 1,7  | 1,7  | 3,3  | 1,7   | -    | "  |
| Ásotthalom    | 1,7 | 3,3  | 1,7  | 3,3  | -     | -    | "  |

4/c. táblázat

Szélsőségesen meleg-csapadékos hónapok gyakorisága a nyári félévben  
(1901-60)

| Hónap         | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  |    |
|---------------|------|------|------|------|-------|------|----|
| Hőmérséklet > | 12,0 | 17,5 | 21,0 | 22,5 | 21,5  | 17,5 | C° |
| Csapadék >    | 75   | 100  | 110  | 100  | 90    | 80   | mm |
| Magyaróvár    | -    | -    | -    | -    | -     | -    | %  |
| Zalaegerszeg  | 1,7  | -    | -    | -    | -     | -    | "  |
| Nagykanizsa   | -    | -    | -    | 1,7  | 3,3   | 1,7  | "  |
| Kaposvár      | 1,7  | 1,7  | -    | -    | -     | 3,3  | "  |
| Pápa          | 1,7  | 1,7  | 1,7  | 3,3  | 1,7   | 5,0  | "  |
| Keszthely     | 3,3  | 1,7  | -    | 1,7  | -     | 8,3  | "  |
| Budapest      | 1,7  | 5,0  | 1,7  | 1,7  | 3,3   | 3,3  | "  |
| Eger          | -    | 1,7  | -    | -    | 3,3   | 1,7  | "  |
| Tarcal        | 1,7  | 1,7  | -    | 1,7  | 3,3   | 5,0  | "  |
| Nyiregyháza   | 3,3  | 3,3  | -    | 3,3  | 5,0   | -    | "  |
| Debrecen      | 3,3  | 3,3  | -    | 1,7  | 1,7   | -    | "  |
| Túrkeve       | 1,7  | 3,3  | 1,7  | 1,7  | 3,3   | -    | "  |
| Kecskemét     | -    | -    | -    | -    | -     | -    | "  |
| Szeged        | -    | 1,7  | 1,7  | 5,0  | 3,3   | 1,7  | "  |
| Ásotthalom    | -    | -    | 3,3  | 1,7  | -     | -    | "  |

4/d. táblázat

Szélsőségesen hűvös-csapadékos hónapok gyakorisága a nyári félévben  
(1901-60)

| Hónap                       | IV.       | V.          | VI.         | VII.        | VIII.      | IX.        |                      |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|----------------------|
| Hőmérséklet <<br>Csapadék > | 9,5<br>75 | 15,0<br>100 | 18,5<br>110 | 20,5<br>100 | 19,5<br>90 | 15,0<br>80 | C <sup>o</sup><br>mm |
| Magyaróvár                  | 6,7       | 10,0        | 5,0         | 11,7        | 13,3       | 10,0       | %                    |
| Zalaegerszeg                | 15,0      | 16,7        | 18,3        | 23,0        | 18,3       | 11,7       | "                    |
| Nagykanizsa                 | 8,3       | 15,0        | 13,3        | 16,7        | 13,3       | 11,7       | "                    |
| Kaposvár                    | 10,0      | 16,7        | 15,0        | 15,0        | 6,7        | 11,7       | "                    |
| Pápa                        | 8,3       | 6,7         | 8,3         | 23,3        | 6,7        | 11,7       | "                    |
| Keszthely                   | 10,0      | 8,3         | 16,7        | 15,0        | 11,7       | 11,7       | "                    |
| Budapest                    | 1,7       | 6,7         | 1,7         | 1,7         | 1,7        | 8,3        | "                    |
| Eger                        | 3,3       | 3,3         | 6,7         | 3,3         | 10,0       | 10,0       | "                    |
| Tarcal                      | 1,6       | 5,0         | 8,3         | 8,3         | 5,0        | 10,0       | "                    |
| Nyíregyháza                 | 6,7       | 1,7         | 6,7         | 10,0        | 15,0       | 10,0       | "                    |
| Debrecen                    | 5,0       | 8,3         | 6,7         | 6,7         | 5,0        | 10,0       | "                    |
| Túrkeve                     | 3,3       | 6,7         | 1,7         | 1,7         | 3,3        | -          | "                    |
| Kecskemét                   | 8,3       | -           | 1,7         | -           | 3,3        | 8,3        | "                    |
| Szeged                      | 3,3       | 1,7         | -           | -           | -          | 1,7        | "                    |
| Ásotthalom                  | 5,0       | 3,3         | 1,7         | 1,7         | 5,0        | 3,3        | "                    |

5. táblázat

Hőmérséklet és csapadék szempontjából egyidejűleg szélsőségek  
összességének relatív értékei (1901-60)

| Hónap        | IV.  | V.   | VI.  | VII. | VIII. | IX.  |
|--------------|------|------|------|------|-------|------|
| Magyaróvár   | 21,7 | 20,0 | 23,3 | 23,4 | 28,3  | 23,4 |
| Zalaegerszeg | 25,0 | 25,1 | 26,6 | 28,0 | 26,6  | 21,7 |
| Nagykanizsa  | 16,6 | 23,4 | 24,9 | 35,1 | 31,6  | 28,4 |
| Kaposvár     | 23,3 | 28,4 | 28,3 | 33,3 | 23,3  | 28,3 |
| Pápa         | 28,3 | 25,1 | 20,0 | 40,0 | 23,4  | 30,0 |
| Keszthely    | 26,6 | 18,3 | 30,1 | 30,0 | 28,4  | 30,0 |
| Budapest     | 17,4 | 26,7 | 23,4 | 10,0 | 41,7  | 33,3 |
| Eger         | 16,6 | 23,3 | 18,4 | 16,7 | 38,3  | 28,3 |
| Tarcal       | 25,0 | 21,7 | 15,0 | 21,7 | 23,3  | 36,7 |
| Nyíregyháza  | 25,0 | 30,0 | 23,4 | 23,3 | 33,4  | 23,3 |
| Debrecen     | 28,3 | 28,3 | 18,3 | 23,4 | 16,7  | 30,0 |
| Túrkeve      | 25,0 | 30,0 | 18,4 | 28,4 | 36,6  | 20,0 |
| Kecskemét    | 21,7 | 15,0 | 15,0 | 25,0 | 28,3  | 23,3 |
| Szeged       | 30,0 | 20,1 | 23,4 | 40,0 | 35,0  | 30,1 |
| Ásotthalom   | 21,7 | 21,6 | 16,8 | 26,7 | 30,0  | 23,3 |

6. táblázat

## Range of Climate Changes

| Phenomena                  | Projection of Probable Global      |        | Distribution of Change |                       | Interannual <sup>b</sup> Variability | Significant Transients | Confidence of Projection |                  | Estimated Time for Research That Lead to Consensus (years) |
|----------------------------|------------------------------------|--------|------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|--|
|                            | Annual Average Change <sup>a</sup> | Global | Regional Average       | Change in Seasonality |                                      |                        | Global Average           | Regional Average |  |
|                            |                                    |        |                        |                       |                                      |                        |                          |                  |  |
| Temperature                | +2 to +5°C                         |        | -3 to +10°C            | Yes                   | Down?                                | Yes                    | High                     | Medium           | 0-5  |
| Sea level                  | +10 to +100cm <sup>c</sup>         |        | No                     | ?                     | Unlikely                             | High                   | Medium                   | 5-20             |  |
| Precipitation              | +7 to 15%                          |        | -20 to +20%            | Yes                   | Up                                   | Yes                    | High                     | Low              | 10-50  |
| Direct solar radiation     | -10 to +10%                        |        | -30 to 30%             | Yes                   | ?                                    | Possible               | Low                      | Low              | 10-50  |
| Evapotranspiration         | +5 to 10%                          |        | -10 to +10%            | Yes?                  | Possible                             | High Low               | 10-50                    |                  |  |
| Soil moisture              | ???                                |        | -50 to +50%            | Yes                   | ?                                    | Yes                    | ?                        | Medium           | 10-50  |
| Runoff                     | Increase                           |        | -50 to +50%            | Yes                   | ?                                    | Yes                    | Medium                   | Low              | 10-50  |
| Severe storms <sup>e</sup> | ?                                  |        | ?                      | ?                     | ?                                    | Yes                    | ?                        | ?                | 10-50  |

<sup>a</sup> For an "equivalent doubling" of atmospheric CO<sub>2</sub> from the preindustrial level. These are equilibrium values, neglecting transient delays and adjustments.

<sup>b</sup> Inferences based on preliminary results for the united states of D. Rind (Rind et al., 1989)

<sup>c</sup> Increases in sea level at approximately the global rate except where local geological activity prevails.

<sup>d</sup> No basis for quantitative of qualitative forecast.

<sup>e</sup> Emanuel (1987) suggests that increased ocean temperatures could increase the intensity of tropical cyclones.

7. táblázat

Paradigm for Decision-Making under Climate Uncertainty

| Proposition  | Degree of Belief |              |             |           |
|--|------------------|--------------|-------------|-----------|
|  | Certain          | Less Certain |             | Uncertain |
|  |                  | Certain      | Speculative |           |
| 1. CO <sub>2</sub> is increasing   | xxxx             | x            |             |           |
| 2. Global mean temperature increase  | xxx              | xx           | x           |           |
| 3. Global magnitude of $\Delta T$  | x                | xxx          | xx          |           |
| 4. Regional magnitude of $\Delta T$  |                  | xxxx         | xx          |           |
| 5. Mean global $\Delta$ precipitation                                      | x                | xx           | xxx         |           |
| 6. Magnitude and sign of mean global $\Delta$ precipitation                |                  | xx           | xxx         | x         |
| 7. Magnitude and sign of mean regional $\Delta$ precipitation              |                  |              | xxxx        | xx        |
| 8. Hydrology given climate scenario (how good are the models) <sup>a</sup> |                  | x            | xxxx        | x         |
| 9. Societal adaptation <sup>b</sup>  |                  | x            | xxx         | xx        |
| 10. Adequacy of existing projected resources systems <sup>c</sup>          |                  |              | x           | xxxx      |

<sup>a</sup> "What if."

<sup>b</sup> Function of rates and scale.

<sup>c</sup> And the implied need for policy change.

8. táblázat

ÉVJÁRATOK ÉS AZ ÖNTÖZÉS EGYÜTTES HATÁSA A PARADICSOM TERMÉSÉRE  
Gödöllő, 1962-1990.  
(Cselőtei, 1992)

| Évjárat típusok       | Évek   |   | Évek száma | gyako-<br>risága<br>% | 1x40 mm Rendszeres Öntözés |            |                   | Évjáratról függően optimális vízellátással |
|-----------------------|--|---|------------|-----------------------|----------------------------|------------|-------------------|--|
|                       |  |   |            |                       | nélkül                     | öntözéssel | elért termés t/ha |  |
| 1. Optimális csapadék | a/ 1966,   | 1975,   | 2          | 7                     |                            |            |                   | 67   |
|                       | b/ 1987,   | 1989  | 2          | 7                     |                            |            |                   | 45   |
| 2. Rövid vízhiány     | 1964,<br>1971,<br>1981,  | 1970<br>1979,<br>1988                                       | 6          | 21                    | 49                         | < 62       | 64                | 62   |
| 3. Tartós vízhiány    | 1962,<br>1967,<br>1969,<br>1974,<br>1977,<br>1982,<br>1985,<br>1990, | 1963,<br>1968,<br>1973,<br>1976,<br>1980,<br>1983,<br>1986, | 15         | 51                    | 28                         | < 46       | < 66              | 66   |
| 1-3. átlag:           | 25   | 86  | 36         | 50                    | 63                         | 65         |                   |  |
| 4. Hűvös, esős        | 1965,<br>1978,   | 1972,<br>1984   | 4          | 14                    | 21                         | 21         | > 18              | 21   |
| 1-4. átlag:           | 29   | 100   | 33         | 46                    | 56                         | 58         |                   |  |

a/ optimális hőmérséklettel

b/ időszakosan erős lehűlés csapadékbőséggel



9. táblázat

A főbb termesztett növények átlagos  
vízhasznosulási tényezője különböző termőtájakon  
(1960-1979)

| Körzet | Búza |     | Kukorica |      | Cukorrépa |       | Lucernaszéna |      |
|--------|------|-----|----------|------|-----------|-------|--------------|------|
|        | 2/a  | 2/b | 3/a      | 3/b  | 4/a       | 4/b   | 5/a          | 5/b  |
| 1.     | 114  | 8,8 | 68       | 14,7 | 9,1       | 109,8 | 60           | 16,6 |
| 2.     | 154  | 6,5 | 80       | 12,5 | 10,6      | 94,3  | 87           | 11,5 |
| 3.     | 162  | 6,2 | 89       | 11,2 | 11,8      | 84,7  | 90           | 11,1 |
| 4.     | 151  | 6,6 | 77       | 13,0 | 11,5      | 87,0  | 82           | 12,2 |
| 5.     | 171  | 5,8 | 86       | 11,6 | 11,8      | 84,7  | 95           | 10,5 |
| 6.     | 149  | 6,7 | 85       | 11,8 | 10,4      | 96,2  | 87           | 11,5 |
| 7.     | 136  | 7,4 | 81       | 12,3 | 10,0      | 100,0 | 87           | 11,5 |
| 8.     | 101  | 9,9 | 83       | 12,0 | 12,2      | 82,0  | 104          | 9,6  |
| 9.     | 233  | 4,3 | 137      | 7,3  | 19,0      | 52,6  | 115          | 8,7  |
| 10.    | 219  | 4,6 | 137      | 7,3  | 19,0      | 52,6  | 105          | 9,5  |
| 11.    | 199  | 5,0 | 117      | 8,5  | 16,2      | 61,7  | 114          | 8,8  |
| 12.    | 195  | 5,1 | 124      | 8,1  | 12,9      | 77,5  | 101          | 9,9  |
| 13.    | 179  | 5,5 | 99       | 10,0 | 14,8      | 67,6  | 113          | 8,8  |
| 14.    | 201  | 5,0 | -        | -    | -         | -     | -            | -    |
| 15.    | -    | -   | -        | -    | -         | -     | -            | -    |
| 16.    | 170  | 5,9 | 109      | 9,2  | 15,5      | 64,5  | 102          | 9,8  |
| 17.    | 217  | 4,6 | 140      | 7,1  | 19,7      | 50,8  | 106          | 9,4  |
| 18.    | 168  | 6,0 | 123      | 8,1  | 16,6      | 60,2  | 102          | 9,8  |
| 19.    | 225  | 4,4 | 141      | 7,1  | -         | -     | 105          | 9,5  |
| átl:   | 175  | 5,7 | 104      | 9,6  | 13,9      | 71,9  | 97           | 10,3 |

2/a, 3/a, 4/a, 5/a:  $\text{mm}^3 \text{h ha}^{-1}$

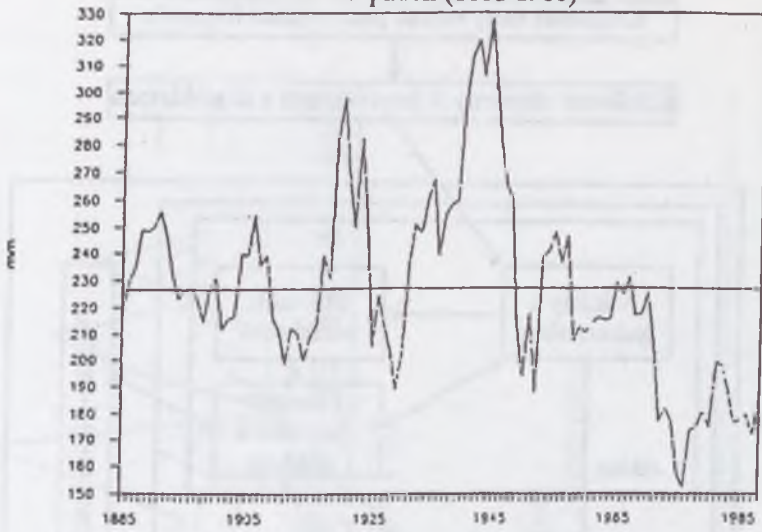
2/b, 3/b, 4/b, 5/b:  $\text{kg/mm}$

10. táblázat

A mért és számított termések közötti korrelációs együtthatók  
(1960-79)

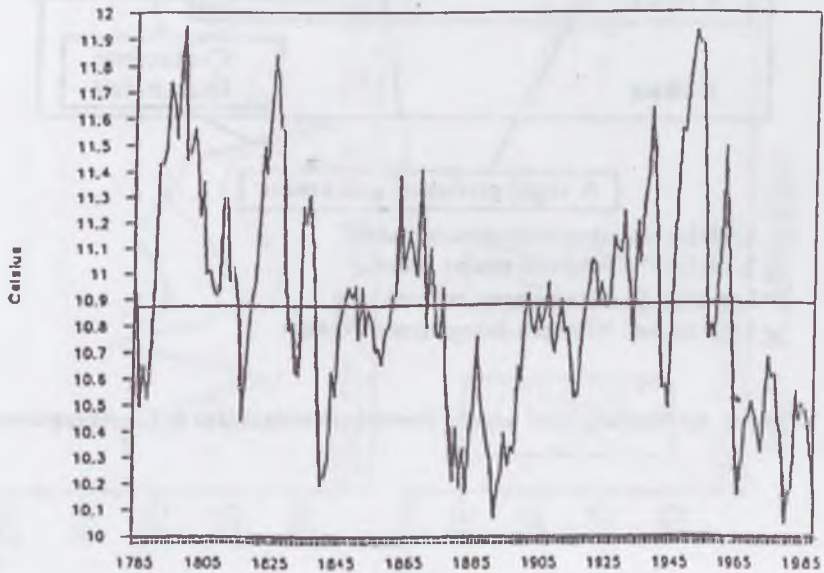
| Térség            | Búza  | Kukorica | Cukorrépa | Lucerna |
|-------------------|-------|----------|-----------|---------|
| Hajdúsági löszhát | 0,911 | 0,930    | 0,636     | 0,970   |
| Nyírbátori j.     | 0,969 | 0,941    | 0,880     | 0,888   |
| Fehérgyarmati     | 0,864 | 0,934    | 0,919     | 0,814   |
| Szeghalmi         | 0,869 | 0,785    | 0,899     | 0,914   |
| Mezőkovácsházi    | 0,770 | 0,924    | 0,878     | 0,790   |
| Hódmezővásárhelyi | 0,959 | 0,831    | 0,887     | 0,956   |
| Kiskőrösi         | 0,867 | 0,868    | -         | 0,843   |
| Szekszárdi        | 0,865 | 0,756    | 0,697     | 0,950   |
| Sárbogárdi        | 0,937 | 0,835    | 0,850     | 0,941   |
| Siófoki           | 0,902 | 0,839    | 0,706     | 0,944   |
| Zalaegerszegi     | 0,869 | 0,865    | 0,825     | 0,907   |
| Komáromi          | 0,795 | 0,741    | 0,845     | 0,789   |
| Csornai           | 0,904 | 0,798    | 0,788     | 0,823   |

SZEGED  
csapadék (1881-1988)

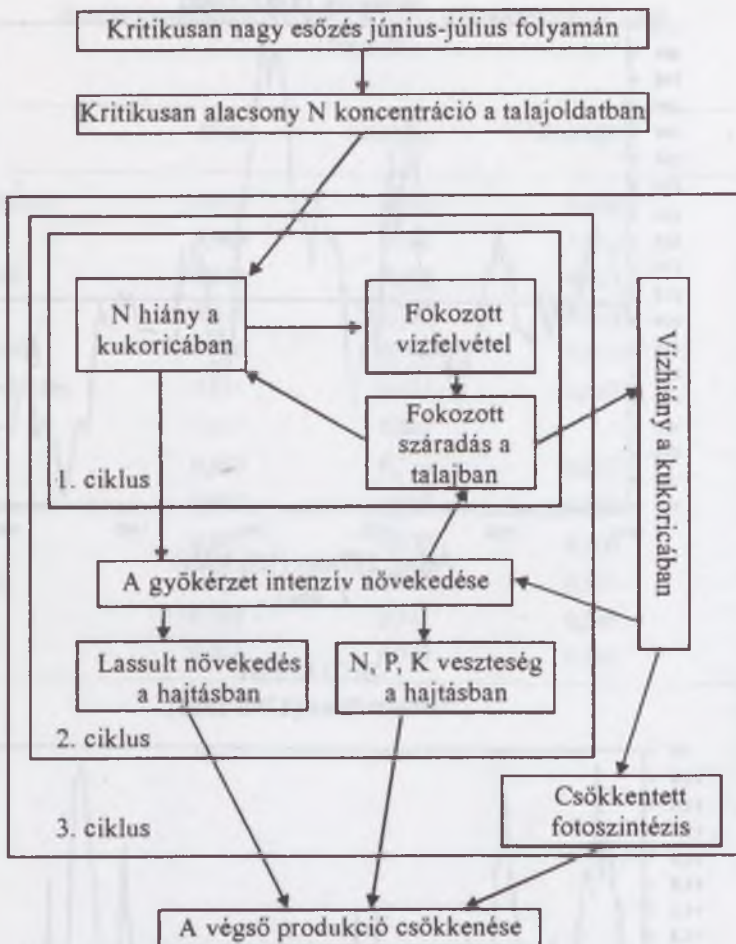


Átlag: 227mm (téli féltév)  
1. ábra

BUDAPEST  
hőmérséklet (1780-1988)

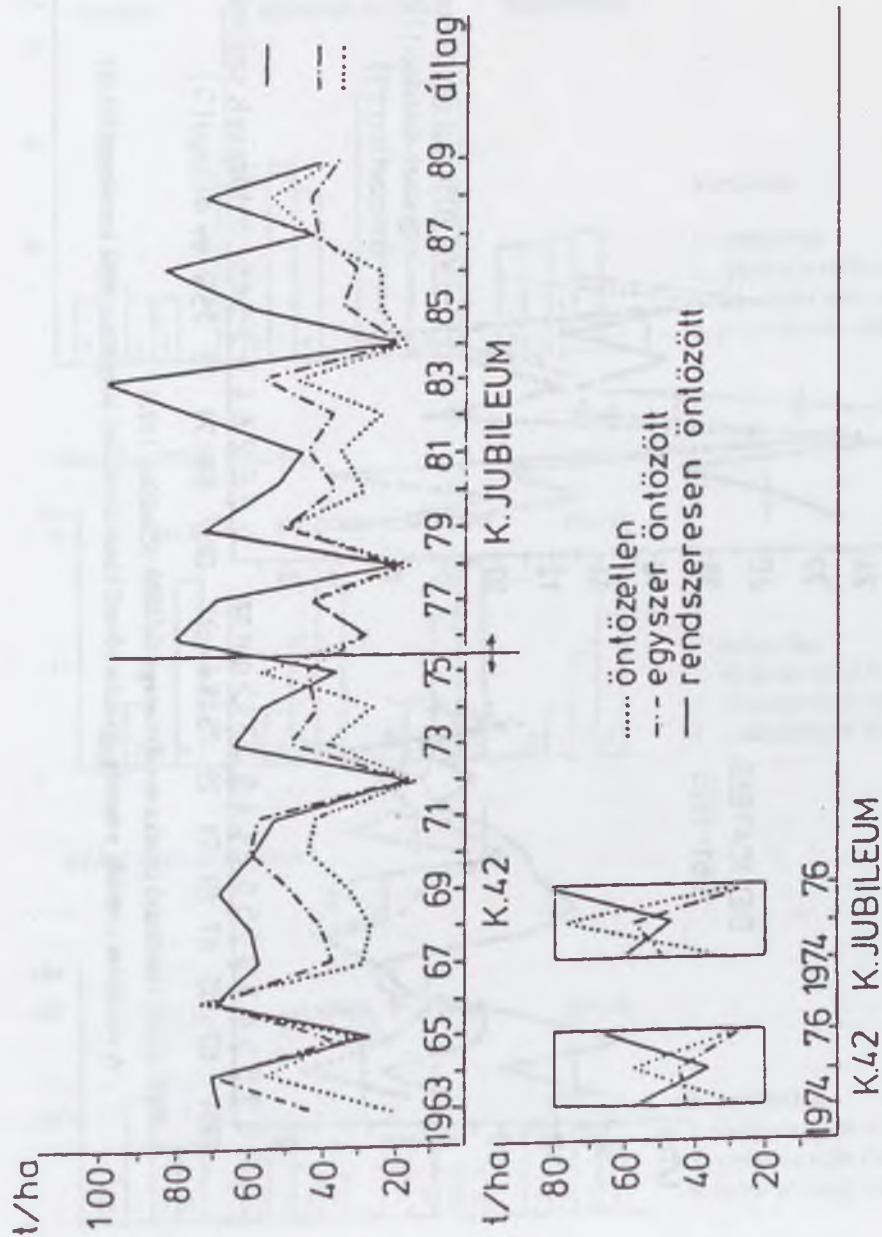


Átlag: 10.87 Celsius  
2. ábra

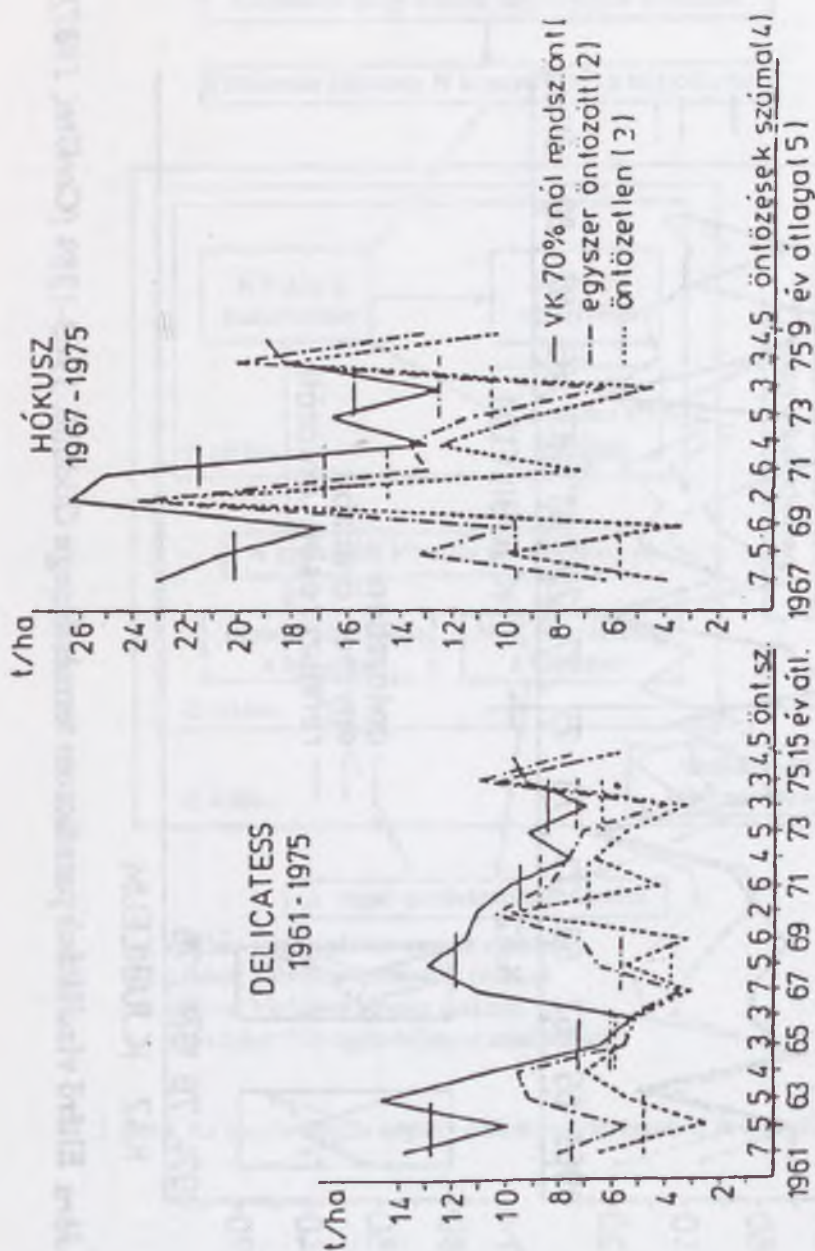


1. ciklus: Párolgatósi stressz reakció  
 2. ciklus: Növekedési stressz reakció  
 3. ciklus: Vizhiány stressz reakció  
 1.+2. ciklus: Nitrogén-hiány stressz reakció

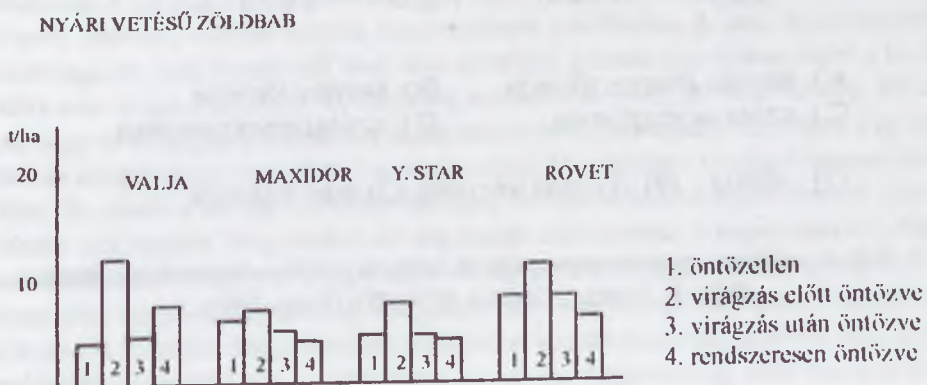
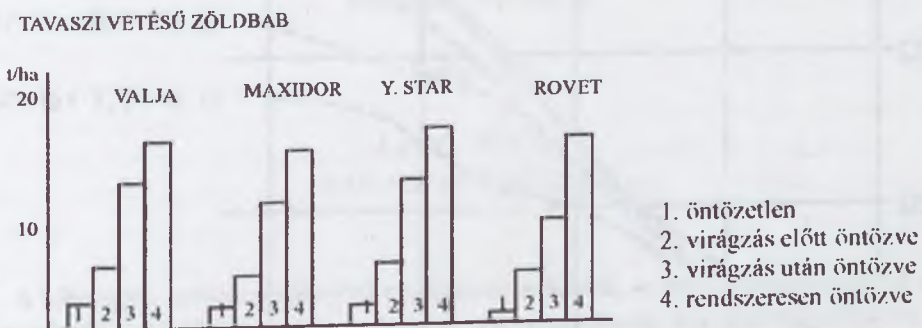
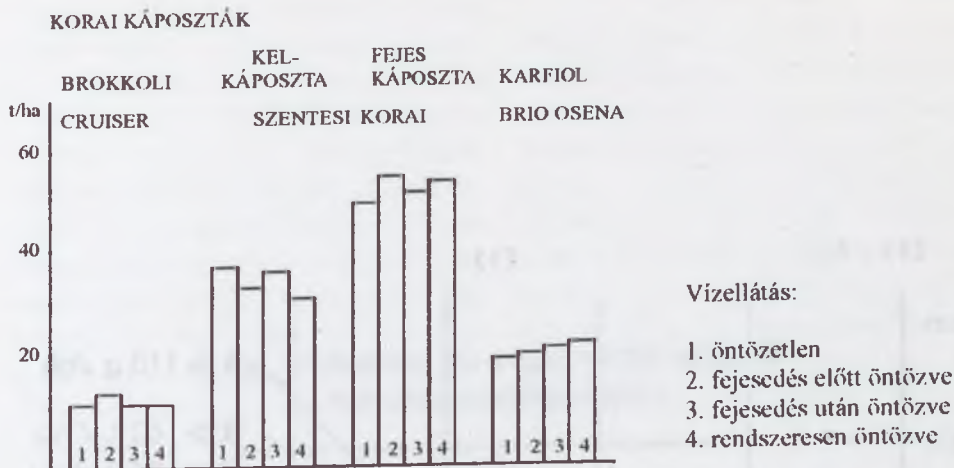
3. ábra: Az ökofiziológiai negatív önindukció kialakulása és következménye



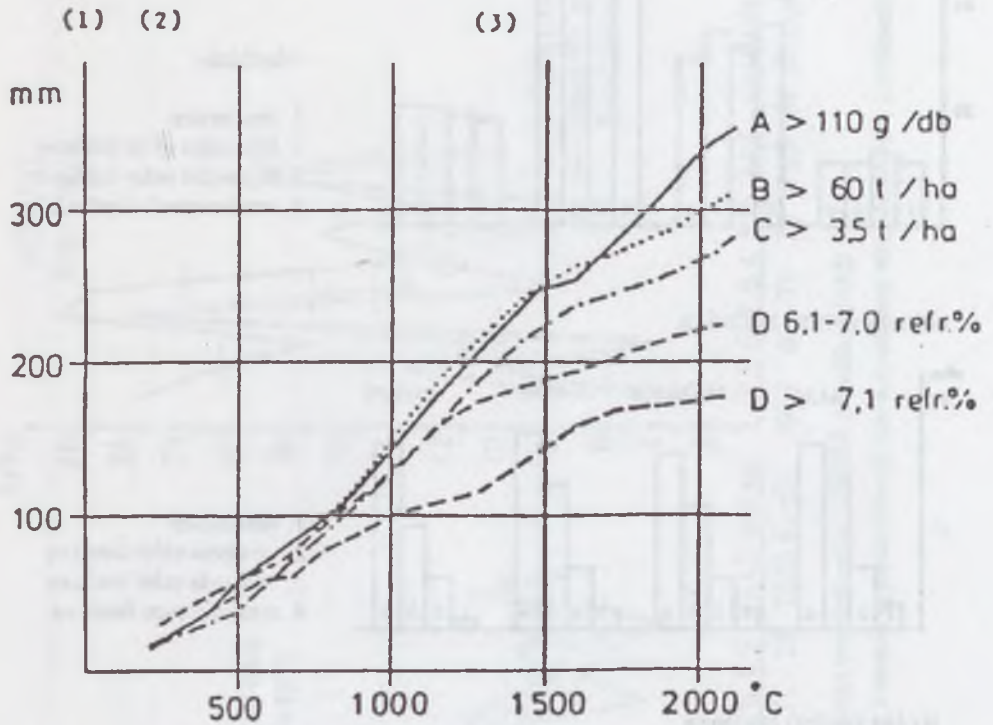
4. ábra. Eltérő vízellátású paradicsom terméstömege Gödöllő, 1963-1989 (Cselőtei, 1987)



5. ábra. Eltérő vízellátású uborka terméstömege Gödöllő (Cselötei, 1992)  
 A vízszintes vonalak, a termés egymást követő háromévenkénti átlagát mutatják kezelésként (6)



6. ábra: Az eltérő vízellátás hatása rövid tenyészidejű zöldségnövények termésére. Gödöllő, 1988 (Varga, 1989)



A.) termés átlagos tömege,      B.) termés tömege  
C.) szárazanyagtömeg          D.) szárazanyagtartalom

(1) kiültetés, (2) virágzás kezdete, (3) érés kezdete

7. ábra: A paradicsom terméskomponenseinek optimális vízellátás-dinamikái homoktalajon  
Fajta: K. Jubileum Gödöllő, 1974-1981. (Varga, 1983)



## A TALAJVÉDELEM ÉS A KÖRNYEZETKÍMÉLŐ TÁPANYAGGAZDÁLKODÁS

Írta:

FÜLEKY GYÖRGY

Lektorálta:

LÁNG ISTVÁN  
VÁRALLYAY GYÖRGY

A lehetséges sokféle jövőképből egy biztosnak látszik, az hogy a magyarországi mezőgazdaság termelési szerepe - tudatosan (EU csatlakozás, környezetgazdálkodás elterjedése, stb.) vagy spontán módon csökkenni fog, és nem jelent fokozott terhelést a talajokra. A talajok savanyodása az egyik égető probléma, melynek növekedése megállítható, akárcsak a lúgos talajok részarányának emelkedése. A talaj humusztartalma gazdaságosan még hosszú idő alatt sem növelhető jelentős mértékben, ezért a további csökkenés megakadályozása és lehetőség szerint a minőség javítása várható. Kívánatos, hogy ne romoljon a közepesen és jól ellátott területek tápanyagtartalma, a gyengén ellátott talajok tápanyagtartalma pedig javuljon. Megszűnik a nitráttal szennyezett terület. Javulnak a talajok porozitásvizonyai, növekednek a talajban tározott hasznosítható vízkészletek. Megszűnhet a talajvízszint káros mértékű ingadozása és jelentősen csökkenhet a belvíz és aszály által veszélyeztetett terület. A szikes területeken az összes só a talajszelvény bármely rétegében nem haladja meg a 0,1 %-ot. A másodlagos szikesedett területek kiterjedésének növekedése megáll, akárcsak az erózió által sújtott területeké. A veszélyeztetett területeken az átlagos talajvesztés a 15 t/ha-t nem haladja meg. Mérséklődik az ökológiai funkciókat ellátó területek csökkenésének az üteme és javul a rekultiváció hatékonysága.

## BEVEZETÉS

A talaj és a földfelszín jelentegi állapotának jellemzésére és hosszútávú alakítására célszerű olyan állapotjelző paramétereket kiválasztani, amelyek jelzik a talajban bekövetkező változásokat, a környezetet és ezen keresztül az emberi létfeltételeket veszélyeztető folyamatokat, lehetőség szerint mérhetőek és ezenkívül az emberi tevékenység által szükség esetén kedvező irányban befolyásolhatók.

Objektív ténynek kell tekinteni, hogy talajainkat érő emberi hatások - ezen belül a mezőgazdaságé is - történelmünk zivataros éveiben mindig sokkal kisebbek voltak mint a nyugodt, békés időszakokban. Akár a népvándorlás, a tatárjárás, vagy a török háborúk időszakát nézzük hosszú időszakra elnéptelenedtek egyes vidékek és ezeken a helyeken gyakorlatilag megszűnt a mezőgazdasági termelés. Ezzel szemben konjunktúrális időkben lecsapolások, ármentesítések folytak annak érdekében, hogy minél nagyobb területet lehessen művelésbe vonni. Ez különösen a napóleoni háborúktól kezdődően érződik hazánkban majd a bekövetkező gabonakonjunktúrák fokozatosan ráállították hazánk mezőgazdaságát egy adott sínpályára, amelyen jelenleg is mozgunk: ebben a gabonatermelés a domináló, az állattenyésztés és az ehhez szükséges takarmánynövény termelés legjobb esetben is csak másodlagos. A talajok terhelése szempontjából természetesen ez a változat a lehető legkedvezőtlenebb. Az első világháborút követő katasztrófális területcsökkenés méginkább az intenzív talajhasználat irányába hatott. Az elmúlt 40 év szocia-

lista gazdálkodása pedig a lehetséges maximumot igyekezett a gabonatermelésből kóhozni, ezáltal a termőtalajainkat érő mezőgazdasági terhelés is sohasem látott mértéket öltött. Ehhez járultak a megoldatlan hazai kommunális viszonyok, valamint a globális környezeti- és ezen belül a talajokat érő szennyező hatások. A jelenlegi bizonytalan termőföld tulajdonviszonyok és termelési mód változások elsősorban a jövőkép megfogalmazásában okoznak nehézséget. A lehetséges sokféle jövőképből egy dolog biztosnak látszik, hogy a magyar mezőgazdasági termelés szerepe - tudatosan (EV csatlakozás, környezetgazdálkodás elterjedése, stb) vagy spontán módon - mint ahogy jelenleg is történik - csökkenni fog, és nem jelent fokozott terhelést talajainkra. A továbbiakban az egyes vizsgált tulajdonságok esetében kerül bemutatásra a jelenlegi helyzet, a 2010-re elérendő cél és az ehhez szükséges megoldás.

## 1. A TALAJOK KÉMHAATÁSA

A jellemző paraméterek: pH,  $y_1$ ,  $y_2$ , karbonát tartalom

### A jelenlegi helyzet

A 0-1 %-nál több karbonátot tartalmazó talajok összterülete mintegy 0,4 millió ha.

A 8,5-nél nagyobb pH-jú talajok területe kb. 0,6 millió ha.

A 6-nál kisebb pH-jú talajok területe kb. 2-2,5 millió ha, az 5,5-nél kisebb pH-jú talajok területe kb. 0,5 millió ha, a 4,2-nél

kisebb pH-jú erősen savanyú erdő alatti talajok területe kb. 0,2 millió ha.

#### Az elérendő célok

Ne csökkenjen a 0-1 %-nál több karbonát tartalmú talajok területe.

Ne növekedjen a lúgos talajok (pH>8,5) részaránya.

Ne növekedjen a savanyú talajok (pH<6) részaránya, és valamennyi talaj pH-ja nagyobb legyen mint 5,5.

Az erdővel borított talajok esetében ne növekedjen az erősen savanyú talajok (pH<4,2) területe.

Talajaink savanyodása az egyik legaktuálisabb és mielőbbi megoldást igénylő talajvédelmi probléma. A kitűzött szakmai célokhoz állami támogatás, hitel talajvizsgáló hálózat és kivitelező szükséges.

A talajok túlzott mértékű savanyodása amellet, hogy a növények életfeltételének romlását okozza (erdőpusztulások egyik oka) egyes elemek (Mn, Al, stb) toxikus mértékű mobilizálását hozza létre. A savanyodás forrásai a légkör savas ülepedés 2 kg/ha/év, és a műtrágyázás 5-6 kg/ha/év.

#### A megoldási lehetőségek

A műtrágyák és a légköri eredetű savanyúság kompenzálására rendszeressé kell tenni az érintett területeken a mésztrágyázást. Az erősen savanyú talajokat meszes talajjavításban kell részesíteni. A gazdaságosan javítható lúgos kémhatású szikes talajokat kémiai talajjavításban kell részesíteni. A talaj tulajdonságaihoz alkalmazkodó műtrágyaféleségeket kell felhasználni.

## 2. A TALAJOK HUMUSZÁLLAPOTA

A jellemző paraméterek: H%, K(humuszminőség). EHG (ekvivalens humusz-készlet)

#### A jelenlegi helyzet

A humusztartalom csökkenése a talaj tápanyag szolgáltató képességének (N, szén és mikroelemek), valamint környezeti pufferáló képességének romlásához vezet. A természetes vegetáció után bekövetkező művelésbe vonás során kezdetben rohamos humusz veszteség, majd egyre kisebb mértékű humusztartalom csökkenés következik be. Napjainkban a humuszvesztés fő forrása lejtős területen a vízerózió, amidőn a legfelső humuszos réteg pusztul le legelőszőr, illetve elporosodott, növényekkel nem fedett területen a szélerózió. Pótlása szerves trágyákkal illetve növényi maradványok beszántásával lehetséges. Humuszminőség romlás következhet be például csernozjom talajok rétiesedésénél, elvizenyősödésénél vagy réti talajok másodlagos szikesedésekor.

#### Az elérendő célok

Tekintettel arra, hogy a talaj humusztartalma gazdaságosan még hosszú idő alatt sem növelhető jelentős mértékben, a cél elsősorban a további csökkenés megakadályozása, és lehetőség szerint a minőség javítása.

#### A megoldási lehetőség

A talaj humusztartalma az adott ökológiai viszonyok függvénye. A legfonto-

sabb természeti tényező az éghajlat, ez alapvetően meghatározza egy talajon a lehetséges humusztartalmat. A művelési ág illetve mód a kialakult ökológiai egyensúlyt megváltoztatva új, kisebb humusztartalommal rendelkező egyensúly irányában tolja el a humusztartalmat. Szántóföldi műveléséből való kivonással és visszaerdősítéssel a talaj humusztartalma növelhető. Ugyanúgy egy művelt csernozjom talajon állandó gyep kialakításakor az éghajlati adottságoknak megfelelő humusztartalom felhalmozódás következik be.

Szántóföldi művelés esetén cél a mennyiség további csökkenésének megakadályozása és ez nagytömegű gyökérszettel rendelkező növények vetésével, szerves maradványok és trágyák beszántásával érhető el. Törekedni kell a szerves hulladékok komposztálással történő hasznosítására.

### 3. A TALAJOK KÖNNYEN OLDHATÓ TÁPELEMTARTALMA

A jellemző paraméterek: könnyen oldható P,K,Mg, nitrát és mikroelem tartalom

#### A jelenlegi helyzet

A hazai szántóföldi művelésben lévő talajok mintegy 90 %-a jó és közepesen ellátott foszforral, 85 %-a a káliummal, és közel 100 %-a magnéziummal.

A könnyen oldható mikroelem tartalomra ilyen összesített adatok nincsenek, de elmondható, hogy hiánytünetek csak speciális talajviszonyok között, vagy mesterségesen indukált körülmények között fordulnak elő. A talajok nitrogén ellátott-

ságának megítélése sok esetben még most is az extenzív termelési viszonyoknál érvényes humusztartalomtól történő számítással folyik. Ez napjainkban már nem helyes megközelítés. Az oldható nitrát, nitrit és ammónium tartalom meghatározása jobban megfelel a jelenlegi műtrágyázási gyakorlatnak. A korábbi helytelen, csak összel történt illetve nagyadagú nitrogén műtrágyázási gyakorlat eredményeképpen minimálisan 30 kg N/ha/év hagyja el mélységi irányban a gyökérszót. Az ország mezőgazdaságilag művelt területén a talaj mélyebb rétegében (1 m mélységet meghaladóan) jelentős mennyiségű de minimálisan 100-150 kg/ha/nitrogén halmozódott fel. A talaj mélyebb rétegéből a nitrát-N a talajvízbe és a mélyebben lévő rétegvizekbe kerül és szennyezi az ivóvíz készleteinket. A vizek nitrátosodása a legjelentősebb környezeti problémáink egyike. Veszélyforrásként jelentkezik a talajok túlzott foszfortartalma is, hiszen élővizekbe jutva az eutrofizáció előidézője lehet.

#### Az elérendő célok

Ne romoljon a közepesen és jól ellátott területek tápanyagtartalma, a gyengén ellátott talajok tápanyagtartalma pedig javuljon - de ne jelentkezzen környezeti veszélyforrásként a túlzottan nagy foszfortartalom. Szűnjön meg a nitrát további felgyülemelése és kimosódása a talajban. Csökkenjen 0-ra nitráttal szennyezett terület.

#### A megoldási lehetőség

A korábbi évtizedek túlzott (300 kg vegyeshatóanyag/ha), és a jelenlegi szűkös (70 kg/ha) műtrágya felhasználása helyett

az integrált növénytermesztés környezetkímélő tápanyaggazdálkodása legyen általános (lásd:1. táblázat). Ez a gyakorlat Nyugat Európában egyre inkább tért hódít, a feltétlenül szükséges műtrágya mennyiség mellett a vetésforgó, a szervesanyag visszazántás és a szervesstrágyázás adta lehetőségeket használja ki. Nem a maximálisan lehetséges termés létrehozására törekszenek. A biológiai gazdálkodás kis területen valósítja meg a környezet maximális védelmét a terhelés általános csökkentésével. A nitrát felhalmozódás és kimosódás elkerülése érdekében minimálisra kell csökkenteni az őszi N műtrágyázást, köztes vetést és másodvetést kell alkalmazni. A környezeti szempontokból érzékeny területen még ennél is radikálisabb megoldást kell alkalmazni. Vagyis meg kell akadályozni, hogy az év bármely időszakában a nitrát N a mélyebb talajrétegbe módosjon le.

#### 4. A TALAJOK FIZIKAI ÁLLAPOTA

A jellemző paraméterek: porozitás viszonyok, tömődöttség, porosodás

##### A jelenlegi helyzet

Az elmúlt évtizedek során a talajokat erő mechanikai terhelés következményeképpen a szántóterület mintegy 50 %-án tömődöttség, a 60 %-án pedig porosodás következett be. A szocialista termelési viszonyok egyik legjellemzőbb tünete az ún. "nagy gép" szindróma volt. Ennek természetes következménye lett a nagytömegű gépek, gépsorok feltétlenül indokoltnál

jóval többszöri járatásának hatására a tömődöttség és porosodás. Különösen sajnálatos, hogy mindez általában a legjobb termékenységű csernozjom talajainkon öltött óriási méreteket. A tömődöttség és porosodás következménye a talajok vízgazdálkodásának leromlása és az érintett talajokon a szélerózió kártételeinek a megjelenése volt.

##### Az elérendő célok

Javuljanak a talajok porozitáviszonyai, növekedjenek a talajban tározott hasznosítható vízkészletek. Ez utóbbi célkitűzésnek különös aktualitást ad környezetünk általános felmelegedése és az aszályos évek egyre gyakoribbá válása.

##### A megoldási lehetőségek

Kisebb táblákon, kisebb gépek minimális járatásával a folyamat lassítható. A megfelelő időben elvégzett talajművelés, a szükséges talajlazítás javíthat a helyzetet. A környezetkímélő integrált növénytermesztés csökkentett vegyszerkijuttatása is az elérendő célokhoz vezet. A talajok teljes regenerálása a tömődöttség és porosodás szempontjából csak nagyon hosszú idő alatt lehetséges, első sorban biológiai módszerekkel: mélyen gyökerező növények vetésével, a szerves maradványok minél teljesebb visszajuttatásával, lucerna vagy más évelő növénykultúrák beiktatásával, a talajok gyepek, legelők, kaszálók alatti sokévnnyi pihentetésével, esetleg agroerdők létesítésével, hogy segítségükkel a megfelelő talajszerkezet újra kialakuljon.

### 5. A TALAJOK VÍZHÁZTARTÁSA

A jellemző paraméter: talajvízszint területi alakulása, aszály által súlytott terület

#### A jelenlegi helyzet

Káros talajvíz emelkedés vagy süllyedés által érintett terület mintegy 3 millió ha, a belvízveszély által súlytott terület pedig kb. 700 ezer ha.

Hazánk jelentős mélyfekvésű területeiből adódóan az elmúlt évtizedekben elsősorban a belvizek okoztak jelentős termés kiesést. Ehhez járul vízhiányt rontó tényezőként a talajok tömődöttsége, öntözőművek környékén az elmozdítás. A belvízveszély megszüntetésére létrehozott lecsapoló meliorációs beavatkozások és a talajvízszint csökkenését célzó drénezések napjainkra, - amikor a vízhiány okoz gondot és a vízvisszatartás a legfontosabb feladat - további talajkiszáradást okoznak.

#### Az elérendő célok

Szűnjön meg a talajvízszint káros mértékű ingadozása és jelentősen csökkenjen a belvíz és aszály által veszélyeztetett terület.

#### A megoldási lehetőségek

A talajok vízhiányt rontó állapotát szabályozó talajvédelmi berendezések folyamatos karbantartásával, egyes területeken újak létesítésével kell felkészülni a csapadékosabb időszakok jöttére. A csatornákat és drén berendezéseket, valamint az öntözőrendszereket alkalmassá kell tenni a napjaink-

ra jelentkező fokozott vízhiány pótlására. Agrotechnikai műveletekkel megőrizni a talajvízkészletet és öntözéssel pótolni a fellépő vízhiányt.

### 6. A SZIKESEDÉS

A jellemző paraméter: szikes talajok területe

#### A jelenlegi helyzet

A gazdaságosan nem javítható szikes talajok területe kb. 0,4 millió ha. A gazdaságosan javítható vagy megvédhető szikes vagy szikesedésnek kitett terület mintegy 1 millió ha. A másodlagosan szikesedett területek nagysága 400-500 ezer ha.

Hazánk medence jellegéből, éghajlati viszonyai, a felszínen lévő kőzetek minőségéből következően a talajvizek összetétele és felszínhez közeli szintje kedvez a szikes talajok képződésének. Ehhez járul a helytelen emberi tevékenység, amidőn öntözőművek környezetében, vagy szakszerűtlen öntözés eredményeként megnöveli a rossz minőségű talajvíz szintjét, illetve túlzottan terheli az öntözött talajokat szikesedést kiváltó öntözővízzel.

#### Az elérendő célok

A fenti területeken az összes só a talajszelvény bármely rétegében ne haladja meg a 0,1 %-ot, kivéve a gazdaságosan nem javítható szikes területeket, és a kicserélhető Na mennyisége ne haladja meg a 15 S %-ot. A másodlagosan szikesedett területek ne növekedjenek.

### A megoldási lehetőségek

A legegyszerűbb megoldás a szikese-  
désre hajlamos területek öntözésénél a  
szigorú kritériumrendszer betartása. Azo-  
kon a területeken, ahol a gazdaságos javít-  
ás indokolt, tehát a területet mezőgazda-  
ságilag hasznosítani akarják, ott a szüksé-  
ges kémiai javításokat kell elvégezni, illet-  
ve a szükséges talajvízszint csökkentést  
végrehajtani. Úgy tűnik azonban, hogy ez  
utóbbi feladat nem a legegyszerűbb. Célsze-  
rűbbnek látszik a szikes talajokon a termé-  
szetvédelmi területeket növelni és emberi  
pihenésre szánt területként hasznosítani.

## 7. AZ ERÓZIÓ

A jellemző paraméter: víz- és széleró-  
zió által súlytott terület.

### A jelenlegi helyzet

A vízerózió által súlytott terület 2 mil-  
lió 300 ezer ha, ebből erősen erodált terü-  
let 560 ezer ha, közepesen erodált terület  
890 ezer ha, gyengén, erodált terület 860  
ezer ha. Az átlagos évi talajvesztés az  
erősen erodált területen 70 t/ha, a közepe-  
sen erodált területeken 40 t/ha, a gyengén  
erodált területeken 20 t/ha. Az összes évi  
talajvesztés 100 millió t, az összes évi  
szervesanyagvesztés 1,5 millió t. A szé-  
lerózió által súlytott terület 1-1,5 millió  
ha.

A vízerózió potenciális kártételét csak  
fokozza, hogy a csökkenő évi csapa-  
dékmennyiség egy része gyakran felhősza-  
kadás formájában kerül a talajokra. A je-

lentős vízeróziós károknak jól kimutatha-  
tó okai vannak: jelentős mértékben került  
kukorica a lejtős területekre, ezáltal  
hosszú idejű talajfedetlenséget okozva és a  
műveléséből adódóan is elősegítve a víze-  
róziós kártételeket, az erdők tarvágása il-  
letve helytelen művelése: még a legegysze-  
rűbb agronómiai védekezési módok is hi-  
ányoznak: nincs szintvonalas művelés, sá-  
vos vetés, hegy-völgy irányú a szántás, hiá-  
nyoznak a minimális műszaki védelmi el-  
járások, az épített teraszok vagy a szántás-  
sal létrehozott rézsűk; a csapadékos idő-  
szakokban fedetlenek a talajok, stb.

A szélerózió kártételeit szintén helyte-  
len emberi beavatkozások okozzák: a tala-  
jok elporosodása, fedetlensége, a homok-  
területek szükségesnél nagyobb mértékű  
bolygatása, és az agronómiai védekezés  
minimális volta.

### Az elérendő célok

Az erózió által súlytott terület ne nö-  
vekedjen. A veszélyeztetett területeken az  
átlagos talajvesztés a 15 t/ha-t ne halad-  
ja meg. A széleróziós károk pedig jelentő-  
sen csökkenjenek illetve szűnjenek meg.  
Nagyon fontos lenne az eróziós kártételek  
megszüntetése érdekében szintvonalas  
művelés megvalósítása minden területen.

### A megoldási lehetőségek

A fenti kiváltó okokból következően  
legegyszerűbb megoldás, hogy szakszerű-  
en kell a mezőgazdasági munkálatokat el-  
végezni. A rendelkezésre álló agronómiai  
és műszaki talajvédelmi munkákat kell  
megcsinálni.

Sajnos az elmúlt évek állami és közel állami tulajdonviszonyai adta lehetőséggel nem élt a magyar mezőgazdaság; soha vissza nem térő lehetőséget szalasztotta el az erózióvédelem, a talajvédelem területén. Az eróziós kártételek megakadályozására számos lehetőség van, azok jelentős része különösebb anyagi ráfordítást nem is igényel csak odafigyelést és tulajdonosi szemléletet.

### 8. A TALAJSZENNYEZÉS

A jellemző paraméterek: nehézfémek, növényvédőszer maradványok, szénhidrogének, xenobiotikumok koncentrációja és biológiai szennyezés a talajban és a talajfelszínen.

Talajterhelhetőség.

#### A jelenlegi helyzet

Az ország területének nagy részén nem jelentkezik kritikus szennyeződés. A nehézfém szennyezés általában pontszerűen jelentkezik, elsősorban ipari területek, úthálózat, agglomerációs övezetek mellett. A települések közvetlen környezetében, az utak mellett és az erdőben hulladékelhelyezés történik. Ez közegészségügyi veszélyt és súlyos, irreverzibilis talajszennyezést okoz.

Itt jelenik meg mérhető formában a talajok *terhelhetősége*, aminek mértéke többek között a pufferkapacitás. Ennek értékét növeli például a talajok humusztartalma, agyagainak és egyéb kolloidtartalma, illetve a talajok kellő biodiverzitása. A terhelhetőségnek egyéb talajtani kritériumai is vannak, mértéke az emberi beavatkozás minőségétől is függ. Általánosságban el-

mondható, hogy talajaink nincsenek túlterhelve, a probléma csak lokálisan jelentkezik ilyen formában. Mindenképpen túlterheltek mezőgazdasági talajaink viszont a nitrátszennyezés szempontjából. A vizek nitrátosodása jelzi, hogy nem voltak képesek megtartani a beléjük került nitrát nitrogént. A terhelhetőség egyidejűleg csökken a talajok savanyodásával is. A szennyezések esetében megkülönböztetünk visszafordítható és nem visszafordítható károsodást okozó szennyezést.

#### Az elérendő célok

A talajok toxikus elemtartalma ne növekedjen, a kritikus területeken se haladják meg a határértéket. Csökkenjen a szennyező elemek potenciális toxicitása. A hulladékelhelyezést pedig meg kell oldani.

#### A megoldási lehetőségek

Meg kell állapítani a szennyezett területek nagyságát, a talajok differenciált terhelhetőségét, a kibocsátási határértékeket. Nehézfémterhelés a mezőgazdaságban lehetőleg ne kerüljön mezőgazdasági művelés alatt álló területekre. A talajsavanyodás megakadályozásával csökkenthető a toxikus nehézfém toxicitás is. Az integrált növénytermesztés növényvédőszer felhasználása biztosíthatja a káros növényvédőszermaradványok felhalmozódásának megakadályozását. A veszélyes és nem veszélyes hulladékelhelyezést lehetőleg nem termőtalajokon, de a talajtani szempontok figyelembevételével kell megoldani. A felszíni illegális személtelrakodást pedig az önkormányzatok segítségével kell megakadályozni. A talajok nitrátterhelését az



integrált növénytermesztés esetleg a biológiai gazdálkodás szabályai szerint lehet megoldani. A nitráterhelés szakszerű agronómiai eljárások adaptálásával megszüntethető. Különös figyelmet kell fordítani a környezetileg érzékeny területeken folyó gazdálkodásra. E területek terhelhetősége kicsi, pufferképessége nem elegendő. Lehetőség szerint szüneteltetni kell itt a termelést, esetleg szigorú szabályok szerint alkalmazhatók a kemikáliák.

A biológiai szennyezés lokalizálására kell törekedni és elérni, hogy helyben megsemmisüljenek.

## 9. A TALAJ ÖKOLÓGIAI FUNKCIÓJA

A jellemző paraméter: az ökológiai funkció

### A jelenlegi helyzet

Azok a területek tartoznak ide, ahol a talaj pozitív ökológiai funkciói fennállnak, így a természetes és féltermészetes területeken, a mezőgazdasági művelés alatt álló területeken, parkok, zöldövezetek talajában. Épületek, utak, vasutak, csatornák, vezetékek, bányaművelés következtében jelentős területek estek ki eredeti funkciójukból. 1945 és 1990 között az ország termőterülete átlagosan évi 9000 ha-ral csökkent. Sajnálatos tény, hogy a bányaművelés utáni rekultiváció nem az eredeti termőföld minőséget állítja vissza.

### Az elérendő célok

Mérséklődjön az ökológiai funkciókat ellátó területek csökkenésének az üteme. Javuljon a rekultiváció hatékonysága.

### A megoldási lehetőségek

Az eddigieknél jóval szigorúbb eljárásokhoz kell kötni az ökológiai funkció el látása alóli kiesést. Társadalmi ellenőrzés előtérbe helyezése szükséges ezen a téren. A bányaművelés és egyéb tevékenységek utáni rekultivációnak nemcsak a minőségét, de a szakszerűségét is javítani kell.

## 10. A TÁJ ESZTÉTIKAI ÉRTÉKE

A jellemző paraméter: épületszám/területegység

### A jelenlegi helyzet

Városközeli illetve üdülőterületeken túlzott területfelaprózódás (pl. 1 épület/600 m<sup>2</sup>) található. A táj ilyen körzetekben a Dél-Amerikai szegénynegyedekhez hasonlít. Ez a jelenség a talajok bizonyos értelmű túlterhelését jelenti. Hasonlóképpen tájromboló hatásúak az egyéb beépítést illetve területkiesést okozó létesítmények (ipari létesítmények, egyéb épületek, infrastruktúrális létesítmények, bányaművelés, stb.)

### Az elérendő célok

Az emberi léptékű természeti és kultúrtáj megtartása illetve kialakítása. A beépítettség növekedésének megállítása.

### A megoldási lehetőségek

Az ipari létesítmények, az infrastruktúrák kialakításánál, a mezőgazdasági termelésnél és az üdülők építésénél jelenleg ez a szempont nem érvényesül. A táj, a természet kulturális, esztétikai értéke folyamatosan felértékelődik. Itt elsősorban az emberi tudatformálás a feladat. Nemcsak az adott ipari, mezőgazdasági munkát, saját nyaraló építését kell jól elvégezni, de sokkal inkább tekintettel kell lenni a környezet egészére, illetve a szűkebb táji környezeti értékre.

### 11. MILYEN LEGYEN A HOLNAP TÁPANYAGGAZDÁLKODÁSA?

Tudjon alkalmazkodni a trágyázás technológiájával a változó célkitűzések és gazdasági feltételek által megszabott termékminőséghez és mennyiséghez (célzott felhasználás).

Ehhez szükséges

- alternatív növénytermesztési elképzelések (sorrend) és az ezekhez szükséges trágyázási módok kidolgozása az üzemenben;
- egyes elemeknél (nitrogén) napra és kultúrára lebontott trágyázási-modellek;
- a betakarítás után visszamaradó tápanyagokkal való pontosabb számolás (hüvelyesek);
- az interkulturák beiktatása (nitrát megkötése);

- alkalmazkodás a helyi körülményekhez;
- csökkentett anyagfelhasználás.

*A jelenlegi gazdálkodás 30 évvel ezelőtti stratégia, maximális haszonra törekvés néhány növény termesztésével, felhasználva a modern technikát, magas és állandó termésszintet biztosítva.*

*Az integrált gazdálkodás: melynek során többféle célt optimalizálnak. Így*

- fenntartani a gazdaság jövedelmezőségét és a foglalkoztatását;
- a tájképi és a természetes környezet védelmét;
- a fogyasztók jólétének és egészségének javítását jó minőségű élelmiszerekkel;
- a szennyezések megelőzését.

*Az organikus (bio) gazdaság esetében jellemző:*

- a természetes eredetű anyagok maximális mértékű felhasználása;
- a tápanyagok minél nagyobb mértékű megtartása a talaj-növény-állat körforgásban;
- a növényvédőszeres és műtrágyák elhagyása.

Részletesebben lásd az 1. és 2. táblázatban közölteket.

Az integrált gazdálkodás környezetvédelmi feladatait Hollandiában az 1. mellékletben tekintjük át.

A veszélyeztetett angliai vízgyűjtő területen folyó tápanyaggazdálkodást a 2. mellékletben mutatjuk be.

1. táblázat

## A tápanyaggazdálkodás jellemzői

| Kezelések                        | A termelési rendszerek   |                        |  |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------|--|
|                                  | Jelenlegi                | Integrált              | (bio)                                      |
| <i>Trágyázás</i>                 | ásványi trágyák előnyben | főképpen szerves       | kizárólag istállótrágya                    |
| P és K trágyázás                 | a növény által kivont    | a növény által kivont  | nincs                                      |
| N trágyázás                      | ökonómiai optimum        | a növény által kivont  | nincs                                      |
| Zöldtrágya                       | fű                       | fű és lóhere keverék   | fű és lóhere keverék                       |
| Szervestrágya                    | csak burgonya alá        | gyakran                | gyakran, kizárólag saját termelésűt        |
| Cukorrépa zöldje                 | beszántva                | beszántva              | beszántva                                  |
| Szalma                           | eladja, vagy beszántja   | beszántva              | szabadon felhasználva a trágya termeléshez |
| <i>Biodinamikus készítmények</i> | nem                      | nem                    | többféle                                   |
| <i>Növényvédelem</i>             |                          |                        |  |
| gyom                             |                          |                        |  |
| mechanikai                       | limitált                 | főképpen               | kizárólagosan                              |
| herbicidek                       | igen                     | meghatározott          | nem  |
| természetes                      | ha ökonómiailag          | amennyire csak         | amennyire csak                             |
| gyommentesítés                   | optimális                | lehetséges             | lehetséges                                 |
| <i>Fertőzés és betegség</i>      |                          |                        |  |
| rezisztens fajták                | csak ha magas            | amennyire csak         | amennyire csak                             |
|                                  | termésűek                | lehetséges             | lehetséges                                 |
| biológiai                        | ha gazdaságilag          | amennyire csak         | amennyire csak                             |
|                                  | előnyös                  | lehetséges             | lehetséges                                 |
| kémiai                           | gazdasági optimumon      | csak a végső           | nem  |
|                                  | felül                    | esetben                |  |
| talaj-fertőtlenítés              | megelőző                 | nem                    | nem  |
| <i>Egyéb</i>                     |                          |                        |  |
| vetőmag                          | vásárolt vetőburgonya    | vásárolt vetőburgonya  | amennyire csak                             |
| származása                       | gyakran a saját          | gyakran a saját        | lehetséges saját                           |
| farmról                          | farmról                  | farmról                |  |
| gép- és esz-                     | gazdaságilag optimális   | gazdaságilag optimális | gazdaságilag optimális                     |
| használat                        | mértékben                | mértékben              | mértékben                                  |
| energia-                         | gazdaságilag optimális   | ahol lehet energia-    | ahol lehet energia-                        |
| felhasználás                     | mértékben                | megtakarítás           | megtakarítás                               |
|                                  |                          |                        | önellátásra törekvés                       |

2. táblázat

Tápelemmérleg az 1986-1988 évek átlagában

(M.e.: kg/ha/év)

| Termelési rendszer                  | Jelenlegi   |            |            | Integrált  |            |            | Bio         |           |            |
|-------------------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|------------|
| <b>Bevitel</b>                      |             |            |            |            |            |            |             |           |            |
| - műtrágyák                         | 135         | 15         | 145        | 55         | 0          | 50         | 0           | 0         | 0          |
| - vásárolt szerves-trágya           | 80          | 40         | 65         | 100        | 35         | 65         | 0           | 0         | 0          |
| - biológiai nitrogén-kötés          | 35          | -          | -          | 35         | -          | -          | 00          | -         | -          |
| - koncentrátumok                    | -           | -          | -          | -          | -          | -          | 50          | 8         | 50         |
| - vásárolt szalma                   | 0           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 20          | 3         | 15         |
| - ülepedés                          | 45          | 1          | 5          | 45         | 1          | 5          | 45          | 1         | 5          |
| <b>Összes bevitel</b>               | <b>195</b>  | <b>56</b>  | <b>215</b> | <b>235</b> | <b>36</b>  | <b>120</b> | <b>215</b>  | <b>12</b> | <b>70</b>  |
| <b>Kivitel</b>                      |             |            |            |            |            |            |             |           |            |
| - növényi termék                    | 160         | 30         | 135        | 150        | 25         | 130        | 35          | 7         | 40         |
| - állati termék                     | -           | -          | -          | -          | -          | -          | 25          | 5         | 5          |
| <b>Összes kivitel</b>               | <b>165</b>  | <b>30</b>  | <b>135</b> | <b>150</b> | <b>25</b>  | <b>130</b> | <b>60</b>   | <b>12</b> | <b>45</b>  |
| <b>Bevitel és kivitel egyenlege</b> | <b>+130</b> | <b>+25</b> | <b>+80</b> | <b>+80</b> | <b>+10</b> | <b>-10</b> | <b>+155</b> | <b>0</b>  | <b>+25</b> |

## 1. melléklet

## AZ INTEGRÁLT GAZDÁLKODÁS HOLLANDIÁBAN

*A tápanyaggazdálkodás környezetvédelmi feladatai:*

- ammónia veszteséget 70 %-kal csökkenteni,
- a nitrát kimosódás mértékét 34 kg N ha<sup>-1</sup> év<sup>-1</sup> értékre, a talajvíz nitrát tartalmát 50 mg l<sup>-1</sup> értékre csökkenteni,
- az összes nitrogén veszteséget (denitrifikációval) 145 kg N ha<sup>-1</sup> év<sup>-1</sup> értékre csökkenteni,
- a foszfát felhalmozódást, különösen homoktalajokban - hacsak agronómiailag indokolt - el kell kerülni.

*Az integrált gazdálkodás tápanyaggazdálkodási célkitűzései:*

- 50 %-kal csökkenteni kell a növényvédőszeres felhasználását 2000-re,
- az ammónia veszteség lehetséges redukciója 50 %,
- 1995-re a foszfátvisszapótlás nem haladhatja meg a növényi felvétel mértékét,
- a vegetációs időszak végére az 1 m-es talajrétegben nem maradhat több mint 70 kg N ha<sup>-1</sup>,
- csökkenteni kell az állati takarmányok P, N és nehézfém tartalmát,
- szerves trágyák minőségét szabványosítani kell,
- száraz pellet formában exportálni a szerves trágya egy részét.

## 2. melléklet

## AZ N-TÁNYAGGAZDÁLKODÁS VESZÉLYEZTETETT VÍZGYŰJTŐ TERÜLETEN ANGLIÁBAN

*Javasolt modellek a nitrát mozgására:*

1. El kell kerülni a gazdaságilag hatékony N-műtrágya adagot meghaladó trágyázást, beleértve a szerves trágyákat is.
2. A gazdaságossági optimumnál kisebb N adagot kell adni az olajrepcé alá (50 kg N ha<sup>-1</sup>) és az őszi kalászosok alá (25 kg N ha<sup>-1</sup>).
3. Ősszel és télen teljesen mellőzni kell a N-műtrágyát.
4. Ne használjunk a kenyérbúzához extra-N műtrágyát.
5. Ne hagyjuk parlagon télen a területet. Minden tavaszi vetésű növény előtt kora ősszel vessünk interkulturát.
6. Korlátozzuk a szerves trágyák mennyiségét 175 kg N ha<sup>-1</sup> és -1-re. Ne használjunk baromfitrágyát és hígtrágyát nyár végén (július 1 után) és ősszel.
7. Gyep-legelőn a nitrogénadagot a növény igényeihez kell adaptálni, és csökkenteni kell a mennyiségét, ha a növények nem képesek teljes mértékben hasznosítani (pl. aszály).
8. Lehetőleg kerüljük el az állandó gyepterületek felszántását.

## "AGRO-21" IN BRIEF

The research project "*Hungary's agricultural industry on its way towards the 21th century*" or, in short, "*AGRO-21*" has started in 1991 following a number of comprehensive projects performed in the framework of scientific co-operation and inter-departmental collaboration, such as: (1) The assessment of the agro-ecological potential, and the prediction of its situation by 2000 (1978-1981); (2) The first domestic assessment of biomass production in Hungary, and the exploration of its complex up-to-date utilization (1981-1984); (3) The system of adaptable agriculture (1985-1990).

Each of the above mentioned projects was initiated by the Hungarian Academy of Sciences and finished under its auspices.

The *objectives of the "AGRO-21" research project* are: (1) To scientifically analyse the *starting situation*, and to critically evaluate the social, economic, technical and environmental state; (2) To outline the social, economic, technical and environmental state of the production of agricultural raw material, food procession and trade which is desirable and can really be achieved in Hungary by 2010, as well as its preconditions; (3) To elaborate the trends, order, material-technical and other conditions of actions between the starting situation and 2010, i.e. *the way leading to the 21th century*.

*Characteristic of the research project* are its complexity and interdisciplinarity, its being synthetizing, postulating in general two scenarios according to the research objectives, and (also being performed) in (the framework of an inter-departmental collaboration).

## INTERACTIONS BETWEEN THE PROSPECTIVE CLIMATIC CHANGES AND THE ENVIRONMENT

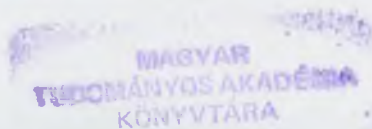
By:

ANTAL EMÁNUEL - SZESZTAY KÁROLY

Revised by:

LÁNG ISTVÁN  
VÁRALLYAY GYÖRGY

In consequence of Hungary's being situated in the centre of a basin, which determines its natural conditions, the global warming-up will presumably manifest itself in a specific way due to the country's position in the climatic buffer zone of this basin. As for the water resources, when elaborating the water management strategies of agriculture not only a decrease of the total precipitation must be calculated upon, but also a decrease of the amount of water coming to Hungary by the rivers ( since water balance is likely to worsen also in the watershed areas of our rivers), as well as a worsening of the quality



of the water (since the decrease of the water output, along with the stagnation or even increase of the pollution, results in the increase of the concentration of the latter).

It follows from the above statements that, whatever the presumable or probable future (of) the country's climate may be, an analysis of the consequences of the climatic changes is an indispensable part of any study aimed at evaluating and preparing the perspectives of Hungarian agriculture.

On a shorter term (10-15 years), the climatic changes to be expected in Hungary will chiefly affect soil utilization and primary biomass production by way of changes of the water balance of the topsoil (tendency to drying out, more frequent soil droughts, etc.) The climatic changes may also have pedologic consequences, whereas significant changes of the physical, chemical and structural characteristics of the soils will demonstrably take place only on a longer term (taking several decaders). However, the variability of the water balance in this region does not only depend on the climate, but also directly upon the weather, which means that in the given case the time scale belongs to the one-day category. This is why soil utilization and primary biomass production (field crop, vegetable and fruit growing, viticulture, grassland farming, and forestry) are so susceptible to the weather and the climate. According to domestic agrometeorological research works, yields are determined by weather conditions nearly to one third, and the endemic plant species have settled down under the influence of the climate. The production of crops which are endemic or can be naturalized in Hungary is not limited by light and heat supply even now, and a possible warming-up will provide further energy for the photosynthesis. On the other hand, however, the decrease of precipitation may make primary biomass production even more changeable and unsecure.

By means of empirical-statistical methods, from the global climatic scenarios a moderate warming-up ( $0.5^{\circ}\text{C}$ ), a 10 % increase of insolation, and a 10-15 % decrease of precipitation can be deduced for the Carpathian basin. It can be expected that this will be accompanied by a shift of the optimum growing sites towards the regions having a better water supply. At the same time, the vegetation period may also alter (start earlier and end later), thus enabling agrotechnological operations to be distributed over a longer period. According to studies performed in Hungary, a warming-up by  $1^{\circ}\text{C}$  would extend the vegetation period by ten days. On the other hand, the increase of the carbon dioxide content is not only one of the causes of the global warming-up, but also a factor evoking favourable changes for the conditions of plant photosynthesis, whereas different plant species respond to the  $\text{CO}_2$  surplus in the atmosphere in a different way.

The elongation of the vegetation period enables varieties exhibiting a longer growth period (and mostly also a higher productivity) to be grown, whereas the scarcer water supply will incite farmers to grow varieties resistant to drought. Crop composition may also change in favour of growing varieties requiring more heat and tolerant to drought, whereas the production (of) varieties requiring more moisture will drop, and crops that need a cooler and wetter climate( e. g. the potato) will be grown on a smaller area as well. Under the worsening climatic conditions, soil utilization may also change inasmuch as the worse areas (where crop growing is uneconomical) will become pastures or used

for planting less demanding tree (e. g. pine) species. Vegetables requiring plenty of water will be grown more and more on irrigated fields.

The climatic changes will also be accompanied by a stepwise transformation of pests (both flora and fauna), including the appearance of new species (e. g. more frequent invasions of locusts), which will necessitate the transformation of the plant protection system, so that the questions of both chemical and biological control will (have to) be formulated in a different way.

### **CORRELATIONS BETWEEN THE CLIMATIC CHANGES AND HIDROLOGY IN THE CARPATHIAN BASIN**

By:  
**STAROSOLSZKY ÖDÖN**

Revised by:  
**LÁNG ISTVÁN  
VÁRALLYAY GYÖRGY**

According to climatic forecast, Hungarian agriculture in the 21th century may be affected by different effects arising from the global warming-up. According to climate researchers, the process deriving from the interaction of nature and human activity will result in a dryer vegetation period in the Carpathian basin. The consequence of this may be an increased necessity of irrigation, especially if the production of crops grown at present will be carried on.

### **WEATHER AND CROP PRODUCTION**

By:  
**CSELÓTEI LÁSZLÓ - SZÁSZ GÁBOR - KOVÁCS GÉZA J.**

Revised by:  
**LÁNG ISTVÁN  
VÁRALLYAY GYÖRGY**

Crop production is the sector of national economy which is most subject to weather hazard. The (typical) yearly variability of the yield is mainly the result of the changes of the weather which varies from year to year, whereas local soil conditions and production techniques applied influence it as well. The effects of the weather of a given year manifest themselves also in changes of the quality of the agricultural environment, e. g. in the quantity of nitrates washed out into deeper soil layers or in changes caused by erosion and (or) deflation, which react upon the efficacy of crop production and the quality of the crop.



Prediction is enabled by the working hypothesis that even as a result of climatic changes it is not probable that years may arise the weather conditions of which had no analogues during past decades. Differences may occur in the frequency of the different types of years, which manifest themselves under different material, technical, biological, social and economic conditions. All the weather conditions that can be expected have practically occurred already, wherefore their effects can be gauged as well. The task is:

- to determine the types of yearly weather conditions on the basis of past years' weather conditions in different regions of Hungary;
- to predict the frequency of such types;
- to present the role of the interaction between weather and soil;
- to reveal, as a result of the analysis of the effect of the weather conditions of different years upon crop production, the necessary and possible ways of adapting the latter to these conditions in order to make it safe.

Some of the most important statements of research works performed in this field in Hungary are the following:

The uncertainty of the conditions of the emergence of the plants in spring may become one of the critical points with weather variability increasing.

The extreme values of the duration of the vegetation period in Hungary are 210 and 300 days, respectively. This broad interval alone by itself means a natural hazard.

In most places of Hungary, precipitation is the climatic element that plays the major role. According to some estimations, yields are determined by the precipitation up to 70 %, where as all the other factors altogether play only a 30 % role. As for crop production, the number of days with a precipitation ranging from 5 to 20 mm is the most important factor. Unfortunately, in Hungary precipitation is a climatic element which extremely varies both in time and space.

In the central part of the territory between the rivers Danube and Tisza, in the central Tisza valley, and along the Hármas-Körös river the climatic water deficiency amounts to ca. 500 mm per year. Here, only crops highly tolerant to drought can be grown, or irrigation is necessary. On the average, a 250 mm water deficiency per year can be taken into account on the Great Hungarian Plain, and the difference between precipitation and the possible evaporation disappears only on the southwestern border of Transdanubia, there being only very few regions where precipitation exceeds the possible evaporation.

During the second half of the 20th century, the increase of the frequency of draught in winter on the Great Hungarian Plain, as well as the increase of the frequency of draught throughout the year in the whole country could be stated on each meteorological station (except Keszthely and Mosonmagyaróvár). The frequency of subsequent dry winters has increased as well, whereas the frequency of subsequent dry summers has decreased.

Another typical change is the rise of the frequency of weather conditions exhibiting an extraordinary or extreme character, respectively. The frequency of subsequent months with very dry or very moist weather, resp., has increased.

Soil is the most stable factor of agricultural production. It accepts, buffers, accumulates, partially transforms the rapidly changing effects of the weather and the agricultural production techniques, and transfers them to plants, animals, and mankind.

In the short run, weather changes cannot alter the properties of the soil which, conversely, modify the effects of the changes of the weather also in the short run. Naturally, in the long run also the soil itself changes under the influence of changing soil genetic conditions. Then the soil thus changed influences the effect of the weather upon agricultural production again in another way.

Among the atmospheric changes to be expected, most certain is the rise of the CO<sub>2</sub> level. In consequence of the increase of both green and root mass which can be predicted along with this process, the soil becomes dry faster, so that house effect. Only soils well supplied with water constitute an exception. If in Hungary the frequency of draught continues to increase, the positive effect of the CO<sub>2</sub> rise will be counterbalanced by the negative effect of the draught.

The effect of draught can and must be compensated by fertilization. However, the possibilities of the latter are limited, since in extremely dry years mineral fertilizers may even decrease the yields in consequence of their salt effect.

The changes of erodability can be expected in consequence of any weather change. Water erosion may increase not only in consequence of the increase of precipitation, but also as a result of rising inequalities of its distribution. Along with increasing draught, the plant cover decreases, making the soil surface more subject to the effect of intense rainfall.

The degree of counterbalancing the consequences of extreme weather conditions affecting crop growing is determined by the value of the crops produced on area unit, i. e. by the intensity of the production.

In order to predict the situation to be expected in the 21st century, the changes of numerous factors must be parallelly taken into consideration. The prediction of the changes of the system, components of which are the weather, the soil, the crop, and the crop growing techniques, postulates a system modelling and a computerized approach, respectively.

In the short run, stochastic statistical models have an advantage, enabling the probability of the occurrence of certain events to be estimated as well. However, they are not suitable for learning the cause-and-effect correlations or the course of the phenomena, and are true only on the site and under the conditions tested. Their advantage is that they can be compiled on the basis of less preliminary data if applied for the same site and the same conditions, temporarily enabling locally a higher accuracy to be obtained than simulation models. On the other hand, the latter mean the future, since they describe also the course of the processes in time, taking the cause-and-effect system into consideration. Their disadvantage is that they require more preliminary data about the system; however, their advantage is that they are more flexible, and capable of continuously being enriched with new data.

---

**SOIL PROTECTION AND ENVIRONMENT-SAVING NUTRIENT MANAGEMENT**

By:  
**FÜLEKY GYÖRGY**

Revised by:  
**LÁNG ISTVÁN**  
**VÁRALLYAY GYÖRGY**

Among the manifold possible prospects for the future, one seems to be sure, i.e. that in Hungary the role of agricultural production will decrease (either deliberately in consequence of the country's joining the European Union, of the intensification of environment management, etc. - or spontaneously), no more overburdening the soils. One of the major problems is the acidification of the latter, a process that can be stopped, as well as the increase of the percentage of saline soils. The humus content of the soil cannot be economically increased to a significant degree even in the long run, wherefore at least the prevention of its further decrease and, as far as possible, the improvement of its quality can be expected. It is desirable to prevent the drop of the nutrient content in soils where it is fair or at least medium, and to increase it in poor soils. The nitrate pollution of the areas will stop. The porosity of the soils will improve, their readily available water content will increase. The harmful fluctuation of the ground water may cease, along with a significant decrease of the areas exposed to internal water or draught. On saline areas, the total salt content in any layer of the soil profile will not exceed 0.01%. The expansion of secondarily salted areas will stop, as well as that of areas subject to soil erosion. On the endangered areas, the average soil loss will not exceed 15 t per ha. The decrease of the areas serving for ecological purposes will slow down, and the efficacy of recultivation will improve.

## CONTENTS

Page

|   |          |
|---|----------|
| "AGRO-21" in brief.....   | 5        |
| 1. Antecedents.....   | 5        |
| 2. Some characteristics of the objectives and the project.....  | 6        |
| 3. Chronology of the realization of the projec.....   | 6        |
| 4. Subprojects and thematic groups of the project.....  | 7        |
|   |          |
| <i>Antal Emánuel - Szesztay Károly: Interactions between the prospective climatic changes and the environment.....</i>              | <i>8</i> |
| Introduction.....   | 9        |
| 1. A short historical review of the climate of the gerion.....  | 10       |
| Historical past and geologic long past.....   | 10       |
| The climate of the Carpathian basin during the past fifteen hundred years.....  | 11       |
| The complexity of forecasting the prospective climate.....  | 12       |
| 2. Prediction of the possible climatic changes in Hungary.....  | 13       |
| A global prognosis.....   | 13       |
| Changes to be expected in Hungary.....  | 14       |
| 3. Estimation of the effect of the forecast climatic changes upon the water resources.....  | 14       |
| Direct and indirect effescts of the climatic changes upon the water resources.....  | 14       |
| Climatic water deficiency and irrigation water requirement.....   | 16       |
| 4. Prediction of the effects of the forecast climatic changes upon the soils.....   | 16       |
| 5. Estimation of the effects of the forecast climatic changes and their water balance consequences upon the natural vegetation..... | 18       |
| 6. Prospective effects of the forecast climatic changes upon the utilization of the soils and the primary biomass production.....   | 20       |
| Effects of the climatic changes upon the utilization of soils and the biomass production.....                                       | 20       |
| International co-operation in order to estimate the climatic changes and their consequences.....                                    | 22       |
| Literature.....   | 27       |
| Tables.....   | 29-31    |
| Figures.....  | 32-40    |

|   |    |
|---|----|
| <hr/>   |    |
| Starosolszky Ödön: <i>Correlations between the climatic changes and hidrology in the Carpathian basin</i> ..... | 41 |
| 1. Effects of the climatic changes upon the hidrologic and water quality parameters.....                        | 41 |
| Probable effects and their research.....  | 41 |
| Recapitulation of the main results.....   | 42 |
| 2. Correlations between draught and water management.....   | 45 |
| 3. Effects of the climatic changes upon the water management in Europe.....                                     | 47 |
| Literature.....   | 49 |
|   |    |
| Cselőtei László - Szász Gábor - Kovács Géza J.: <i>Weather and crop production</i> .....                        | 50 |
| Introduction.....   | 52 |
| 1. Types of years with different weather and their regional distribution.....                                   | 53 |
| Temperature.....  | 53 |
| Precipitation.....  | 55 |
| Evaporation.....  | 58 |
| Multidimensional climatic analysis.....   | 59 |
| 2. Evaluation of the prospective weather changes.....   | 60 |
| Reliability of the weather changes.....   | 60 |
| Global and local changes.....   | 60 |
| Changes to be expected in Hungary.....  | 61 |
| 3. Interactions between weather and soil.....   | 61 |
| Soil modifying the effect of the changes of weather.....  | 61 |
| Direct and indirect effects of the weather.....   | 62 |
| Modifications of the increase in carbon dioxide concentration.....  | 62 |
| Soil modifying the effect of the changes of temperature.....  | 62 |
| Soil modifying the predicted increase in draught.....   | 63 |
| Changes of weather modifying the soil properties.....   | 64 |
| 4. An analysis of the types of years regarding crop production.....   | 65 |
| The effect of the distribution of weather factors upon crop production.....                                     | 65 |
| Role of the species and the variety.....  | 66 |
| Role of the stage of development and the time of production.....  | 66 |
| Role of competing species.....  | 67 |
| The objective of the crop production and the adaptability.....  | 67 |

|  |       |
|--|-------|
| 5. The possibility of maintaining crop production under the changing conditions..... | 67    |
| 6. The modelling of crop production.....   | 68    |
| Modelling by means of statistics.....  | 68    |
| Modelling by means of simulation.....  | 69    |
| Literature.....  | 69    |
| Tables.....  | 70-80 |
| Figures.....   | 81-87 |

Füleký György: *Soil protection and environment - saving nutrient management*..... 88

|  |    |
|--|----|
| Introduction.....  | 88 |
| 1. The chemical reaction of the soils.....               | 89 |
| The present situation.....                               | 89 |
| The objectives to be attained.....                       | 89 |
| The possible solutions.....                              | 90 |
| 2. The humus state of the soils.....                     | 90 |
| The present situation.....                               | 90 |
| The objectives to be attained.....                       | 90 |
| The possible solutions.....                              | 90 |
| 3. The easily soluble nutrient content of the soils..... | 91 |
| The present situation.....                               | 91 |
| The objectives to be attained.....                       | 91 |
| The possible solutions.....                              | 91 |
| 4. The physical state of the soils.....                  | 91 |
| The present situation.....                               | 92 |
| The objectives to be attained.....                       | 92 |
| The possible solutions.....                              | 92 |
| 5. The water balance of the soils.....                   | 92 |
| The present situation.....                               | 92 |
| The objectives to be attained.....                       | 92 |
| The possible solutions.....                              | 92 |
| 6. The salting of the soils.....                         | 93 |
| The present situation.....                               | 93 |
| The objectives to be attained.....                       | 93 |
| The possible solutions.....                              | 93 |
| 7. The erosion.....                                      | 93 |

---

|  |       |
|--|-------|
| The present situation.....                       | 93    |
| The objectives to be attained.....               | 94    |
| The possible solutions.....                      | 94    |
| 8. The pollution of the soils.....               | 94    |
| The present situation.....                       | 94    |
| The objectives to be attained.....               | 94    |
| The possible solutions.....                      | 95    |
| 9. The ecological function of the soil.....      | 95    |
| The present situation.....                       | 95    |
| The objectives to be attained.....               | 95    |
| The possible solutions.....                      | 95    |
| 10. The aesthetic value of the landscape.....    | 95    |
| The present situation.....                       | 95    |
| The objectives to be attained.....               | 96    |
| The possible solutions.....                      | 96    |
| 11. How to shape plant nutrition to-morrow?..... | 96    |
| Tables.....                                      | 97-98 |
| Appendix.....                                    | 99    |

## E SZÁMUNK SZERZŐI ÉS LEKTORAI:

**Antal Emánuel**, miniszteri tanácsadó, Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium

**Cselótei László**, kutató professzor, Gödöllői Agrártudományi Egyetem

**Füleky György**, tanszékvezető Egyetemi Tanár, Gödöllői Agrártudományi Egyetem Talajtani és Agrokémiai Tanszék

**Gáborjányi Richárd**, tudományos igazgatóhelyettes, MTA Növényvédelmi Kutató Intézete

**Kovács Géza János**, tudományos főmunkatárs, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete

**Láng István**, az „AGRO-21” Programbizottság elnöke

**Mócsényi Mihály**, egyetemi tanár, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem

**Starosotszky Ödön**, főigazgató, Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet

**Szász Gábor**, tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Agrártudományi Egyetem Agrofizikai és Agrometeorológiai Tanszék

**Szesztay Károly**, a Vízügyi Szolgálat nyugdíjasa, volt ENSZ tisztviselő

**Újváry István**, tudományos főmunkatárs, MTA Növényvédelmi Kutató Intézete

**Várallyay György**, intézeti igazgató, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete