

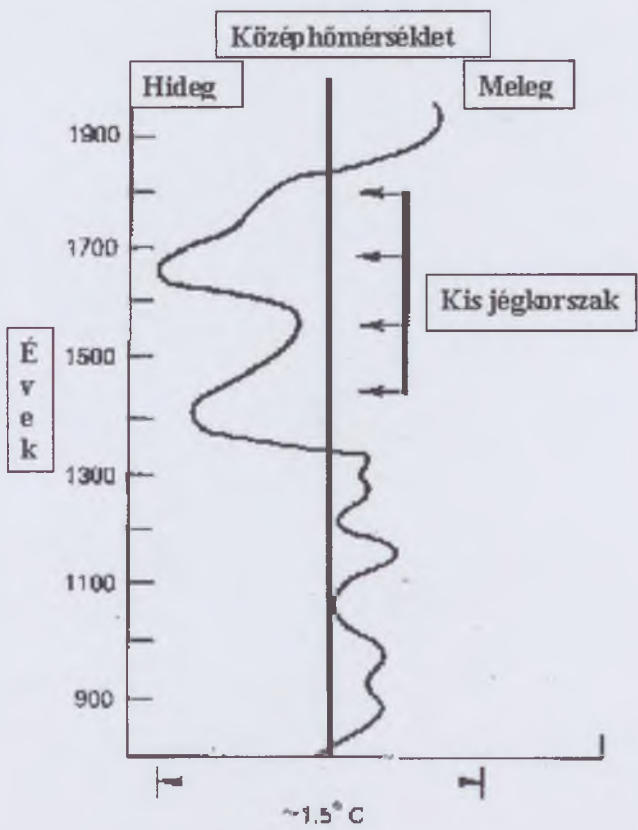
319. 869

31/2002

"AGRO-21" Füzetek

AZ AGRÁRGAZDASÁG JÖVŐKÉPE

A TARTALOMBÓL



Éghajlatingadozások Kelet-Európában az elmúlt ezer év folyamán

Forrás: Varga-Haszonits tanulmánya

Klimaváltozás – hatások – válaszok

Éghajlati rendszerek

Éghajlati scenáriók

Klimaváltozás gyepekre gyakorolt hatása

Klimaváltozás állattartást erő hatásai

Szimulációs modellek

Klimaváltozás várható hatásai őszi búzára

Évjárat hatások az őszi búza termésére és minőségére

Hírek – események

Az „AGRO-21” Füzetek 1–30. számaiban megjelent tanulmányok jegyzéke

Az MTA összefogásában kutatott témakörökben megjelent könyvek jegyzéke

2003. 31. 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:
CSETE LÁSZLÓ

KIADJA:
AZ „AGRO-21” KUTATÁSI PROGRAMIRODA
1061 Budapest, Andrásy út 23.

FELELŐS KIADÓ:
LÁNG ISTVÁN
akadémikus

ISSN 1218-5329

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

TARTALOM

TANULMÁNYOK

<i>Láng István</i> : Bevezető gondolatok „A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok” című MTA–KvVM közös kutatási projekthez	3
Összefoglalás	3
Visszatekintés	3
A hazai helyzet	5
A kutatási projekt célkitűzései	7
<i>Varga-Haszonits Zoltán</i> : Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scenáriók	9
Összefoglalás	9
Bevezetés	9
Az éghajlati rendszer	10
Az éghajlati rendszer és az egyensúlyi hőmérséklet	11
Az éghajlati rendszer változékony jellege	12
Az éghajlati rendszer modellezése	18
Globális éghajlati modellek	19
Regionális éghajlati viszonyok modellezése	19
Az éghajlat hatása a mezőgazdaságra	20
Éghajlat és mezőgazdaság	20
Hatáselemző módszerek	21
Az éghajlati scenáriók	22
A scenárió fogalma és alkalmazása	22
Regionális éghajlati modellek	24
A hazánkra ható lehetséges éghajlati változások forgatókönyvei	25
Forrásmunkák jegyzéke	27
<i>Szabó Ferenc – Anda Angéla – Ivány Károly – Kovács Alfréd</i> : A globális felmelegedés várható következményei a legeltetésre alapozott szarvasmarhatartásban	29
Összefoglalás	29
Bevezetés	29
A légkör üvegházhatása és okozói	30
A globális éghajlatváltozás	33
Néhány hazai éghajlat módosulási vonatkozás	35
A globális felmelegedés következményei	36
Klímaváltozás várható hatása a gyepgazdálkodásra	42
Az állattartást érő hatások	44

A hőmérsékletváltozás lehetséges hatása a húsmarhák életfolyamataira, termelésére	45
Forrásmunkák jegyzéke	51
<i>Harnos Noémi: A klímaváltozás hatásának szimulációs vizsgálata őszi búza produkciójára</i>	
Összefoglalás	56
Szimulációs modellek használata	56
Klímaváltozási scenáriók	57
A várható klimatikus változások Magyarországon	58
Az emelt légköri CO ₂ koncentráció hatása növények produkciójára	58
A nettó CO ₂ asszimiláció biokémiai modellje	60
Növénynövekedési szimulációs modellek teszteléséhez felhasznált adatok	64
Növénynövekedési szimulációs modellek tesztelése	66
A klímaváltozás hatása az őszi búza termésére	68
Kísérleti kutatás és szimulációs modellek eredményeinek összehasonlítása	71
Forrásmunkák jegyzéke	72
<i>Jolánkai Márton – Szentpétery Zsolt – Szöllősi Gergely: Az évjárat hatása az őszi búza termésére és minőségére</i>	
Összefoglalás	74
Bevezetés	75
A vizsgálatok anyaga és módszere	76
A kísérletek eredménye és diskussziója	77
Forrásmunkák jegyzéke	82

HÍREK – ESEMÉNYEK

FVM–MTA szakértői megbeszélés a „klímaváltozás” projektről (Cs. L.)	83
Ülésezett a Tudományos Tanács (Cs. L.)	84
Summary	85
Contents	89

FÜGGELÉK

Az „AGRO-21” Füzetek 1–30. számaiban megjelent tanulmányok és összefoglalások jegyzéke	91
Az MTA összefogásában kutatott témakörökben megjelent könyvek jegyzéke	101

BEVEZETŐ GONDOLATOK „A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ HAZAI HATÁSOK ÉS AZ ARRA ADANDÓ VÁLASZOK” CÍMŰ MTA-KvVM KÖZÖS KUTATÁSI PROJEKTHEZ

LÁNG ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás több mint három évtizedes múlta visszatekintő nemzetközi eseményei, valamint a magyarországi jelenségek, halasztást nem tűrő módon vetik fel a megválaszolásra váró kérdések sorozatát, melyek megoldása tudományos igényességű, a rendelkezésre álló és a közeljövőben remélt újabb kutatási eredmények nagyszabványú szintézisével remélhető.

A szintézis arra keresi a választ, hogy milyen klímaváltozások várhatók Magyarországon, ennek milyen hatásai lehetnek és erre milyen válaszok adhatók. Az alapkonceptió kulcsszavai: változás – hatás – válaszadás.

A szintézisalkotást öt irányból közelítik a közreműködők, s tevékenységük az agrárágazatok egész rendszerére, továbbá a vízgazdálkodás, környezet és társadalom kapcsolódó összefüggéseire kiterjedő.

A kutatások számításba veszik a párhuzamos tevékenységeket is, azokat, amelyek a klímát valamilyen összefüggésben érinthetik.

A projekt nemcsak a klímavédelmet, hanem egyúttal a fosszilis energiahordozókkal való takarékosagot, így a fenntarthatóságot is szolgálja.

A kutatások előzetes rész megállapításai, következtetései, javaslatok már menet közben publikálásra kerülnek, amit a befejezés után összefoglalók, jelentések követnek.

VISSZATEKINTÉS

A klímaváltozás valószínűsége már a 20. század hetvenes éveinek elején előtérbe került. Az ENSZ Stockholmi Konferenciájának (1972) ajánlásai sürgették a további kutatásokat a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó gázok környezeti hatásainak feltárására. Továbbá a szélsőséges időjárási eredmények okait és következményeit szintén megvizsgálandónak tartották. A későbbi évek mérési eredményei egyértelműen kimutatták, hogy lassan, de észrevehetően növekszik a légkör CO₂ tartalma és a Föld felszínének átlaghőmérséklete.

A 20. század nyolcvanas éveiben egyre több figyelmet fordítottak a lehetséges klímaváltozás okainak, lehetőségeinek feltárá-

sára. A tudósok véleménye megoszlott a tendenciák minősítésében. Természetesen senki sem vonta kétségbe a mért adatok (CO₂ tartalom, átlaghőmérséklet) valódiságát. Sőt még abban is elég nagyfokú egyetértés volt, hogy a klímaváltozás korunk realitása. *A vita a körül csúcsosodott ki, hogy a változás most már meghatározott emberi tevékenység által kiváltott (antropogén jelleget) folyamat-e, vagy csupán egy természetes ingadozás része, ami korábban is előfordult már;* de akkor még nem állt a világ közvéleményének figyelmében. Az ellentmondó vélemények elsősorban a globális felmelegedés körül rajzolódtak ki. A környezetvédők és a politikusok egy része felkarolta a globális felmelegedés valószínűségét, mert valóban jelentős kockázatnak tartották a

kialakuló légköri folyamatokat. A politikusok másik része (elsősorban az iparilag fejlettebb országokban) nem merete, vagy nem akarta felvállalni azokat a gazdasági és társadalmi konfliktusokat, melyek a fosszilis tüzelőanyagok radikális csökkentése esetén jelentkeznének volna és ezért a tudományos kétségeket, bizonytalanságokat hangoztató szakértők véleményét erősítették fel.

A *Változó Atmoszféra (The Changing Atmosphere) Konferenciát 1988-ban tartották Torontóban*. Itt már megállapították, hogy az elmúlt száz évben 0,7 Celsius fokkal emelkedett a Föld felszíni átlaghőmérséklete. Ha az eddigi tendenciák folytatódnak, akkor a 21. század közepére 1,5–4,5 Celsius fok közötti további emelkedés állhat elő, ami a sarki jégtakaró részleges megolvasztása útján megnövelheti a tengerek vízszintjét és fokozhatja a szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságát. A Konferencia – többek között – javasolta a kormányoknak olyan energia-politikák kidolgozását, amelyek végeredményben csökkentik a légkörbe jutó CO₂ mennyiségét. Azt ajánlották, hogy 2005-re átlagosan 20%-os csökkentést érjenek el az 1988-as bázishoz viszonyítva.

A *Második Éghajlati Világkonferenciát (Second World Climate Conference) 1990-ben tartották Genfben*. A rendezvény állásfoglalása leszögezte, hogy a 21. században kialakulhat a globális felmelegedés, ha nem történik korlátozás az üvegházhatást kiváltó gázok kibocsátásában. Annak ellenére, hogy tudományos és gazdasági bizonytalanságok és kétségek is vannak, az országok tegyenek hathatós lépéseket a szén-dioxid kibocsátás csökkentésére, illetve a légkör szén-dioxid tartalmának fokozottabb lekötésére az erdőtelepítések segítségével. Sürgették, hogy globális egyezmény szülessen a klímaváltozásról és az összefüggő intézkedések jogi hátterének megteremtéséről. A hosszú távú cél az üvegházhatású gázok (szén-dioxid, dinitrogén-oxid, metán, CFC típusú vegyületek) légköri koncentrációjának olyan szintre való korlátozása, amely minimalizálja a kockázatokat a társadalom és a természetes

ökoszisztémák számára. A fennálló bizonytalanságok nem jelenthetnek kibúvót a megfelelő társadalmi és ökológiai válaszok megadásához.

Közben különböző fórumokon *kidolgozták az elővigyázatosság elvének koncepcióját*, amit az európai kormányok is elfogadtak *Bergenben (1990)*, illetve a világ valamennyi országa *Rió de Janeiróban (1992)*, és melyet újból megerősítettek *Johannesburgban (2002)*. Az elővigyázatosság elvének (precautionary principle) lényege, hogy egyes környezeti folyamatok végső megítélésében a tudomány a jelenlegi helyzetben sokszor nem tud egyértelmű választ adni. Ilyen esetekben – vagyis, ha fennáll a jelentős veszély valószínűsége, bár ez még kétféleképpen nem bizonyított – a döntéshozóknak vállalniuk kell a felelősséget és megfelelő megelőző intézkedések kellő időben való meghozatalára. Ugyanis, ha megvárják, amíg a tudomány minden kétséget kizáróan tisztázza az összefüggéseket és következményeket, akkor már késő lesz helyes döntést hozni. A légkör CO₂ – tartalmának stabilizálása egyértelműen megfelel az elővigyázatosság elvének.

A nemzetközi klíma – konferenciák hatására alakult meg az *Éghajlatváltozási Kormányközi Bizottság (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)*, amely rendszeresen áttekinti az éghajlattal összefüggő vizsgálatok főbb eredményeit, a nemzeti és nemzetközi intézkedések hatásait és ezekről összefoglaló jelentéseket készít a kormányoknak, illetve javaslatokat tesz további lépésekre.

Az *ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciáján (Rió de Janeiró, 1992)* elfogadták a „Keretegyezmény az Éghajlatváltozásról” című jogilag kötelező dokumentumot. Ennek fő célkitűzése az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának stabilizálása olyan szinten, hogy megelőzhető legyen az emberi tevékenységből eredő veszélyes mértékű hatás az éghajlati rendszerre. A Keretegyezmény elsősorban szándékokat fejezte ki, és nem tartalmazott konkrét adatokat a csök-

kentés mértékére, illetve nem tűzött ki határidőket a végrehajtásra.

Öt évvel később, 1997-ben tartották meg Kiotóban azt az értekezletet, ahol hosszas viták után elfogadták az ún. „Kiotói Jegyzőkönyvet”. Sikerült elérni, hogy a fejlett országok számszerűsített kötelezettséget vállaltak az üvegházhatású gázok kibocsátása csökkentésére. A csökkentést egy bázisévhez viszonyítják. Ez általában 1990, de az átmeneti gazdaságú országok (a volt szocialista országok) esetében 1988.

Az Egyesült Államok képviselője aláírta a jegyzőkönyvet, de az amerikai törvényhozás azt nem ratifikálta.

Az Európai Unió tagállamainak átlagos csökkentési kötelezettsége 8%, Magyarorszáé 6%.

Az ENSZ Fenntartható Fejlődés Világkonferenciáján (Johannesburg, 2002) nyomatékosan sürgették a Kiotói Jegyzőkönyv határozatainak megvalósítását.

Sajnálattal kell megállapítani, hogy az elmúlt 25–30 évben hiába került a globális klímaváltozás lehetősége az érdeklődés homlokterébe, az ünnepélyes ígéreteken és a jól megfogalmazott dokumentumokon kívül alig történtek tényleges intézkedések az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére, illetve a tiszteletreméltó pozitív döntések hatását felülmúlta a Föld lakosságának növekedéséből és az energia felhasználás fokozódásából származó többlet emisszió.

A 21. század elején több mint 6 milliárd ember élt a Földön, akiket élelemmel, ivóvízzel, lakással és energiával kellett ellátni. A személygépkocsi száma felülmúlta a 600 milliót és mintegy 2 milliárd lakás számára kellett biztosítani az energiát vagy a fűtéshez, vagy a hűtéshez, illetve a mindennapi élelem elkészítéséhez.

Ilyen körülmények a Föld korábbi története során nem fordultak elő, ezért az antropogén hatások figyelembe nem vétele bizonyára módszertani és szemléleti egyoldalúságot tükröz. Ugyanakkor el kell fogadni, hogy a természetes éghajlati ingado-

zások nem csak a múltban, hanem a jelenben is befolyással vannak az egyes évszakok, évek, vagy többéves ciklusok időjárásának alakulására.

A HAZAI HELYZET

A meteorológiai kutatásoknak gazdag hagyományai vannak Magyarországon. Igen jelentős adatbázis halmozódott fel az elmúlt 150–200 év alatt. A klímaváltozás várható következményeivel is évtizedek óta foglalkoznak a hazai kutatók. Különböző éghajlat változási foratókönyvek készültek. A 20. század kilencvenes éveiben az *Országos Meteorológiai Szolgálat és a Környezetvédelmi Minisztérium* több alkalommal összegezték és publikálták a változások várható tendenciáit és ezek hatásait elsősorban a mező- és erdőgazdálkodásra, továbbá a vízgazdálkodásra és az energiafelhasználásra.

A mezőgazdasági kutatók közel száz éve foglalkoznak az időszakonként fellépő aszályos évek kedvezőtlen hatásainak mérséklésével, a károk megelőzésével. A növénynevelők, a talajműveléssel foglalkozó szakemberek és az erdészek már azokban az időszakokban figyelmet fordítottak az alkalmazkodási lehetőségek kimunkálására, amikor ezeket a kifejezéseket, hogy „környezetvédelem”, vagy „globális klímaváltozás” még nem ismerték és ezért nem is használták.

Egyértelműen állítható, hogy jelentős szellemi potenciál halmozódott fel Magyarországon a klímáról, annak változékonyságáról, a szélsőséges időjárási események előfordulásáról és hatásáról. Átfogó és teljes körű szintézis azonban még nem készült a „változás – hatás – válaszadás” rendszerben. A jelen kutatási projekt alapvető célja megkísérelni az eddigi eredményekből, és néhány részterületen elérhető új ismeretekből létrehozni ezek nagyrendszer szintézisét, amelyből megfelelő következtetések vonhatók le a további tudományos kutatások, a

gazdaságpolitikai és társadalompolitikai döntések számára, rövid-, közép-, és hosszú távon, illetve regionális és országos vonatkozásban egyaránt.

A klímavédelem elsősorban azt jelenti, hogy csökkenteni igyekeznek a légkörbe kijutó üvegházhatást kiváltó gázok mennyiségét. Magyarország mintegy 0,5%-kal járul hozzá a Föld légkörébe kijutó gázok felhalmozódásához. A viszonylag csekély arány ellenére elfogadhatatlan az olyan nézet, amely figyelmen kívül hagyja a globális érdekeket. Magyarország nemzetközi kötelezettségeket vállalt. A Kiotói Jegyzőkönyvben foglalt 6% CO₂ csökkentés teljesítése nem jelent nagyobb nehézséget, mert a hazai nehézipar jelentős leépítése alapján véve lehetővé vált annak elérése. Ugyanakkor a gépkocsi állomány nagymérvű növekedése fokozza a CO₂ és a dinitrogén-oxidok kibocsátását.

Fontos hangsúlyozni, hogy a CO₂ emiszió csökkentése *nem csak klímavédelmet jelent*, hanem a természeti erőforrások egyik nagyon fontos csoportjának, *a fosszilis tüzelőanyagok takarékos felhasználását is*, ami a fenntartható fejlődés egyik előfeltétele.

A Nemzeti Környezetvédelmi Program 2003–2008, kilenc akcióprogramot tartalmaz. Ezek között található az Éghajlatváltozási akcióprogram, amelyre 6 év alatt 262 millió forintot kívánnak fordítani. Az akcióprogramon belül a következő specifikus és operatív célkitűzések szerepelnek, amelyekkel koordinálni szükséges a jelen kutatási projekt feladatait:

- Az energiagazdálkodási tevékenységből eredő légköri kibocsátások csökkentésének előmozdítása.

- Megújuló energiaforrások hasznosításával kapcsolatos technológiák fejlesztése és terjesztése.

- A közlekedési eredetű szennyező anyagok kibocsátásának mérséklése.

- Az üvegházhatású gázok mezőgazdasági és hulladék eredetű kibocsátásának mérséklése, valamint a szén-dioxid nyelőkapacitások erősítése.

A klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak ellensúlyozására megfelelő alkalmazkodási stratégiákat és eljárásokat szükséges kidolgozni. Ezek a több évre kialakuló ciklusokra, illetve a szélsőséges időjárási eseményekre irányulhatnak. Ez utóbbiak megjelenése nagy valószínűséggel bekövetkezik, de nem lehet megbízhatóan prognosztizálni típusukat és időpontjukat.

A Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Programok környezetvédelmi, illetve agrárgazdasági jóváhagyott projektjei között több olyan található, amely kapcsolatba hozható a klímaváltozással és annak hatásaival. Ezek között találhatóak a következők:

- Felhasználó-orientált meteorológiai, éghajlati és környezeti információ-szolgáltató rendszer tudományos módszertani bázisának és szolgáltatásainak fejlesztése.

- A nemzeti erdővagyon minőségi fejlesztésének és bővítésének, valamint a fahasznosítás korszerűsítésének programja.

- A Kárpát-medence éghajlatának tendenciái és ezek lehetséges hatása a levegőminőség alakulására.

- Klímaváltozás, tájhasználat, ökoszisztéma.

- Erdő és klíma.

- Szél és napenergia Magyarországon.

Ugyancsak az NKFP keretében zajlik *Várallyay György* vezette konzorcium keretében az *agrár ökoszisztémák* újszerű megközelítésben zajló kutatásai, melyek – érthetőek – szorosan összefüggenek a klímával, a klíma ingadozásával, változásával.

NKFP pályázatos témája a „*Precíziós növénytermesztés*”, amely *Németh Tamás* összefogásában, konzorciumban folyik, s ugyancsak szorosan kötődik az éghajlati viszonyokhoz, akárcsak s „*Búza konzorcium*” *Nagy János* a „*Kukorica konzorcium*” *Dudits Dénes* vezetésével folyó kutatások.

A felsorolt projektek 3–4 évre szólnak jelentős pénzügyi támogatással.

A Magyar Tudományos Akadémia, az Oktatási Minisztérium, a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium és az Országos Tudományos Kutatási Alap szintén finanszíroznak olyan kutatási témákat, amelyek va-

lamilyen kapcsolatban állnak a klímaváltozás hatásainak vizsgálatával. Példaként említhető az aszálykárok elemzése, a gazdasági növények biotikus stressztűrő képességének kutatása, a megnövekedett légköri CO₂ tartalom és a biomassza képződés közötti összefüggések vizsgálata, de itt említhető az öntözési technológiák korszerűsítése is.

Több környezet- és természetvédelmi társadalmi szervezet (pl. Energia Klub, Levegő Munkacsoport, WWF Magyarország, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Magyar Természetvédők Szövetsége) *tanulmányokat publikáltak* a klímaváltozás témaköréből. Ezek szintén hasznosíthatók a szintetizáló szakaszban.

A vázolt áttekintés azt a nézetet erősíti, hogy feltétlenül indokolt egy nagyméretű és interdiszciplináris szintetizáló tevékenység kísérlete, melyben a részvétel önkéntes, mindenki megőrzi a szellemi tulajdonára vonatkozó jogait és nyilvánvalóan eleget tesz beszámolási kötelezettségeinek a pénzügyi támogatást adó szervezet, intézmény felé. Ugyanakkor az összesített eredmények impulzusokat – remélhetőleg finansziális jellegűket is – adnak a további egyéni vagy csoportos kutatómunkákhoz, valamint a gazdasági és társadalmi döntések meghozatalához.

A KUTATÁSI PROJEKT CÉLKITŪZÉSEI

A projekt tematikai terve széles területet ölel fel: meteorológia, mezőgazdaság, ezen belül növénynevelés, növénytermelés, kertészet, rét- és legelőgazdálkodás, növényvédelem, állattenyésztés, továbbá erdészet, növényéletlen és stressztűrő képesség, élelmszertermelés és kereskedelem, természetvédelem és ökológia, földhasználat, vízgazdálkodás, turizmus, regionális fejlesztés, települések energiaellátása, közlekedés, környezetegészségügy, katasztrófavédelem, klímavédelem, illetve gazdasági és jogi szabályozás minden felsorolt területen, kockázatelemzés, oktatás és képzés.

A projekt alapkoncepciója a „változás – hatás – válaszadás” folyamatok elemzése, feltárása, szintetizálása, ami egyúttal hozzájárulás a fenntartható fejlődés tudományos megalapozásához.

A végrehajtás menete öt nagy fázisra bontható:

1. Adatok, információk begyűjtése, összegzése (hazai és nemzetközi publikált adatok, meteorológiai adatsorok, korábbi szélsőséges időjárási események gyakorisága és ezek gazdasági kártételei, jelenlegi gazdasági és jogi szabályozás, stb.).
2. Összefoglaló tanulmányok készítése felkért szakértők segítségével. Ezek részben felölelik a jelenleg folyamatban lévő kutatások eddigi eredményeit, illetve olyan elemzések, amelyek lefedik az ún. „hiányterületeket”.
3. Néhány lehatárolt területen egy-két év alatt teljesíthető expoerimentális vagy modellezési kutatások elvégzése.
4. Az előző fázisok eredményeinek szintetizálása, különböző döntéshozatali szintekre, illetve időszavokra vonatkozó javaslatok kidolgozása.
5. A projekt főbb megállapításainak és javaslatainak széles körű ismertetése a kutatási, fejlesztési és oktatási szakértők között, a különböző szakmai szervezetek, valamint a potenciális ágazati felhasználók bevonása a következtetések és javaslatok kimunkálásába.

A szakértői tanulmányok egységes szemlélettel való elkészítéséhez módszertani segítséget ad *Varga-Haszonits Zoltán* „Az éghajlatváltozás hatásának agroklimatológiai elemzése, éghajlati szcenáriók” című összeállítás, amely publikálásra kerül az „AGRO-21” Füzetek 31. számában. A szintetizáló fázis végrehajtásának módszertani koncepcióját rövidesen el kell készíteni és szakértői vita után szükséges véglegesíteni.

Valószínűsíthető, hogy a szintetizáló fázis következtetéseinek és javaslatainak kimunkálásakor nemcsak a tudományos és gazdasági szféra képviselőivel indokolt sokoldalú eszmecsere folytatni, hanem a politikai

szféra képviselőivel is. Ennek célja elsősorban annak feltárása, hogy hol húzhatók meg a lehetséges kompromisszumok határai. A kutatási projekt azonban igényt tart az önálló és tudományosan megalapozott saját véleményeink kifejezésére.

A klímavédelem megvalósításához, illetve a klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak enyhítéséhez vagy megszüntetéséhez minden bizonnyal szükség lesz a jelenleg gazdasági és jogi szabályozási rendszerek felülvizsgálatára. Új javaslatok esetén társadalmi hatáselemzéseket is szükséges készíteni, nehogy az ajánlások ösztársadalmi vagy nemzetgazdasági szinten nemkívánatos következményeket váltsanak ki.

A kutatási projekt eredményeinek publikálására az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

– Az „AGRO-21” Füzetek. Az egyes tanulmányok lényegét a fontosabb vizsgálatokat, megállapításokat, következtetéseket és javaslatokat tartalmazzák a kiadványok. Ezzel „menet közben” olyan előzetes eredményeket adunk közre, melyek segíthetik a kutatási, termelési és irányítási gyakorlatot. A kutatási projekt időszávjában (3 év) mintegy 10 füzet jelenik meg, ami kb. 50–60 tanulmány ismertetését jelentheti.

– *A műhely tanulmányok.* Néhány jól lehatárolható területről (maximum 3–4) mintegy 15 ív terjedelmű kiadványt jelentetünk meg.

– *Magyar nyelvű könyv* a kutatási projekt eredményeinek teljes összefoglalásáról (mintegy 25 ív).

– *Angol nyelvű kiadvány* a kutatási projekt eredményeiről (mintegy 15 ív).

– *Tömör összefoglalás* az eredményekről és a legfontosabb javaslatokról a döntéshozók számára (kb. 1 ív).

Ezekon kívül természetesen minden szerzőnek joga saját munkájának publikálása hazai és nemzetközi folyóiratokban.

A kutatási projekt *várható eredményei:*

– Remélhetőleg új tudományos eredmények egyes részterületeken.

– Átfogó elemzés a klímavédelem hazai helyzetéről, a klímaváltozás és az időjárási anomáliák várható hatásairól és következményeiről.

– Komplex intézkedési javaslatok a megelőzésre és a kárenyhítésre, országosan és tájanként.

– A kormányzati szféra stratégiai jellegű döntéseihez és intézkedéseihez tudományos alapok.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS MEZŐGAZDASÁGI HATÁSÁNAK ELEMZÉSE, ÉGHAJLATI SZCENÁRIÓK

VARGA-HASZONITS ZOLTÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági termelés szolgáltatja az emberiség számára szükséges élelmet. Mivel a mezőgazdasági termelés a szabad ég alatt folyik, nagy mértékben függ az adott terület éghajlati viszonyaitól. Alapvető feladat tehát, hogy meghatározzuk, hogyan hat az éghajlat a mezőgazdasági termelésre. Ehhez kettős feladatot kell megoldani: az egyik meg kell ismerni, milyen tényezők alakítják az éghajlatot és hatásukra hogyan változik az éghajlat, s melyek a helyi sajátosságai, a másik, hogy az éghajlati viszonyok hogyan fejtik ki hatásukat a mezőgazdasági termelés tárgyaira (növények és állatok) és folyamataira (növekedés, fejlődés, produktivitás).

Az éghajlat tudománya a 20. század utolsó évtizedeiben hatalmas fejlődésen ment keresztül. A technikai fejlődés (műholdas mérések, számítástechnika) lehetővé tették olyan matematikai modellek kidolgozását, amelyek mai ismereteinkre alapozva képesek leírni a légkörben végbemenő bonyolult folyamatokat. Mivel az emberi termelő tevékenység hatására növekszik a légkör széndioxid koncentrációja, emiatt számolni kell az üvegházhatás növekedésével is. Az éghajlati elemek értékei azonban az őket érő számos hatás következtében nem ismétlődnek, hanem egy meghatározott intervallumban ingadoznak. S ma még nem dönthető el, hogy a Föld középhőmérsékletének emelkedése a természetes ingadozás következménye vagy már egy növekvő üvegházhatást mutat. A rendelkezésre álló globális éghajlati modellek (GCM) segítségével a várható éghajlati változások adott feltételek mellett számíthatók. Pontosságuk azonban – még regionális vizsgálatokkal kiegészítve is – erősen vitatott.

A hatásvizsgálatoknál hasonló nehézségekkel kell szembenézni. Mindenesetre a mezőgazdasági termelés szempontjából az éghajlat egyrészt az adott terület természeti adottsága, másrészt hatótényező és kockázati tényező rendszer, s emellett még a környezete által folyamatosan befolyásolt rendszer is. Az agroklimatológia ezt a bonyolult hatásmechanizmust az agroklimatológiai analízis, a matematikai-statisztikai módszerek és a matematikai modellezés segítségével próbálja megismerni. Az eddig elért eredmények biztatóak, de további elmélyült nemzetközi és hazai kutatómunkát igényelnek. Ezzel a tudomány háttérrel célszerű felkészülni arra, hogy egy lehetséges éghajlatváltozás biológiai következményeit felmérjük, hogy kedvező hatásait kihasználhassuk, kedvezőtlen hatásait pedig enyhíthessük. Ilyen körülmények között ésszerű olyan logikai scenáriót választani, amely a nagy valószínűséggel várható hatásokon alapszik. Erre tesz javaslatot a dolgozat.

BEVEZETÉS

A mezőgazdaság a kezdetektől az emberi civilizáció alapja volt és az is marad. Alapvető feladata, hogy olyan hasznos növénye-

ket termesszen, amelyek összegyűjtik a napsugárzás energiáját és elraktározzák azt a növényi termékekben, táplálkozási energiát szolgáltatva a haszonállatok és az ember számára. A mezőgazdaság által termelt

élelmiszer mennyiség tartja fenn a Föld lakosságát. A gazdálkodó gondolja és műveli a földet, minden évben elveti a szükséges növények magvait és learatja a termést. A biomassza egy részét elfogyasztja, a megmaradó részt pedig visszajuttatja a földbe. Ezért a legfontosabb megújítható erőforrásunk a mezőgazdasági termelés.

A mezőgazdasági termelés mindenütt a világon a szabadban történik, emiatt közvetlenül ki van téve a Föld légkörében uralkodó viszonyoknak, hosszabb távon az éghajlatnak. Az éghajlat a mezőgazdasági termelés egyik legfontosabb meghatározó tényezője, amely a növények növekedését, fejlődését és produktivitását egyaránt befolyásolja. Az éghajlat erőforrás, mégpedig az egész emberiség egyik legjelentősebb erőforrása, amelyet hasznosítani lehet, de egyúttal az éghajlat magába foglal olyan tényezőket is, amelyek többféle szempontból is kockázati tényezőt jelenthetnek.

Ahhoz, hogy az éghajlatnak a mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatását megismerhessük, mindenekelőtt ismernünk kell az éghajlati rendszer működését, majd pedig ismernünk kell a légkör, valamint a mezőgazdasági termelés tárgyai és folyamatai közötti kölcsönhatásokat.

A klimatológia tudománya a 20. század utolsó harmadában hatalmas fejlődésen ment keresztül, amit (*Lamb, 2002*) éghajlati forradalomnak nevez, s ezzel szerinte a klimatológia az elismert tudományok sorába emelkedett.

Napjainkban már széles körű adatbázis és ismeretanyag halmozódott fel, a tudomány és a technika fejlődése egyre több új, mennyiségi információt szolgáltat az elmúlt korok éghajlatáról, lehetségessé vált az éghajlati paraméterek globális megfigyelése a műholdak segítségével, a számítógépek kifejlesztése pedig lehetővé tette, hogy a légkörben lejátszódó és az éghajlatot alakító folyamatokat az adott időszakban rendelkezésre álló ismeretek alapján modellezni lehessen.

A fizikai klimatológia és az éghajlati mo-

dellezés kialakulása (*Hartmann, 1994*) lehetővé tette, hogy egyre pontosabb képet kapjunk – földi méreteken is – az éghajlati rendszer működéséről. Nagyban hozzájárult a klimatológia tudományának a fejlődéséhez az a felismerés is, hogy napjainkban az ember a tevékenységével képes befolyásolni az éghajlat alakulását.

A klimatológia fejlődésével az agroklimatológia is nagyjelentőségű tudománnyá vált. Ennek két oka van:

Az egyik, hogy a megnövekedett létszámú emberiségnek változatlan nagyságú termőterületen kell megtermelni a szükséges élelmet. Ez pedig csak az éghajlathoz való minél jobb alkalmazkodással érhető el, aminek alapja a Föld és termőterületei éghajlati viszonyainak egyre részletesebb ismerete.

A másik, hogy ismernünk kell hogyan hat az éghajlat a mezőgazdasági termelés tárgyaira (növény, állat) és folyamataira (növekedés, fejlődés, produktivitás), ha egy esetleges éghajlatváltozáshoz alkalmazkodni szeretnénk.

Az agroklimatológiában napjainkban az éghajlatváltozás mezőgazdaságra gyakorolt hatásának vizsgálata az egyik legkiemelkedőbb jelentőségű terület (*Gates, 1993; Wittwer, 1995; Rosenzweig–Hillel, 1998*). Lényegében olyan kérdésekre keressük a választ, mint pl. „milyen küszöbértékek átlépése esetén válna érzékenyvé a mezőgazdaság az éghajlat változására” vagy „hogya megváltozik az éghajlat az milyen hatással lesz a mezőgazdasági termelésre. S ezek a kérdések a népesség számára történő élelmiszertermelés szempontjából alapvető jelentőségűek.

AZ ÉGHAJLATI RENDSZER

Az éghajlat a légkörre hosszabb időn át (néhány évtizeden át) jellemző állapot. Maga a fogalom tehát a légkörhöz kapcsolódik. Eleinte úgy gondolták, hogy ez az állapot meglehetősen stabilnak, állandónak tekinthető. Azonban, ha évszázados vagy évezredek

léptékben vizsgálódunk, akkor észrevehetjük, hogy az éghajlat kisebb vagy nagyobb mértékben, de állandóan változik. Sőt a részletesebb vizsgálatok kimutatták, hogy évtizedes léptékben is jelentős ingadozások észlelhetők. Ma már úgy tartják, hogy az éghajlat legfontosabb jellemzője a változékonyság (Wittwer, 1995).

A légkörben lejátszódó folyamatok szoros kapcsolatban vannak a szilárd földfelszínnel (litoszféra), a felszíni és felszín alatti vizekkel (hidroszféra), a szárazföldet és a tengereket borító hó- és jégtakaróval (krioszféra) és az élővilággal (bioszféra). Az éghajlatban lejátszódó változások megmagyarázásához tehát nem elegendő csak a légkört tanulmányozni. Ezért ma már a légkörben lejátszódó folyamatokat a légkör és a többi környezeti rendszer vele kölcsönhatásban lévő, az éghajlatot alakító és befolyásoló elemeinek és folyamatainak együttes hatásai alapján elemezzük, s ha a légkör és ezen elemek és folyamatok kapcsolatát hosszabb időszakra vonatkozóan szemléljük, akkor éghajlati rendszerről beszélünk.

Az éghajlati rendszer és az egyensúlyi hőmérséklet

Az éghajlati rendszer az éghajlatot hosszú távon kialakító és befolyásoló tényezők és folyamatok egymáshoz kapcsolódó, összefüggő együttese.

Ennek a rendszernek a fő energiaforrása a napsugárzás, amely az egész rendszert működésben tartja. A Napból az energiamennyiség minden irányban kiáramlik. Ha a közepes Nap-Föld távolságnak megfelelő sugarú gömbfelületet képzelünk el, akkor a Föld Nap felé fordított része az egy másodperc alatt kiáramló energiának mintegy egy milliárdod részét kapja (Campbell, 1977). A légkörben (atmoszféra) lévő gázok és aeroszolok a rövidhullámú sugárzást visszaverik, elnyelik, szórják vagy átengedik. Az aeroszolok a felhők kialakulását is segítik. A nitrogén, az oxigén és elsősorban az ózon a

nagy energiájú, sejtroncsoló hatású ultraibolya sugárzást elnyeli, s ezzel védi az életet. A Földet körülvevő és védőhatást nyújtó ózonréteget ezért „ózonpajzs”-nak is szokták nevezni.

A Napból érkező sugárzásnak azt a részét, amely a növények szervesanyag termeléséhez szükséges energiát szolgáltatja, a légkör kevés veszteséggel átengedi. A légkör tehát a fotoszintetikusan aktív sugárzás számára „ablakot nyit”.

A légkörön áthaladó sugárzás a földfelszín elérve visszaverődik vagy elnyelődik, attól függően, hogy a felszín milyen közeg alkotja. A földfelszín mintegy 70%-át víz borítja (hidroszféra), ezért ez a legnagyobb közeg, amely a légkörrel kölcsönhatásban van. A víz a ráeső sugárzás jelentős részét elnyeli, s mivel nagy a hőkapacitása, nagy mennyiségű hőt képes raktározni. A tengeráramlások pedig a hő területi eloszlásában játszanak fontos szerepet. A földfelszín fennmaradó 30%-a szárazföld (litoszféra). A szárazföld több sugárzást ver vissza, mint a víz, de kisebb hőkapacitása miatt gyorsabban felmelegszik, mint a víz és gyorsabban le is hűl. Az óceánok és a szárazföldek pólusokhoz közeli területein különböző vastagságú hó- és jégtakaró borítja a felszín (krioszféra), amelynek kiterjedése évszakonként változik. Itt a nagy sugárzásvisszaverőképesség a jellemző. Az óceánok, a szárazföldek és a légkör adnak helyet az élővilágnak (bioszféra), amelyből a napsugárzás felszíni visszaverésében vagy elnyelésében elsősorban a növénytakaró játszik szerepet.

A különböző mértékben felmelegedett felszínek felett a különböző hőmérsékletű légtömegek mozgásba jönnek, s az egyik helyről a másikra hőt szállítanak. A hőszállításnak ezt a módját még a Föld tengely körüli forgása is befolyásolja. Ez a légáramlási rendszer az egész Földet átfogja, ezért általános légkörzésnek vagy általános cirkulációnak nevezzük.

A különböző felszínek által elnyelt hő és az áramlási rendszerek által szállított hő hatására a földfelszín felmelegszik. A föld-

felszín olyan hőmérsékleti értékig melegszik fel, amelyen éppen annyi hőt sugároz ki, mint amennyi beérkezett. Ezt a hőmérsékletet nevezzük egyensúlyi hőmérsékletnek. A fellemegetett földfelszín a nála hűvösebb bolygóközi tér felé hosszúhullámú (hőmérsékleti) sugárzást bocsát ki. Ennek a hosszúhullámú sugárzásnak ugyancsak a légkörön kell áthaladnia, így a légkör összetételétől függően a sugárzás különböző hányadát engedheti át vagy tarthatja vissza.

Ha a Föld légkörében nem lenne vízgőz, széndioxid, s más olyan gázok, amelyek a hosszúhullámú sugárzás jelentős részét nem engedik eltávozni, akkor a Föld középhőmérséklete -18 fok lenne (Hartmann, 1994). Jelenlegi légköri összetétel mellett a Föld középhőmérséklete 15 fok. A légkörben található vízgőz, széndioxid és egyéb gázok tehát azzal, hogy elnyelik és visszasugározzák a földfelszínre a hosszúhullámú sugárzást, a Föld középhőmérsékletét több, mint 30 fokkal emelik. Ez a hatás úgy érvényesül, mintha a légkör „hőtakaró”-t terítene a felszín fölé. Ezt a hatást nevezzük „üvegházhatás”-nak, mert a légkör ugyanúgy, mint az üveg a rövidhullámú sugárzást átengedi, de a hosszúhullámú kisugárzást nem engedi távozni, s ezzel emeli a hőmérsékletet. Ez tapasztalható az üvegházakban.

Az ipari termelés kezdete óta a légköri CO_2 koncentráció fokozatosan emelkedik. Az 1. ábrán látható a 20. század második felében lezajlott emelkedés. A fogazatos görbe az évi eloszlást reprezentálja: a csúcsok jelentik a téli maximumot, a legalacsonyabb értékek pedig a nyárvégi minimumot. Az emelkedő tendencia jól felismerhető az ábrán.

Addig, amíg az éghajlati rendszert semmilyen kényszer ki nem mozdítja jelenlegi állapotából a Föld középhőmérséklete viszonylag állandó marad, a különböző éghajlattípusok jellege és földrajzi eloszlása lényegében nem változik. Ha viszont több energia áramlik be és/vagy kevesebb energia áramlik ki, akkor az egyensúlyi hőmérséklet magasabb lesz. Ha pedig kevesebb energia

áramlik be és/vagy több energia áramlik ki, akkor az egyensúlyi hőmérséklet csökken. Mindkét esetben várható, hogy az egyes éghajlattípusok jellege és földrajzi eloszlása is módosulni fog.

A Föld középhőmérsékletének a változékonyságát a 2. ábra mutatja. Látható, hogy a Föld középhőmérsékletének a változását is emelkedő tendencia jellemzi. Ma még azonban nem lehet eldönteni, hogy ez az emelkedés a természetes hőmérsékleti ingadozás része, vagy valóban a növekvő széndioxid tartalom miatt erősödő üvegházhatás eredménye.

AZ ÉGHAJLATI RENDSZER VÁLTOZÉKONY JELLEGE

Az éghajlat egy adott helyen, a légkör állapotát hosszabb időszakokra vonatkozóan jellemző fogalom. Mivel hosszabb időszakról van szó, az egymásután következő állapotokat leíró éghajlati (meteorológiai) elemek átlagaival szokták jellemezni. A megfigyeléseket és méréseket naponta végzik, s az egymásra következő napokban mért meteorológiai elemekből számitanak dekád, havi, évi és évtizedes átlagokat. Az átlagokkal jellemzett éghajlat azonban a valóságban nem létezik. Mivel az éghajlatot mégis átlagokkal jellemezzük, az éghajlati elemeknek ezek az átlagai könnyen azt a benyomást keltik, mintha az éghajlat állandó lenne.

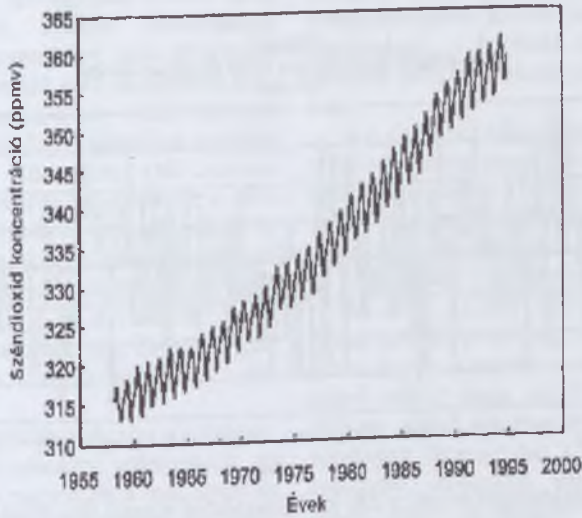
Az éghajlati rendszert alkotó tényezők és folyamatok maguk is számos egyéb tényező befolyása alatt állnak, ezért intenzitásuk ingadozik, s a hatásuk alatt álló éghajlati elemek értékei is kisebb-nagyobb ingadozásokat mutatnak. Az éghajlat tehát a valóságban nem állandó, mert az egyes elemeinek az értékei nem ismétlődnek, hanem különböző szélességű tartományokon belül ingadoznak. Ezért azt mondhatjuk, hogy az éghajlat legfontosabb tulajdonsága a változékonyság.

Az éghajlati változékonyságnak két formája ismeretes. Az egyik esetben a változékonyság abban nyilvánul meg, hogy hol

magasabb, hol alacsonyabb értékek követik egymást, de az ingadozás rendszerint egy, a mindenkori szélsőértékek által meghatározott intervallumon belül marad. Ekkor *éghajlatingadozásról* beszélünk. A másik esetben az ingadozás intervalluma tolódik el

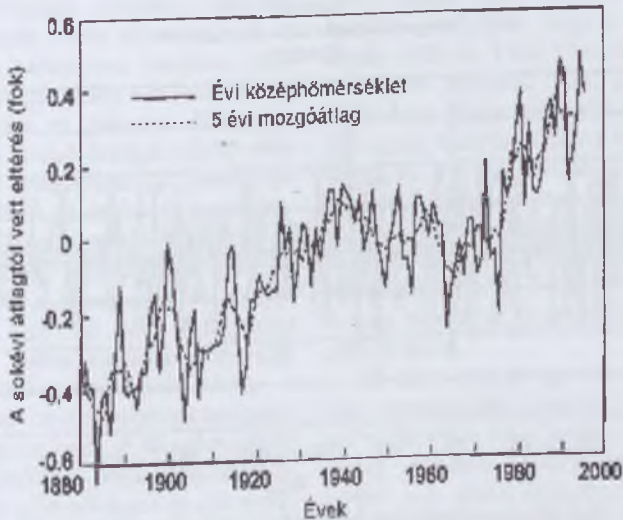
valamilyen irányban: vagy számottevően magasabb vagy számottevően alacsonyabb értéktartományban megy végbe az ingadozás. Ha ez az eltolódás hosszabb időn át tartóssá válik, akkor *éghajlatváltozásról* beszélünk.

1. ábra



A havi átlagos széndioxid koncentráció értékei Mauna Loa (Hawaii szigetek) megfigyelő állomáson

2. ábra

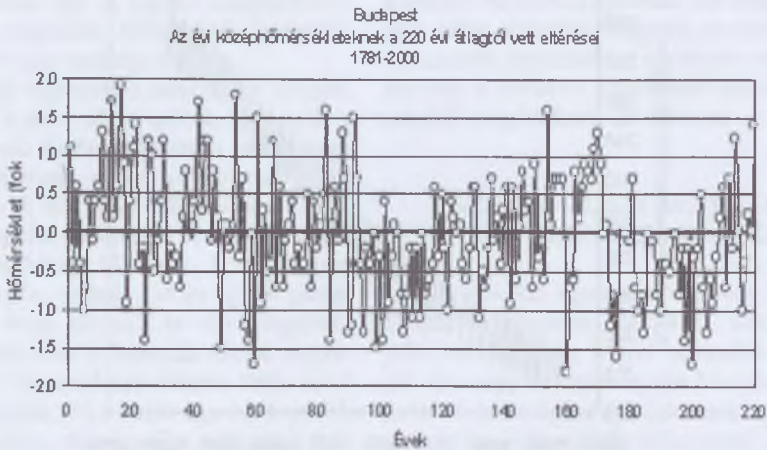


A Föld szárazföldi mérésekre alapozott sokévi középhőmérsékletétől vett évenkénti eltérések

Az éghajlatingadozás. Nyilvánvaló, hogy az éghajlatingadozásnak két interpretációja lehetséges: az egyik az adott érték és a sokévi átlag közötti különbség, a másik az egymásra következő értékek közötti különbség. Előfordulhat, hogy a két különböző interpretáció eltérő eredményre vezet.

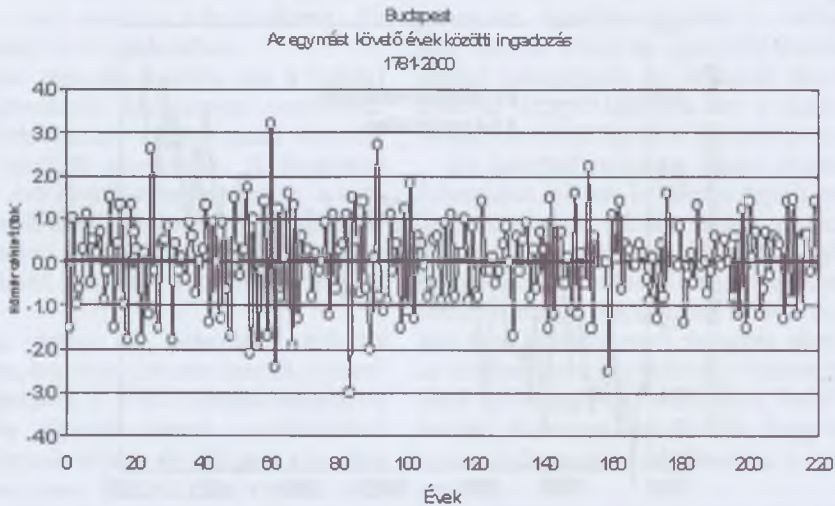
A 3. ábrán látható, hogy Budapest évi középhőmérsékletei a 220 évi átlagérték (10,9 fok) körül ± 2 fokos intervallumban ingadoznak. A változásokban egyes időszakokban emelkedő, máskor süllyedő tendenciák fedezhetők fel, az ingadozások azonban egyik irányban sem lépik túl a 2 fokot.

3. ábra



Az évi középhőmérsékleteknek a 220 évi hőmérsékleti átlagtól vett évenkénti eltérései (a vastag vonal jelenti a 220 évi középhőmérsékletet)

4. ábra



Az egymást követő évek középhőmérsékleteinek különbségei (a vastag vonal jelenti a nulla értéket, amikor egymásutáni két év középhőmérséklete között nincs különbség)

A 4. ábra ugyanarra az időszakra vonatkozóan az egymásra következő évek közötti hőmérsékleti különbségek alakulását mutatja be. Egymásutáni két év középhőmérséklete között már 2 fokot meghaladó különbség is előfordulhat, sőt két egymásutáni év középhőmérséklete több, mint 3 fokkal is különbözhet egymástól. Az egymást követő évek középhőmérsékletei közötti különbségek változásaiban ugyanakkor sem emelkedő, sem süllyedő tendenciák nem ismerhetők fel.

Eltérő következtetéseket lehet levonni akkor is, ha különböző változókat használunk. Ugyanazon időszakra (sőt azonos meteorológiai tényezőre is, mondjuk a nedvességre) két különböző változó esetén az egyik mutathat növekvő, a másik csökkenő tendenciát. A klimatológusok közötti vita elsősorban a definíció és a változók önkényes megválasztása miatt van, nem pedig az eltérő interpretáció miatt (*Schneider, Londer, 1984*).

Amikor az éghajlatingadozást a középértékek körüli ingadozásokkal jellemezzük, az ingadozás abszolút nagyságát a maximum és a minimum közötti különbség adja meg. Természetesen maguk a szélső értékek is változhatnak. A változás lehet valamelyik szélső érték túllépése, ilyenkor éghajlati rekordról beszélünk. Lehet olyan jellegű is, hogy az értékek valamilyen irányban eltolódnak, s ennek megfelelően a szélső értékek is eltolódnak abba az irányba. Ekkor az egyik irányban a szélső értékek körüli értékek gyakorisága megnövekszik, ebben az irányban többször is új rekordok születhetnek. Ugyanakkor a másik szélsőségnél jelentősen kisebb értékek születnek, a gyakran előforduló értékek a középérték irányában visszahúzódnak. Egy idő után a folyamat visszafordul, s a másik irányban növekszik meg a középértéktől vett eltérések száma.

Különösen a növénytermesztés szempontjából fontos, hogy ne csak az átlagértékeket, hanem a szélsőértékeket, azok előfordulásának időszakait és gyakoriságait is ismerjük. Tehát nem elég azt tudni, hogy pl. egy adott helyen az évi középérték 10 fok, vagy a

vegetációs periódus középhőmérséklete 7 fok, hanem azt is ismerni kell, hogy mikor és milyen gyakorisággal fordulnak elő bizonyos küszöbérték alatti (pl. -10 fok alatti) és bizonyos küszöbérték feletti (pl. 30 fok feletti) értékek. Mezőgazdasági szempontból ezek sokszor fontosabbak, mint a sokévi átlagok, mert a növények rendszerint az átlagértékekhez közeli viszonyokhoz alkalmazkodnak, s kevésbé toleránsak az attól jelentős eltérést mutató viszonyokkal szemben.

Az éghajlat változékonysága időben és térben egyaránt megnyilvánulhat. Az időbeli változékonyságot további két csoportra szokták osztani. Megkülönböztetik:

- az évek közötti változékonyságot és
- az éven belüli változékonyságot.

Az évek közötti változékonyságot különösen a mezőgazdasági termelés szempontjából fontos ismerni, mert ebből egyértelművé válik, hogy egyik évről a másikra milyen eltérő viszonyok között folyik a növények termesztése (3. és 4. ábra). Ha hosszabb időszakot veszünk figyelembe, akkor még jelentősebb változékonyságot tapasztalunk. Az 5. ábrán (*Climate and Food, 1976*) – amely az évi középhőmérsékletek ingadozásait érzékelteti 800 és 1900 között – láthatjuk, hogy a vizsgált időszak elején (800 és 1300 között) egy viszonylag melegebb periódus volt, amelyet 1300 és 1800 között egy hidegebb időszak követett (Hunyadi Mátyást a Duna jegén választották királlyá). Ezt az időszakot szokás „kis jégkorszak”-nak nevezni. Ez egész Európára, sőt az Atlanti-óceán térségére is jellemző volt (ekkor pusztultak el a grönlandi viking települések). Az 1800-as évek közepétől azután ismét egy melegebb időszak következett (3. ábra).

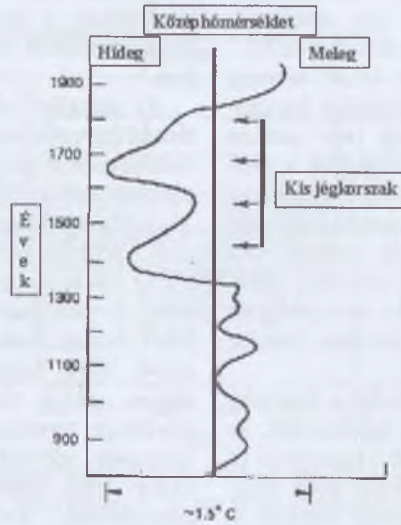
De nem csak az egymást követő évek során tapasztalunk jelentős változásokat, hanem egy adott éven belül is az egyes évszakokra jellemző változásokkal kell számolnunk. A 6. ábrán látható a hőmérséklet jellegzetes évi menete, amelyet a Földnek a Nap körüli keringése, a Föld forgástengely-

ének a keringés síkjával bezárt szöge és a tengelye körüli forgása együttesen alakít ki. Ezért ez meglehetősen nagy szabályosságot mutat.

A térbeli változékonyság fő jellemzője az, hogy a meteorológiai elemek értékei pontról pontra változnak, ezért a hosszabb időszakra

meghatározott átlagaik is eltérnek egymástól (Magyarország éghajlati atlasza 2000). Általában a folytonos meteorológiai elemek értékei nagyobb területre vonatkozóan közel azonos értékűek maradnak. A nem-folytonos elemek értékei azonban már kis távolságon belül is jelentősen eltérhetnek egymástól.

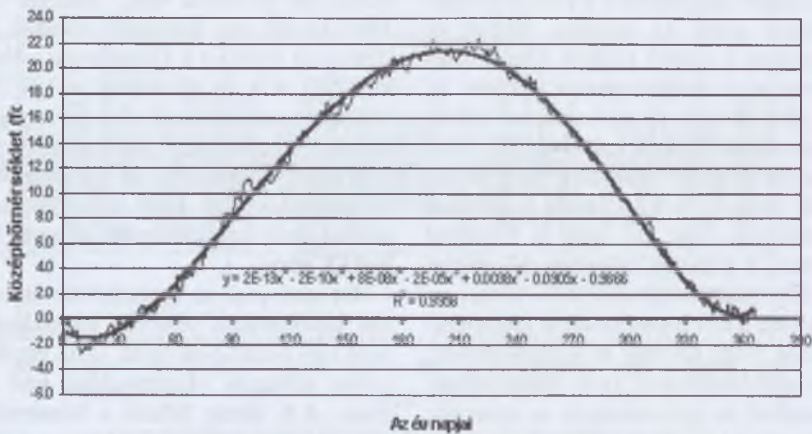
5. ábra



Éghajlatingadozások Kelet-Európában az elmúlt ezer év folyamán

6. ábra

Budapest
1951-1990



Budapest napi középhőmérsékleteinek évszakos változásai

Az éghajlatváltozás. Éghajlatváltozásról akkor beszélhetünk, ha az éghajlati elemek ingadozásának tartományai vagy a magasabb vagy az alacsonyabb értékek irányában észrevehető módon eltolódnak és ez az állapot hosszabb időszakon át fennmarad. Az éghajlatváltozást nagyon nehéz definiálni, s nehéz megkülönböztetni az éghajlatingadozástól. Előfordulhat, hogy az ingadozás tartománya jelentősen eltolódik a magasabb értékek irányában, s ott hosszabb ideig fennmarad. Ezt önmagában éghajlatváltozásnak lehet tekinteni. Azonban nem lehet kizárni, hogy egy hosszabb időszak elteltével az ingadozás intervalluma az alacsonyabb tartományokba helyeződik át. Ez esetben a két egymásutáni időszakot együtt figyelembe véve ismét csak éghajlatingadozásról beszélhetünk.

Az extrém jelenségek. Az agrometeorológiában az extrém jelenségek nemcsak a meteorológiai elemek intenzitás-küszöböt átlépő értékeit, hanem a növények életét befolyásoló küszöbértékek átlépését is magukba foglalják.

Meteorológiai küszöbértékek. A meteorológiai elemeknek az addig előfordult legalacsonyabb vagy legmagasabb értékekhez közeli értékeit nevezzük *extrém értékeknek*. Az extrém értékeket általában a saját értékekkel szokták megadni, jelezve, hogy a szélső értéktől számított milyen nagyságú intervallumba esnek. De megadhatók a középértéktől vett eltéréssel is. Az extrém értékeknek fontos jellemzőjük az előfordulási gyakoriságuk is. Az extrém jelenség előfordulhat oly módon, hogy csak egyetlen meteorológiai elem lép túl egy bizonyos értéket (pl. nagy intenzitású zápor = felhőszakadás), s előfordulhat úgy is, hogy egyszerre több meteorológiai elemnél fordul elő extrém érték (pl. a felhőszakadás orkányszerű széllel és jégesóval jár együtt). Ez utóbbi esetben a szűkebb értelemben vett extrém jelenségről van szó.

Amikor tehát egyes meteorológiai elemek értékei meghaladnak valamilyen intenzitás-küszöböt, akkor extrém értékekről, ha több

elem intenzitás-küszöbének a túllépése egyszerre fordul elő, akkor – a szűkebb értelemben vett – extrém jelenségekről beszélünk. Tágabb értelemben az extrém jelenség fogalmába magukat a meteorológiai extrém értékeket is bele kell érteni.

Növényi küszöbértékek. Az agrometeorológiában nem csak akkor beszélünk extrém jelenségekről, ha a meteorológiai elemek a szélső értékekhez közeli értékeket vesznek fel, hanem akkor is, amikor a növényi élet szempontjából fontos küszöbértékeket meghaladnak. Ilyen érték lehet az, amelynél

- télen az áttelelő növények kifagynak;
- tavasszal fagykárt szenvednek;
- a fotoszintézis intenzitása nullára csökken;

- intenzív, a fotoszintézis intenzitását túllépő légzést idéz elő;

- a növényi gyökerek már csak nehezen vagy egyáltalán nem tudnak vizet felvenni;

- a levegő teljesen kiszorul a talajpórusokból, a gyökerek nem jutnak oxigénhez stb.

Természetesen több más, meteorológiai és növényi szempontból fontos küszöbérték is létezik, itt csak néhány gyakrabban előforduló küszöbértékre hívtuk fel a figyelmet.

Speciális értékek. Vannak olyan meteorológiai jellemzőértékek is, amelyek elsősorban növénytermesztési szempontból jelentősek. Ilyen

- a hőmérsékleti összeg, amely azt szeretné kifejezni, hogy a hőmérséklet intenzitásával és tartamával egyszerre hat;

- a nappali középhőmérséklet, amely a fotoszintézis intenzitását befolyásolja;

- az éjszakai középhőmérséklet, amely a sötétben végbemenő légzés intenzitására van hatással;

- a napi hőmérsékleti amplitudó, amely a nettó szerves anyag képződéssel mutat összefüggést;

- az evapotranszspiráció, amely a csupasz talaj és a növényzet együttes párolgását fejezi ki stb.

Mivel ezek az agrometeorológiai értékek szorosan kapcsolódnak valamilyen növényi tulajdonsághoz vagy életfolyamathoz, szélső értékeik még fokozottabb jelentőségűek.

Kockázati tényezők. Mezőgazdasági szempontból azért kell a szélső értékeknek kiemelt jelentőséget tulajdonítani, mert a növények általában a legnagyobb gyakorisággal előforduló középérték körüli viszonyokhoz alkalmazkodnak, ezért az azoktól eltérő értékekre, különösen, ha nagy az eltérés, kedvezőtlen következményekkel reagálnak. Ezért amikor a haszonnövények termesztéséről van szó, akkor az extrém jelenségek – a várt bevétel elmaradása következtében vagy a védekezési költségek miatt – gazdasági szempontból kockázati tényezőt is jelenthetnek.

AZ ÉGHAJLATI RENDSZER MODELLEZÉSE

Általában háromféle modellstratégiát lehet azonosítani. Ezek a következők (Barry-Chorley 1998):

Fekete doboz modellek. Ez magába foglalja a történeti idősorok jövő viszonyokra való extrapolációját, a valóságos mechanizmusok ismerete nélkül. Egy ilyen előrejelzés eltekintve attól, hogy az ingadozást reprezentáló pontokra különböző szorossággal illeszkedik a görbe, még azzal a meglehetősen kérdéses feltételezéssel is él, hogy az elkövetkező években az ingadozást meghatározó tényezők súlya és együttese változatlan marad azokhoz képest, amelyek az előző években hatottak rá. Ebből világosan látszik, hogy ez egy egyszerű és nem kielégítő előrejelzés.

Szürke doboz modellek. Azon a feltevésen alapszik, hogy a legfontosabb változók hatása azonosítható, mérhető és segítségükkel a múltbeli adatsorok kielégítő módon szimulálhatók és az eredményül kapott matematikai modell alkalmas arra, hogy a jövőbeli változások előrejelzésére használjuk. Ennek a módszernek a nehézségei az előre-

jelzéssel kapcsolatban két kategóriába sorolható.

(a) Egyesített görbe illesztése az elmúlt időszakok adataira. A probléma az, hogy tartalmaz-e minden változót? Hogy a hemiszférikus hőmérsékletre gyakorolt tényleges és relatív hatásuk pontosan meghatározott-e? Ésszerű feltételezni, hogy mindenegyes változó hatása független a többi változó hatásától és így lehet-e kumulatív hatást számítani?

(b) Világos, hogy a széndioxid koncentráció pontos előrejelzése nehéz, s a szulfát aeroszoloké és egyéb aeroszoloké pedig még bizonytalanabb.

Emiatt a szürke doboz előrejelzések, bár nagyobb tudományos egzaktuság benyomását keltik, mint a fekete doboz előrejelzések, ugyancsak messze vannak a megfelelő megoldástól. Nyilvánvaló tehát, hogy a globális éghajlati rendszerek bonyoltsága olyan nagy, hogy kizárja a múltbeli adatokra vonatkozó teljes bizalom alapján a statisztikailag vagy empirikusan megalapozott modellek használatát, előnyben részesítve a numerikus modelleket.

Fehér doboz modellek. A modellezés a légkör-szárzsföld-óceán rendszerszerkezetének és működésének részletes megértésén alapul, ezért egy jövőbeli állapotukat lehetséges szimulálni, alkalmazva a feltételezett hatásmechanizmust, különös tekintettel az antropogén hatásokra. Ez numerikus modellépítést jelent, ezért magába foglalja az egyetlen adatbázisba összehozott lokális, időbeli tulajdonságokra vonatkozó információkat, amelyek lehetővé teszik az éghajlati folyamatokra és kölcsönhatásokra vonatkozó hipotézisek szimulálását. A fehér doboz típusú matematikai szimulációk – szemben a fekete és szürke doboz változatokkal – potenciálisan nagyon hatékonyak, de szükség van hozzá a komplex rendszer hatótényezőinek, állapotának, visszacstolásainak, szállítási folyamatainak és változóinak (azaz paramétereinek) nagy mértékű megértésére, beleértve a légkör és az óceánok alapvető törvényszerűségeit, amelyekre a modellek

épülnek. A leghatékonyabb ilyen típusú modellek a légkör-óceán általános cirkulációs modellek (GCM), amelyek három dimenziós tereket használnak a vízszintes és függőleges mozgások nyomon követésénél.

A legnagyobb előnyük a GCM modelleknek, hogy megkísérlik figyelembe venni a légkör-szárzsföld-óceán rendszer szerkezetét és dinamizmusát. A hátrányuk, hogy megpróbálják ezt a maga teljességében végrehajtani, ami óriási adatmennyiséget kíván mind a futtatáshoz, mind a teszteléshez és ami nagyon fontos hátrány, a jövőbeli hatásviszonyok ismeretének a hiánya.

Globális éghajlati modellek

Az *általános cirkulációs modelleket* (GCM = *General Circulation Model*) eleinte a légköri folyamatok modellezésére fejlesztették ki. Később a légkörnek a többi környezeti rendszerrel (litoszféra, hidroszféra, krioszféra, bioszféra) való kölcsönös egymásra hatását is igyekeztek figyelembe venni, s ezeket a modelleket már *globális éghajlati modelleknek* (GCM = *Global Climate Model*) tekintették.

A modellek a földfelszint rácshálózatot fedik le. Egy-egy rácsnégyszöget általában 5 szélességi fok és 5 hosszúsági fok határol (van már 2,5-szer 4 fokos rácshálózat is). Az egyes rácsnégyszögekben lévő légkör függőlegesen általában 2–20 rétegre van tagolva. Az egyes rácsnégyszögek felszíne lehet szilárd talaj, növényzet, víz, hó és jég. Szerepel ezenkívül a modellekben a hegységek kiterjedése is. A légkörben pedig a felhőzet típusát, szélességét és magasságát (vastagságát) veszik még számításba a modellek.

Egyensúlyi modellek. Vannak éghajlati modellek, amelyek azt a feladatot tűzték ki célul, hogy meghatározzák az éghajlati jellemzőket arra az esetre, ha a légkör széndioxid-tartalma megduplázódik. A széndioxid-tartalom megduplázódását feltételez-

ve, addig futatják a modellt, amíg az nem mutat energiaegyensúlyi állapotot, vagyis egy olyan állapotot, amelyben a felszínre érkező és onnan távozó energia mellett ki nem alakul egy viszonylag stabil felszín-hőmérséklet. A modell által ilyen körülmények között meghatározott éghajlati paraméterek mutatják a megduplázott széndioxid-tartalom következtében megváltozott éghajlati viszonyokat.

Tranziens modellek. A modellek másik változata lehetővé teszi a fokozatosan növekvő széndioxid-tartalom mellett ugyancsak fokozatosan változó éghajlati viszonyok meghatározását. Ezek a modellek egyes kutatók szerint jó egyezést mutatnak a Földön megfigyelt tényleges éghajlati változásokkal. Más kutatók azonban kifejezik e modellek eredményeivel kapcsolatos fenntartásaikat, amire a későbbiek során igyekezünk a figyelmet felhívni.

Regionális éghajlati viszonyok modellezése

Regionális éghajlati modellek. A regionális éghajlati modellekre vonatkozó igény hamar megfogalmazódott. Olyan modelleket dolgoztak ki, amelyek finomabb felbontásban modellezték az éghajlatot. Ezek figyelembe vették az adott régió topográfiáját, vegetációjának jellegét, a nagyobb tavakat, általában az éghajlatot befolyásoló fontosabb helyi hatásokat, s így az éghajlati elemek regionális eloszlása fizikailag realisabb módon volt megjelenítve ezekben a modellekben. A regionális modellek többnyire szorosan kapcsolódnak a GCM modellekhez.

A leskálzás módszere. Ennek a módszernek az a lényege, hogy a nagy térségre vonatkozóan a GCM modellek eredményeit veszi figyelembe és a nagyobb térségek (megfigyelt vagy a GCM modell által megadott) éghajlati változói és a kisebb térségek éghajlati változói között empirikus-statisztikai összefüggéseket állapít meg.

AZ ÉGHAJLAT HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGRA

Az éghajlat változása abban a környezetben is változást idéz elő, amelyben a mezőgazdasági termelés (növénytermesztés, állattenyésztés) végbe megy. A legfontosabb éghajlati tényezők: hőmérséklet, csapadék, evapotranszspiráció stb. megváltozása ugyanis megváltoztatja a növények és állatok e tényezőkre történő reagálását. A megváltozott reagálások egymásutánjai pedig kihatással lesznek a növénytermesztés és állattenyésztés egészére.

Éghajlat és mezőgazdaság

Az éghajlat a földfelszín felett elhelyezkedő légkör hosszabb időszakra vonatkozó állapotát jellemzi. Ezért minden szabadban lejátszódó tevékenységet kisebb vagy nagyobb mértékben befolyásol. Az éghajlat legfontosabb jellemzői:

- a) az éghajlat természeti adottság;
- b) az éghajlat hatótényezőrendszer;
- c) az éghajlat kockázati tényezőrendszer és
- d) az éghajlat a környezete által befolyásolt rendszer.

a) *Az éghajlat természeti adottság.* Minden földrajzi helynek van rá jellemző éghajlata, ezért az éghajlatot az emberi tevékenység szempontjából mindig figyelembe kell venni. Különösen így van ez a mezőgazdasági termeléssel, amely a szabadban játszódik le (elsősorban a növénytermesztés), s így az éghajlat eleve megszabja azokat a feltételeket, hogy egy adott területen milyen növények termesztethetők, az év mely időszakában termesztethetők, milyen kockázattal termesztethetők és milyen eredményességgel termesztethetők.

Azt mondhatjuk tehát, hogy az éghajlat a mezőgazdasági termelés alapvető természeti feltételrendszere. Megszabja azokat a körülményeket, amelyek között az adott területen a mezőgazdasági termelés lebonyolódhat. Mivel nem szabályozható, messze-

menően figyelembe kell venni a termelés minden mozzanata során.

Mivel ennek a rendszernek az elemei a legváltozékonyabbak, s mivel ezeknek az elemeknek a változásait szabályozni nem tudjuk, úgy kell alkalmazkodni hozzájuk, hogy a lehető legkevesebb többletráfordítással, a lehető legkedvezőbb termés hozamokat lehesen elérni.

b) *Az éghajlat hatótényezőrendszer* Ismeretes, hogy a gazdasági növények termés hozamai évről-évre ingadoznak akkor is, ha a termelés mezőgazdasági feltételei egyébként nem, vagy csak kevésbé változnak. Ennek oka, a meteorológiai viszonyokban megnyilvánuló, évről-évre történő változásokban keresendő. A változékony meteorológiai hatások következményeként tehát a termésstabilitása is csak bizonyos határok között képzelhető el.

c) *Az éghajlat kockázati tényezőrendszer.* A meteorológiai tényezők nagymértékű változékonyasága abban is megnyilvánul, hogy elemeiknek szélsőségesen alacsony és szélsőségesen magas értékei is gyakran előfordulnak. Ezáltal a meteorológiai tényezők a mezőgazdasági termelés alapvető kockázati tényezőit is jelentik. A termelés gazdaságossága szempontjából nem elhanyagolható, hogy egyes extrém hatások milyen intenzitással és milyen gyakorisággal lépnek fel, s a haszonnövényekben milyen károkat (terméskiesést) okoznak.

d) *Az éghajlat a környezete által befolyásolt rendszer.* A 21. század népességi és technikai viszonyait figyelembe véve, mindenkor szem előtt kell tartani, hogy az egyes emberi tevékenységek jelentős befolyással vannak a környezetünkre. Különösen vonatkozik ez az ipari termelésre, de a környezet-befolyásoló emberi tevékenységek közé sorolható a mezőgazdasági termelés is. A legismertebb ilyen mezőgazdasági tevékenységek:

- az erdőirtás, amely csökkenti a széndioxid elnyelését végző zöld növényzetet,
- a mocsarak lecsapolása, mert csökkenti a párolgást és növeli az albedót,

– az öntözés, mert növeli a párolgást és csökkenti az albedót és

– azok a tevékenységek (szántás, ásványi eredetű trágyák használata, tarlótüzek, erdőtüzek stb.), amelyek a levegőbe szilárd részecskéket vagy üvegházhatású gázokat juttatnak.

Az emberi tevékenység éghajlat-befolyásoló hatása területi méretben – a hatás intenzitásától függően – globális, regionális és lokális szinten szokott jelentkezni. A jelen felsorolásban a trópusi erdők nagy méretű irtása a globális szintet jelenti, míg a többi tényező inkább csak regionális vagy helyi szinten hat.

Hatáselemző módszerek

Az éghajlat és a növények közötti kapcsolat elemzése nagyon fontos feladat, hiszen az emberiség mindig adott éghajlati viszonyok között termeli meg a számára szükséges ételmet. Mivel ezek a viszonyok az ember által nem szabályozhatók, a legfontosabb feladat, hogy alkalmazkodjunk hozzájuk. Ahhoz azonban, hogy alkalmazkodni tudjunk, meg kell ismernünk azokat a törvényszerűségeket, amelyekeken keresztül az éghajlati rendszer a növények életét befolyásolja.

A hatáselemzés módszereit két nagy csoportba lehet osztani. A legkézenfekvőbb módszer a rendelkezésre álló meteorológiai és növényi adatoknak a matematikai-statisztikai módszerekkel történő elemzése. A másik lehetőség, hogy az adott időszak ismeretei alapján a hatásmechanizmus működését leegyszerűsített formában megkíséreljük matematikai összefüggésekkel meghatározni.

Az agroklímológiai alkalmazott modelleket sokféleképpen lehet rendszerezni. Ezekkel a kérdésekkel korábban *Baier (1973; 1979; 1981)*, *Biswas (1980)*, *Sakamoto (1981)* és *Haun (1983)* foglalkozott részletesen. A hazai viszonyok közötti alkalmazások elvi-módszertani kérdéseit (*Var-*

ga-Haszonits, 1987) foglalta össze. Az éghajlat-növény kapcsolat modellezésének jelenlegi helyzetéről *Gates (1993)*, *Wittwer (1995)*, valamint *Rosenzweig–Hillel (1998)* monográfiái adnak jó áttekintést.

Figyelembe véve az elmondottakat az agroklímológiai hatáselemzések a következőképpen csoportosíthatók.

Agroklímológiai analízis. Ez a párhuzamos meteorológiai és növényi adatsoroknak mind az időbeli, mind pedig a térbeli matematikai-statisztikai elemzését magába foglalja. Ebbe a témakörbe tartozik a sugárzás- és vízhasznosulás, a termésstabilitás és a terméspotenciál elemzése is (*Rosenzweig–Hillel, 1998*).

Statisztikai modellek. A regresszióanalízis segítségével meghatározott fenológiai, növekedési és terméshozamra vonatkozó összefüggéseket foglalják magukba, ezért regressziós modelleknek is szokták nevezni őket. Ezek a modellek különösen nagy szolgálatot tesznek a fenológiai és termésmodellek kidolgozásában. Meg kell azonban említeni, hogy számos kutató (*Katz, 1977; Biswas, 1980; Hayes et al., 1982; Rosenberg, 1982*) kritizálta a regressziós modellek használatát, mert nincs ok-okozati megalapozottságuk, nagyon nehéz elkülöníteni a meteorológiai és nem-meteorológiai (agrotechnikai) hatásokat és azon az értéktartományon túli értékekre, amelyekre meghatározták őket, nem extrapolálhatók. Ez utóbbi problémát jelent az éghajlatváltozások hatásának elemzésénél is.

Különösen alkalmasak azonban az éghajlatingadozások növényekre gyakorolt hatásának a vizsgálatára. Az éghajlatváltozások elemzésénél a statisztikai modellekkel inkább a kisebb méretű változások elemezhetőek.

Dinamikus modellek. Ezek a modellek lényegében félempirikus modellek, amelyekben nagyszámú mérési adat mutatja a növényeknek az éghajlat és a talaj hatásaira történő reagálását, kiegészítve számos fiziológiai információval (*Gates, 1993*). A modellezés során felhasznált formulák egyaránt

leírják az alapvető fizikai és fiziológiai folyamatokat, valamint a növény és a környezete közötti energia és anyag szállítást. A napjainkig kifejlesztett éghajlat-növény modellek strukturájában számos empirikus és ok-okozati összefüggés található. Ezeknek az összefüggéseknek az alapján képes a modell meghatározni a növény produktumát különböző viszonyok között. Ezért szokták őket egyszerűen szimulációs modelleknek is nevezni.

Ma már minden fontosabb növényre kidolgoztak dinamikus modellt. Ezek a modellek hozzákapszolhatók a GCM modellekhez oly módon, hogy a GCM modellek által megadott kimeneti állapothoz, meg lehet határozni velük a növény produktumát.

A modellben szereplő változókat aszerint is meg szokták különböztetni, hogy az ember által szabályozhatók-e, vagy nem, illetve változó vagy állandó értéket képviselnek-e. Eszerint a következők változatok lehetőségei.

1. Külső vagy ember által nem befolyásolható változók, amelyek elsősorban a meteorológiai változókat (sugárzás, hőmérséklet, csapadék stb.) foglalják magukba.

2. Szabályozható, az emberi tevékenységgel összefüggő változók, amelyek alapvetően az agrotechnikához kapcsolódó tevékenységeket (vetési időpont, vetésmélység, sor- és tőtávolság, műtrágyamennyiség, öntözővízmennyiség stb. megállapítása) ölelik fel.

3. Rendszer paraméterek, amelyek az analitikus kifejezések állandói.

Az ily módon felépített dinamikus modellek lehetővé teszik, hogy velük meghatározzuk a növények időbeli gyarapodását (innen van a dinamikus modell elnevezés). A napenként értékek alapján történő nyomon követés pedig lehetőséget ad a növények meteorológiai elemek iránti érzékenységeinek a vizsgálatára is.

A dinamikus modelleket a következő feltételek mellett lehet használni:

1. Feltételezzük, hogy gyomok, betegsé-

gek és rovarok nem fordulnak elő, s így nincsenek semilyen hatással a növényre.

2. A tápanyagok korlátlan mennyiségben állnak rendelkezésre.

3. A talaj normál állapotú: nem savas, nem lugos, nincsenek benne mérgező elemek, s nem hiányoznak belőle a szükséges ásványi anyagok.

4. Extrém meteorológiai jelenségek (jégeső, aszály stb.) nem fordulnak elő.

AZ ÉGHAJLATI SZCENÁRIÓK

Az éghajlat jövőbeli alakulásának előrejelzése napjainkban még nem megoldott feladat. Tekintettel a feladat bonyolultságára, megoldása a közeli jövőben nem is várható. Napjainkban az éghajlat egy adott jelenlegi állapota – ismereteink szerint – meghatározott valószínűséggel különböző jövőbeli állapotokba mehet át. Hogy abból melyik realizálódik az a kindulási időszakban nem adható meg egyértelműen. Ezért az éghajlat várható, jövőbeli alakulását forgatókönyvek, scenáriók segítségével adják meg. A forgatókönyv az éghajlat egy lehetséges jövőbeli állapotát írja le vagy statisztikai paraméterek vagy szimulációs modellek segítségével.

A scenárió fogalma és alkalmazása

Az éghajlatváltozási scenáriót úgy lehet definiálni, mint az éghajlati viszonyok változásának egy valószínű kombinációját, amelyet a lehetséges hatások tesztelésére és a rájuk történő reagálások értékelésére lehet használni. Az éghajlatváltozás scenáriói jelentik az első lépést az éghajlatváltozás hatásának becslésében. Az éghajlatváltozási scenáriókat fel lehet használni arra is, hogy meghatározzuk az éghajlatváltozás szempontjából mennyire sebezhető a mezőgazdaság (vagy bármely más gazdasági-társadalmi szektor), hogy felismerjük azokat a küszöbértékeket, amelyeknél a hatás negatívá

vagy nagyon súlyossá válik. Arra is felhasználhatók, hogy ugyanabban a régióban összehasonlítsák a különböző gazdasági-társadalmi szektorok sebezhetőségét vagy pedig a hasonló szektorok sebezhetőségét a különböző régiókban. Emiatt az éghajlatváltozási scenáriókat, hogy hasznosak legyenek, regionális skálán kell alkalmazni (Kellogg-Zhao, 1988).

Amíg létezik egy tudományos konszenzus abban, hogy az üvegházhatású gázok megnövekedett koncentrációja valószínűleg emelni fogja a globális hőmérsékletet (a globális csapadékmennyiség növekedésével és a tengerszint emelkedésével együtt), nincs konszenzus abban, hogy milyen gyorsan és mennyire változik meg az éghajlat, hogy a különböző régiók milyen változásokat tapasztalhatnak, vagy hogy az éghajlati elemek (valamint középértékeik) ingadozásai mennyire fognak változni. Azért, hogy meg lehessen birkózni ezekkel a bizonytalanságokkal különböző éghajlatváltozási scenáriókat fejlesztettek ki a területi mezőgazdaságra gyakorolt hatások elemzésére. Ezek a scenáriók az éghajlati elemek logikai alapon feltételezett változásain, a megelőző időszakokban előfordult felmelegedési analógiákon, valamint az általános cirkulációs modellek (GCM) és a regionális éghajlati modellek szimulációján alapszanak.

Egy hatástanulmány tervezése gyakran magába foglal néhány olyan scenáriót, amelyek a globális éghajlatváltozással kapcsolatos ismereteink adott időszakra vonatkozó állapotát tükrözik. Mivel az időszakra vonatkozó ismereteink közismerten nem teljesek és bizonytalanságokkal vannak tele, kívánatos, hogy a scenáriók a lehetséges éghajlati viszonyok széles skáláját fogják át. Több scenárió elemzésével a potenciális reakciók relatív nagyságát és irányát meg lehet becsülni. Tanulmányokat lehet készíteni egy, több vagy sok alternatív scenárió segítségével. Mindazonáltal nehéz, ha nem lehetetlen a különböző éghajlati scenáriók bármelyikének meghatározott valószínűsége

get tulajdonítani az üvegházhatású gázok és a troposzférikus aeroszolok jövőbeli kibocsátásának és az éghajlati rendszer ezen kibocsátásokra történő potenciális reagálásának a bizonytalansága miatt. Emiatt azok a hatástanulmányok, amelyek az éghajlatváltozási scenáriókon alapszanak nem adnak tényleges előrejelzést, inkább a hipotetikus lehetőségeket írják le. Mindenesetre ezek hasznosak annyiban, hogy a kritikus biofizikai és társadalmi-gazdasági rendszerek számára megadják a változások irányát és relatív nagyságát, valamint az éghajlatra érzékeny folyamatok lehetséges kritikus küszöbértékeit. Ezeknek az eszközöknek a segítségével a kutatók és az erőforrások menedzseri képesek olyan gyakorlati feladatokat megoldani, amelyek segítik őket a jövőbeli viszonyok előrelátásában és elő tudnak készíteni ezekhez a viszonyhoz rugalmasan alkalmazkodó módszereket.

Hipotetikus (logikai alapú) scenáriók. A legegyszerűbb scenáriótípus az, amely olyan perspektivikus változásokat vesz figyelembe, mint – a megfigyelt adatok alapján – egy adott hőmérséklet-emelkedés és/vagy egy adott csapadékcsökkenés. Az Egyesült Államokban Waggoner 1983-ban alkalmazta ezt a közelítést, hogy tanulmányozza a terméshozamok alakulását statisztikai regressziós modellek és növény-növekedési modellek segítségével az USA legnagyobb bevetett területén. Az 1 fokos melegedés és a 10%-os csapadékcsökkenés feltételezésével 0,04–0,18 t/ha termés-csökkenést, azaz 2–12% csökkenést becsült. Newman a vegetációs periódus alatti hőmérsékleti összeg alapján vizsgálta a Corn Belt érzékenységet a ± 1 fok napi hőmérsékletváltozás iránt. Azt tapasztalta, hogy a Corn Belt 175 km-t eltolódna az 1 fokos hőmérsékletváltozásra és az eltolódás SSW-NNE irányban menne végbe. Newman a csapadékváltozást nem vette figyelembe, de figyelembe vette a hőmérsékletváltozás potenciális evapotranszpirációra gyakorolt hatását.

Az ilyen egyszerű változások tesztelése

segíti meghatározni a rendszer változásokkal kapcsolatos érzékenységet. Sokan megpróbálják izolálni egyetlen éghajlati változó hatását (pl. a hőmérsékletét), míg az összes többi változót állandóan tartották. Az ilyen vizsgálatok azonban nem adnak átfogó és megfelelő becslést az éghajlati változokról, mert a valóságban a párolgás, a csapadék, a szél és más változók a hőmérséklettel egyidejűleg és kölcsönhatásban maguk is változnak. Például 2 fokos hőmérséklet-emelkedés a párolgás ütemét is növeli, amely viszont fontos a növény növekedése szempontjából, de amely nem tükröződik egy leegyszerűsített szcenárióban.

A logikai alapú szcenáriók lehetőséget szolgáltatnak arra, hogy meghatározzunk érzékenységi küszöbértékeket, s olyan reagálásokat, amelyekhez más típusú szcenáriókat lehet hasonlítani. Több ilyen szcenárió segítségével reagálási diagramot lehet készíteni.

Éghajlati analógiák. A szcenáriók egy másik típusa a hosszúsorozatú éghajlati megfigyeléseken alapul. A megfigyelésekben található hideg és meleg, száraz és nedves periódusokat fel lehet használni arra, hogy segítségükkel modellezzük az éghajlatváltozások hatását.

Nem nehéz azonban felismerni, hogy két azonos helyzetet nagyon nehéz találni, különösen azt feltételezve, hogy azok előidéző okai is azonosak voltak. Ezért az analógiás következtetések sem adhatnak teljes mértékben kielégítő eredményeket.

Globális éghajlati modellek. Az éghajlati modellek segítik az éghajlat és változásainak jobb megértését, s jövőbeli alakulásának előrejelzését. Az éghajlati modellek komplexitás szempontjából széles intervallumot képviselnek a legegyszerűbb általánosan használt (energia, víz és hő) háztartási modellektől a legbonyolultabb matematikai eljárásokat alkalmazó és a legkorszerűbb számítógépeket igénylő modellekig. Ez utóbbiak a légkör széndioxid koncentrációjának növekedésére alapozva készítenek előrejelzéseket a Föld középhőmérséklet-

ének alakulására vonatkozóan. Ezen modellek előrejelzései szerint, a légköri széndioxid ipari forradalom előtti mennyiségének megduplázódása idején a Föld hőmérséklete 1,9–5,2 fokkal fog emelkedni. Sok kutató felveti azonban, hogy a Föld középhőmérsékletének jelenleg is tapasztalható emelkedő tendenciáját nem egyedül a széndioxid tartalom emelkedése idézi elő, hiszen más üvegházhatású gázok légköri koncentrációja is emelkedik, s a természetes éghajlatingadozással is számolni kell. Emellett a felhőzet és az aeroszolok sugárzáscsökkentő hatása sincs kellő mértékben figyelembe véve. S végül, de nem utolsósorban ezek a modellek regionális léptékben nem adnak használható eredményeket, holott a gyakorlati életben éppen ezek az adatok lennének a legfontosabbak.

Regionális éghajlati modellek

A regionális modellek globális modellekbe vannak beágyazva vagy globális modellekhez vannak kapcsolva, ezért használatuk költséges, s így hatáselemzésre való felhasználásuk még kezdeteknél tart. Ahogy a költségek lejjebb szoríthatók, ezek a modellek a hatásvizsgálatokhoz jól használható adatokat adhatnak.

A leskálázási módszer jobb regionális éghajlati előrejelzéseket ad, mint a rácsnéyszögekre közvetlenül vagy interpolációval megadott GCM adatok. Ilyen jellegű vizsgálatokat hazánkra vonatkozóan is végeztek (*Bartholy–Matyasovszky, 1998; Bartholy et al., 2001; Mika–Wantuchné Dobi I., 1998; Mika, 2002*). Ez a módszer azonban kevésbé alkalmazható, amikor az éghajlati elemek térbeli korrelációja nem nagy (pl. nyári zivatarokból származó csapadék esetén stb.). S meg kell említeni azt is, hogy ezek nem ok-okozati összefüggések, s így nem adnak fizikai magyarázatot a jelenségekre, ezért csak arra a területre és arra az adattartományra alkalmazhatók, amelyre meghatározták őket.

A hazánkra ható lehetséges éghajlatváltozások forgatókönyvei

Az éghajlati rendszert két alapvető szempontból kell vizsgálni.

Az egyik szempont: hogyan működik az éghajlati rendszer. Ennek a rendszernek a működéséről minél több ismeretet kell szerezni és a rendelkezésre álló ismeretek alapján lehetőleg minél megbízhatóbban kell modellezni. Különösen jó lenne, ha a rendszer változásait előre tudnánk jelezni. Ez azonban napjainkban nem lehetséges, ezért a jövőbeli változásokra vonatkozóan különböző forgatókönyvek készülnek.

A másik szempont: a hogyan hat az éghajlati rendszer a környezetére és a környezetében végzett emberi tevékenységre.

Az éghajlatváltozás problémáinak a felismerése vezetett oda, hogy 1988-ban a WMO (*World Meteorological Organization*) és a UNEP (*United Nations Environmental Programme*) létrehozta az IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) szervezetét, amelynek feladata, hogy átfogó és objektív tájékoztatást adjon egy lehetséges éghajlatváltozás tudományos alapjairól, várható hatásairól és a hatáshoz való alkalmazkodás és az ellenük történő védekezés lehetőségeiről. A szervezet sem adatokat nem gyűjt, sem kutatásokat nem végez, tájékoztató információit a megjelent szakirodalomra alapozza.

A várható éghajlati változások. Az éghajlat előrejelzése nem megoldott feladat. Tisztában kell lennünk azzal, hogy a múltban és a jelenben mért adatok ismerete nem elégséges. A leghosszabb mérési adat alig több, mint 300 éves. Szükségünk lenne további ismeretekre arra vonatkozóan is, hogy az egyes hatótényezők milyen módon alakítják az éghajlati rendszer változásait. Ez jó alapot adna a tervezéshez.

Ha az éghajlat jövőbeni alakulásáról tájékozódni akarunk, akkor két lehetőségünk adódik (*Easterling et al., 1992*).

1. Feltételezzük, hogy az éghajlat alapvetően nem változik. A jövőben is a sokéves

adatsorok által meghatározott határok között ingadoznak az éghajlati elemek, s azokat vagy nem lépik túl vagy ha túllépik, az csak a határok kitolódását eredményezi.

2. Feltételezzük, hogy ha az éghajlat a jövőben változik, akkor

– a változása statisztikai vizsgálatokkal elemezhető és felderíthető,

– a változása valamilyen, a múltban lejtásódott eseménysorhoz lesz hasonló (analógiák keresése útján meghatározható) vagy

– a változása valamilyen, a jelenben rendelkezésre álló adatok és ismeretek alapján modellezhető (általános cirkulációs modellek).

Hatásvizsgálatok. Az agroklimatológiában a hatáselemzéseket általában kétféleképpen szokták elvégezni (*Lamb, 1987*).

1. A lehetséges éghajlatváltozást leíró GCM (*General Circulation Model, később Global Climate Model*) modellekhez kapcsolják az agroklimatológiai hatásvizsgálatokat, amelyeket különböző intézetekben dolgoztak ki. Néhány nevezetes GCM modellt fejlesztő intézet: a *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)*, a *Goddard Institute for Space Studies (GISS)*, a *National Center for Atmospheric Research (NCAR)* és a *United Kingdom Meteorological Office (UKMO)*. Természetesen rajtuk kívül még számos intézet foglalkozik globális éghajlati modellek kifejlesztésével elsősorban az Egyesült Államokban, Kanadában, Ausztráliában és Franciaországban.

2. Empirikus-statisztikai vizsgálatok alapján végeznek tér- és időbeli elemzéseket (pl. a leghidegebb és legmelegebb időszakok elemzése), keresnek analógiákat és összefüggéseket (a várható változáshoz hasonló időszakokat keresnek ugyanazon hely korábbi éghajlati viszonyai között), s dolgoznak ki olyan modelleket (éghajlat-növény modelleket), amelyeket „ha-akkor” típusú vizsgálatokkal (egy vagy több meteorológiai elem értékének tetszőleges megváltoztatásával) is ki lehet egészíteni.

Természetesen más egyéb módszerek is

használhatók, amennyiben segítségükkel választ lehet adni a várható változásokra. Itt csupán arra törekedtünk, hogy a leggyakrabban használt módszerek jellegére rámutassunk.

Nyilvánvaló az is, hogy az éghajlat változását leíró módszerek már eleve jelentős bizonytalanságot hordoznak magukban. A valóságban ugyanis nem tudjuk, hogy pontosan a modellek eredményeinek megfelelőek lesznek-e a változások, vagy a várttól milyen eltérések alakulnak ki.

Az elemzések gyengeségei. A változások hatását a modellek egy adott valószínűséggel írják le. Így az éghajlati változékonyságot és a változás hatását leíró modelleknek két alapvető gyengesége van (Parry, 1985):

– az egyik, hogy nem tudjuk leírni pontosan az éghajlatban végbemenő rövidebb vagy hosszabb idejű változásokat;

– a másik, hogy napjainkban még elég hiányos ismereteink vannak arról, hogyan hatnak meteorológiai tényezők a növényekre.

Javasolt forгатókönyvek. A forгатókönyvek – mint már korábban említettük – logikai alapú feltételezésekre, analógián alapuló feltételezésekre vagy a globális éghajlati modellek számításon alapuló becsléseire épülnek. Bármelyik módszert alkalmazzuk, meghatározott bizonytalansági tényezővel kell számolnunk. Az analógiás következtetéssel kapcsolatban az a probléma, hogy kicsi a valószínűsége annak, hogy egy múltban lejátszódott időjárási esemény azonos ok-okozati háttérrel megismétlődjék. A modellbecslés bizonytalanságát pedig fokozza, hogy egyetlen állapotra vonatkozik. Ezért a logikai alapú feltételezésekre építettük a várható jövőbeli éghajlati változások hazai forгатókönyveit. Ezek a mezőgazdasági szempontból legfontosabb két éghajlati elemre: a hőmérsékletre és a nedvességre vonatkozóan tartalmazzák a logikailag nagy valószínűségű lehetőségeket.

Meg kell említeni, hogy a széndioxid és más üvegházhatású gázok növekedése napjainkban észlelt tény, azonban e gázok növényekre gyakorolt hatása csak mesterséges

viszonyok között (üvegházakban, fitotrónokban) tanulmányozhatók. Ezért a javasolt forгатókönyvek e gázok hatásának vizsgálatát nem tartalmazzák. Az eddigi vizsgálatok eredményei az irodalom alapján összegezhetők.

1. *Az éghajlat nem változik.* Az alapvető feltételezés, hogy a hőmérsékleti és nedvességi viszonyok, valamint az extrém jelenségek értékei és előfordulási gyakoriságai a jelenlegi állapotokhoz képest lényeges változást nem fognak mutatni. Vagyis a vizsgált hőmérsékleti és nedvességi jellemzők értékei nagy vonalakban a jelenleg ismert szélső értékek között ingadoznak, s az extrém jelenségek előfordulási gyakorisága az eddig megismert határok között ingadozik.

2. *A hőmérséklet fokozatosan emelkedik.* Ehhez a változathoz célszerű legalább két nedvességi változási irányt is kapcsolni.

a) *A nedvesség növekszik.* Ez a melegnedves változat. Ebben az esetben az adott területen a hőmérséklet emelkedése mellett mind a levegő, mind pedig a talaj nedvességtartalmának a növekedésével kellene számolni.

Az extrém jelenségek közül nőne a szélsőségesen magas hőmérsékletek előfordulása, a nagyobb csapadékok és a magasabb légnedvesség gyakorisága. Gyakoribbak lehetnek a belvizek és áradások.

b) *A nedvesség csökken.* Ez a melegszáraz változat. Ekkor a növekvő hőmérséklet mind a levegőben, mind a talajban csökkenő nedvességtartalommal járna együtt.

Az extrém jelenségek közül nőne a szélsőségesen magas hőmérsékletek előfordulása, megnövekedne a száraz időszakok hossza és intenzitása.

3. *A hőmérséklet fokozatosan csökken.* Ehhez a változathoz is célszerű legalább két nedvességi irányt hozzákapcsolni.

a) *A nedvesség növekszik.* Ez a hűvösnedves változat. Ebben az esetben a hőmérséklet csökkenése együttjárna a nedvesség emelkedésével.

Az extrém jelenségek esetében a szélsőségekhez közeli vagy azt túllépő alacsony

hőmérsékletek gyakorisága megnőne, szigorodhatnának az áttelelési viszonyok. Később fejződhetnek be a tavaszi fagyok, s korábban kezdődhetnek az őszi fagyok. Belvizekkel és árvizvel is számolni kell.

b) A nedvesség csökken. Ez a hűvös-száraz változat. Ebben az esetben a hőmér-

séklet csökkenése mellett még a levegő és a talaj nedvességtartalmának csökkenésével is számolni kellene.

Az a) pontban leírt extrém hőmérsékleti jelenségek mellett a száraz időszakok hosszának és intenzitásának növekedésével is számolni lehet.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BAIER, W. (1973): Crop-Weather Analysis Model: Review and Model Development. *Journal of Applied Meteorology*, 937–947. oldal. (2) BAIER, W. (1979): Note on terminology of crop-weather models. *Agricultural Meteorology*, 20: 137–145. oldal. (3) BAIER, W. (1981): Crop-Weather Analysis Models. Application of Remote Sensing to Agricultural Production Forecasting, 108–118. oldal. (4) BARRY, R. G.–CHORLEY, R. J. (1998): Atmosphere, weather and climate. Routledge, London, 409. oldal. (5) BARTHOLY J.–MATYASOVSZKY I. (1998): A Kárpát-medence hőmérsékleti és csapadék viszonyainak alakulása a globális éghajlatváltozások tükrében. Az éghajlatváltozás és következményei. OMSz, Budapest, 117–125. oldal. (6) BARTHOLY J.–MATYASOVSZKY I.–WEIDINGER T. (2001): Regional Climate Change of Hungary: a survey and a stochastic downscaling method. *Időjárás*, Vol. 105, No. 1., 1–17. oldal. (7) BISWAS, A. K. (1980): Crop-climate models: A review of state of the art. In: J. Ausubel and K. A. Biswas eds.: *Climatic Constraints on Human Activities*. IIASA Proceedings Ser. V. 10, Pergamon Press, Oxford. 75–92. oldal. (8) CAMPBELL, I. M. (1977): Energy and Atmosphere. A physical-chemical approach. John Wiley and Sons Ltd., London, 398. oldal. (9) Climate and Food (1976): Climatic Fluctuation and U.S. Agricultural Production. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 212. oldal. (10) EASTERLING, W. E.–ROSENBERG, N. J.–MCKENNEY, M. S.–JONES, C. A. (1992): An introduction to the methodology, the region of study, and a historical analog of climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 59: 3–15. oldal. (11) GATES, D. M. (1993): Climate Change and Its Biological Consequences. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, 280. oldal. (12) HARTMANN, D. L. (1994): Global Physical Climatology. Academic Press, New York, 411. oldal. (13) HAUN, J. B. (1983): Mathematical Models in Agrometeorology. CAGM Report, No. 14, 10. oldal. (14) HAYES, J. T.–A. O'ROURKE–W. H. TERJUNG–P. E. TODHUNTER (1982): A feasible crop yield model for worldwide international food production. *International Journal of Biometeorology*, 26 (3): 239–257. oldal. (15) KATZ, R. W. (1977): Assessing the impact of climatic change on food production. *Climatic Change*, 1: 85–96. oldal. (16) KELLOGG, W. W.–Z. C. ZHAO (1988): Sensitivity of soil moisture to doubling of carbon dioxide in climate model experiments. I. North America. *Journal of Climate* 1: 348–366. oldal. (17) LAMB, P. J. (1987): On the development of regional climatic scenarios for policy-oriented climatic-impact assessment. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 68: 1116–1123. oldal. (18) LAMB, P. J. (2002): The Climate Revolution: A Perspective. An Editorial Essay. *Climatic Change*, 54: 1–9. oldal. (19) Magyarország éghajlati atlasza 2000. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 107. oldal. (20) MIKA J.–WANTUCHNÉ DOBI I. (1998): Kis globális klímaváltozások és időbeli leskalázása hatásvizsgálati célokra. Az éghajlatváltozás és következményei. OMSz, Budapest, 105–116. oldal. (21) MIKA J. (2002): A globális klímaváltozásról. *Fizikai Szemle*, No. 9, 258–268. oldal. (22) PARRY, L. M. (1985): Estimating the sensitivity of natural ecosystems and agriculture to climatic change – Guest Editorial. *Climatic Change*, 7: 1–3. oldal. (23) ROSENBERG, N. J. (1982): The increasing CO₂ concentration in atmosphere and its implication on agricultural productivity. II: Effect through CO₂-induced climatic change. *Climatic Change*, 4: 239–254. oldal. (24) ROSENZWEIG, C.–HILLEL, D. (1998): Climate Change and the Global Harvest. Potential Impacts of the Greenhouse Effect on Agriculture. Oxford University Press, New York, 324. oldal. (25) SAKAMOTO, C. M. (1981): The technology of Crop-weather Modelling. *Food-Climate Interactions*, 383–398. oldal. (26) SCHNEIDER, S. H.–LONDER, R. (1984): The Coevaluation of Climate

and Life. Sierra Club Books, San Francisco. 563. oldal. (27) SCHNEIDER, S. H. (1997): A nagy földi laboratórium. Kísérlet, melyben bolygónk a tét. Kulturtrade Kiadó, Budapest, 200. oldal. (28) VARGA-HASZONITS Z. (1987): Időjárás-növény modellek elvi-módszertani kérdései. *Időjárás*, 91: 176–186. oldal. (29) WITTWER, S. H. (1995): Food, Climate, and Carbon Dioxide. The Global Environment and World Food Production. Lewis Publishers, New York, 236. oldal.

A GLOBÁLIS FELMELEGEDÉS VÁRHATÓ KÖVETKEZMÉNYEI A LEGELTETÉSRE ALAPOZOTT SZARVASMARHATARTÁSBAN

SZABÓ FERENC – ANDA ANGÉLA – IVÁNY KÁROLY – KOVÁCS ALFRÉD

ÖSSZEFOGLALÁS

A globális éghajlatváltozás előrejelzései alapján a várható üvegházgáz- és aeroszol koncentrációk alakulásából adódóan számos szakember szerint a Föld éghajlata melegszik. A globális felmelegedés több kockázatos következménnyel járhat. Ilyenek a szélsőséges hőmérsékletek és csapadék, az aszály és az áradások gyakoriságának emelkedése, az ökoszisztémák összetételének, struktúrájának és működésének változása.

A felmelegedés kedvezőtlenül változtatja meg a szabadon tartott állatok életterét. A szárazság, a vízhiány, a talajvíz szint csökkenését, a legelő növényzetének megváltozását, gyérülését, ezáltal kedvezőtlenebb takarmányellátást idézhet elő, és az állatok ivóvíz ellátását is nehezítheti.

A meleg környezet az állatokra közvetlenül is hat. A szarvasmarha a meleghez nehezebben alkalmazkodik, mint a hideghez. Magas hőmérsékleten a légzés- és pulzusszám, ezáltal az állat megterhelése fokozódik, életfolyamatai megváltoznak. A hőstressz kedvezőtlenül hat a húshasznú tehenekre: nő a pára leadásuk, a testhőmérsékletük, a vízfogyasztásuk, csökken a takarmányfelvételük, a súlygyarapodásuk és az aktivitásuk. Magasabb hőmérsékleten romlik a tenyészbikák termékenyítőképessége, és a tehenek vemhesülése. A melegebb éghajlat bizonyos fertőző betegségek terjedésének is kedvez. Mindezek a hatások a termelés eredményét és gazdaságosságát is rontják.

A vázolt figyelmeztető jelek alapján olyan vizsgálatok szükségesek hazánkban, a húsmarha tenyésztésben, amelyek eredményeiből a különböző fajták, genotípusok hőstressznek kitett körülmények közötti teljesítményéről bővebb ismeretek birtokába juthatunk, és amelyek elősegíthetik az előre jelzett, kedvezőtlenebb körülményekhez történő alkalmazkodást.

BEVEZETÉS

Földünk népességének élelmiszerellátása, a világ mezőgazdasága a jövőben minden bizonnyal számos új, egyrészt ma még kevésbé valószínűsíthető, másrészt már egyértelműen előre jelezhető kihívással néz majd szembe. Ez utóbbi kihívások egyike a népesség számának rohamos mértékű emelkedése, amely folyamat egyre több, és minőségileg is kedvezőbb élelmiszer előállítását és a fogyasztókhoz való eljuttatását igényli már a közeli, de a távolabbi jövőben még inkább. A másik nagy kihívás földünk éghajlatválto-

zása, a globális felmelegedés, amely alapjaiban változtathatja meg a mezőgazdaság, az élelmiszertermelés környezetét.

Az emberiség élelmiszerellátásában az állati eredetű táplálékok (hús, tej-, tejtermékek, tojás) annak ellenére, hogy egyikükkel-másikkal szemben időnként bizonyos fenntartások, ellenérvek hangzanak el, alapvető és meghatározó jelentőségűek. Az állati termékek várható fogyasztására vonatkozóan ma még nehéz hosszú távú előrejelzést adni. Az viszont az elmúlt évek tapasztalatai alapján már látszik, hogy bizonyos rövidebb idő alatt, rugalmasabban, ezáltal olcsóbban

előállítható termékek (pl. tej, baromfiús, tojás) termelése és fogyasztása előtérbe került a tartósabb eszközökötést igénylő, hosszabb ideig tartó, ezáltal drágább élelmiszerekkel (pl. marhahús) szemben. Más megközelítésben viszont az intenzív módon, igen gyakran a külvilágtól szinte elzártan történő tömeges állati termék (tojás, baromfiús, tej) termelés egyre költségesebbé válik, és egyre inkább szembekerül a környezetvédelmi, állatvédelmi és minőségi követelményekkel. Ugyanakkor a természetes, extenzív, legelőre és szántóföldi melléktermékekre alapozható állattartás (húsmarhatartás) pozícióját erősíti az a tény, hogy az a vidékfejlesztési, környezetvédelmi, minőségi (bio) szempontokkal jól összeegyeztethető, és fejlesztéséhez jelentős, kihasználatlan legelőterületek, valamint melléktermékek (pl. kukoricatarló) állnak rendelkezésre. Ugyanakkor számos, elsősorban környezetvédelemmel foglalkozó szakember az üvegházhatásért felelős legfontosabb gázok (a metán és a CO₂) növekvő mennyiségéért, arányáért a kérődzőket teszik felelőssé, bár az állatok által kibocsátott, említett gázok mennyiségének hatása kevésbé tisztázott.

Megfigyelhető folyamat, hogy a húsmarhatartás aránya a vágómarha termelésben világszerte emelkedik, ugyanis a fajlagos, tehenenkénti tejtermelés növekedéséből adódóan egyre kevesebb fejt tehénre van szükség. A tej- és kettős hasznosítású szarvasmarha állományok létszámának csökkenése miatt csökken a vágómarha termelés is, amit mindenütt a húshasznosítású állományok létszámának emelésével igyekeznek kompenzálni. Emiatt a klasszikus húsmarhatartó országok (USA, Kanada, Franciaország stb.) mellett olyan országokban (Németország, Dánia, Hollandia, Csehország stb.) is megjelentek és szaporodnak a húsmarha állományok, amelyekben eddig ez az ágazat nem volt jellemző.

A húsmarhatartás pozíciói hazánkban az EU csatlakozásunk során a jelenlegihez képest megalapozott szakmai vélemények szerint is nagy valószínűséggel javulnak. A csatlakozási szerződés alapján a mostani

tehenlétszám négyeszeresére kaptunk kvótát. Természeti adottságaink viszont a korábbi felmérések alapján e megállapított nemzeti felső határ kétszeresének a tartására is lehetőséget adnának. Ha az EU hosszabb távon a kvótákat felülvizsgálja és módosítja, akkor húsmarha ágazat még kedvezőbb helyzetbe kerülhet.

A húshasznú tehenállományokat a világ szinte valamennyi táján, így hazánkban is jóformán az egész év során épület nélkül, nyári időszakban legelőn, télen kukoricatarlón, telelőkertekben, karámokban tartják. Így ez az ágazat az egyike azoknak, amelyeknek termelő állatai az időjárás viszontagságainak a legjobban kitettek. Emiatt a távlati időjárás változás, a globális felmelegedés minden bizonnyal a húsmarhák tartási takarmányozási körülményeire, életfolyamataira, termelésére fejt ki a legnagyobb hatást.

A hőmérséklet emelkedése, a vízhiány, a talajvíz szintjének csökkenését, a legelő növényzetének gyérülését, megváltozását, ezáltal kedvezőtlenebb takarmányellátást, és ivóvíz ellátást idézhet elő. A komfortzónát meghaladó hőmérséklet hatására csökken az állatok étvágya, anyagcseréje és velük együtt a szaporodása és termelése. A tartós meleg eredményeképpen változik az állatok típusa is. A trópusok szarvasmarháik kisebb takarmány felvételre, nagyobb hőleadásra rendezkedtek be, mint a mérsékelt övi társaik. Testfelületük nagy, törzsük, lábuk hosszú, vékony, fülök nagy, farkuk, bőruk vékony, finom szőrzetű bőruk egységnyi felületén több az izzadságmirigy. Mindebből a típusbeli, alkati és élettani különbségből az is következik, hogy a melegebb klíma marháik gyengén izmoltak, hústermelésük és tejtermelésük meglehetősen csekély.

A LÉGKÖR ÜVEGHÁZHATÁSA ÉS OKOZÓI

A Földet körülvevő gázburok, az atmoszféra különböző gázok elegye, mely a gázösszetevők mellett mindig tartalmaz több-

kevesebb mennyiségű szilárd és cseppfolyós halmazállapotú anyagokat is. A gázok közül néhány energia visszatartó tulajdonsággal is rendelkezik, mely hatás *üvegházhatás* néven vált közismertté. Ezek az üvegház-hatású gázok a légkörön keresztül bejövő, főképpen rövid hullámhosszúságú sugarakat áteresztik, mely sugárzás a felszínről hosszú hullámúként verődik vissza. A hosszú hullámú sugárzást az üvegházi gázok – és a felhők, valamint a légkör vízgőztartalma – részben elnyelik, részben visszasugározzák a felszín felé. Ez az energia-visszatartás emeli a légkör hőmérsékletét. Üvegházhatás hiányában a felszín közelében a légkör átlaghőmérséklete kb. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lenne, mely a jelenlegi $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlag értéknél kialakult klíma vezérelte életfeltételeket tekintve jóval zordabb körülményeket jelentene.

A légköri gázok közül a CO_2 üvegházhatása közismert, melyről már 1861-ben említést tett a fizikus *Tyndall*. A CO_2 gáz légköri felhalmozódásának következtében előálló éghajlatváltozást, mint lehetséges következményt, a kémiai Nobel-díjas *Arrhenius* 1896-ban fogalmazta meg, amellyel kortársai között akkoriban nem okozott feltűnést. A légkör többi üvegház gáza, – a vízgőz, – a CH_4 , a N_2O , az O_3 és a több mint száz tagból álló halogénezett szénhidrogének nagy családja kevésbé ismert.

A vízgőz különleges szerepű, üvegházhatást erősítő gáz, mely a légkör felmelegítésének mintegy kétharmadáért felelős. Önmagában nem lenne képes az üvegházhatás létrehozására, de a többi üvegházi gáz jelenlétében hatása felülmúlja a többi üvegházi gázét. A vízgőzön kívüli üvegházi gázok, s köztük a CO_2 legfontosabb jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze *Mika (2003) nyomán.*

A CO_2 gáz önmagában az üvegházhatás 1/6-áért felelős. A CO_2 koncentrációja a földtörténeti korokban nem volt állandó. Néhány kutató szerint az őslégkör döntő többségét CO_2 és CO alkotta. A holocént megelőző glaciális időszakban a CO_2 koncentráció kb. 190 ppm lehetett. A holocén-

ben kialakult CO_2 equilibrium, a kb. 280 ppm az ipari forradalom idején indult növekedésnek, s ez tart napjainkban is elérve a 365 ppm-et. A növekedés a természetes folyamatokkal párhuzamosan a fosszilis tüzelőanyagok égetése, az erdőirtás, faégetés, mocsarak lecsapolása, intenzív mezőgazdaság és egyéb antropogén tevékenység eredője. Figyelemre méltó a gáz 1. táblázat utolsó előtti sorában szereplő, 50–200 évre becsült tartózkodási ideje, mely a folyamatos koncentráció növekedés következménye. Ha a gáz nyelőinek intenzitása egyensúlyt tartana a forrásaiéval, a CO_2 gáz tartózkodási ideje jóval rövidebb, kb. 10 év lenne (*Mika, 2001a*). Ez a tartózkodási időben tapasztalható drasztikus növekedés azt jelenti, hogy bármely pozitív irányú intézkedés, mely a gáz emisszióját csökkentené, csak hosszú idő eltelte után lenne képes kedvező hatást kifejteni a légkörben. Ha a freon kibocsátás mérséklésében elért pozitív eredményeket át tudnánk ültetni a CO_2 -ra, a kezdeti emissziócsökkenés ellenére még jó néhány évig megmaradna a megemelkedett légköri széndioxid eddig kialakult több negatív következménye.

Földünk szén-dioxid háztartásának szám-szerűsítésére, bár bizonytalansági tényezőkkkel terhelve, de számos kísérlet látott napvilágot. Az eredményeket *Schlesinger (1993)* időrendbe sorolva összegezte, melyből az 1990-es évekre vonatkozó becsléseket eleveníti fel a 2. táblázat.

A jelenlegi légköri CO_2 koncentrációt főképpen a légkörbe bejutó és az óceánok által elnyelt, majd az üledékben megkötődő gáz aránya határozza meg. A 2. táblázat bizonytalanságot sejtet, amit az ismeretlen nyelők bevezetése, s számbeli eltérése támaszt alá. A mérleg egyensúlyba hozása két úton lehetséges: vagy az óceánok felvételét növeljük, vagy a szárazföld szén-készletét emeljük. A mérleg bizonytalanságának számtalan oka lehet: pl. az erdőirtás mértékét túlbecsüljük, s a kiirtott területeken az újrasarjadzással nem, vagy alig számolnak (*Kertész, 2001*). Nem tudjuk biztosan, de lehetséges, hogy a

biomassza mennyisége az intenzívebb növénytermesztési technológia miatt növekedett, a talaj szervesanyag tartalmával egyetemben. A példaként említett tényezők számszerűsítése nehéz, bár meghatározására több, eltérő eredménnyel záródott próbálkozás is történt az elmúlt évtizedekben.

A metán mai koncentrációja a CO₂-éhoz hasonló növekedés eredményeképpen 1,6–1,8 ppm. Antropogén forrása az ipari tevékenység, főképpen a fosszilis tüzelőanyagok elégetése mellett részben a mezőgazdasághoz köthető; a kérődzők gyomrából, valamint a rizstermeltés során nagy mennyiségben keletkezik. Vizek közelében, mocsarakból természetes úton szabadul fel.

A dinitrogén-oxid a talaj mikrobiológiai folyamatai (nitrogén trágyázás), valamint a közlekedés és égetés során juthat a légkörbe. Évi növekedési üteme eléri a CO₂-ét.

Kizárólag emberi tevékenységgel (klíma-berendezések és spray hajtógáza) jutott a légkörbe a leghosszabb tartózkodási idejű *halogénezett szénhidrogének* száz tagot meghaladó családjá. Szerepe a sztratoszférában az ózónréteg károsításában közismert. A

fenti gázok kibocsátásának csökkentése az emberek ultraviola sugárzás növekedésétől való félelme miatt a bécsi egyezményt (1985) és a montreáli jegyzőkönyv (1987) kibocsátását követően a 2000-es évek elejére mérséklődött. A teljes kiváltás után még kb. 70 év szükséges a freon szint stabilizálódásához (Bartholy et al., 1996). Ebben az eredményben bízva remélhető, hogy az üvegházi gázoknál, s főképpen a CO₂-nál előbb-utóbb hasonló pozitív hatásról számolhatunk be.

Az ózon különböző kémiai reakciók partnere is üvegházi gáz, bár a felsoroltaknál rövidebb tartózkodási idejű. Az üvegházhatás előidézésében csekély a jelentősége, ezért a táblázatban külön nem tüntettük fel.

Az 1. táblázat utolsó sora az üvegházgázok melegítő hatását a CO₂ arányában adja meg. Az alacsonyabb koncentrációjú gázok egységnyi emelkedése többszörös melegítő potenciállal rendelkezik, mint a CO₂, tehát ezen összetevőket nem szabad figyelmen kívül hagyni a légkör energia háztartás jövőbeli változásainak vizsgálatánál.

1. táblázat

Az üvegházi gázok fontosabb jellemzői

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	HCFC-22
Kezdeti koncentráció (1750-ben)	278 ppm	700 ppb	275 ppb	Nulla!	Nulla!
Koncentráció 1998-ban	365 ppm	1745 ppb	314 ppb	132 ppt	
Eddigi elsődleges sugárzási hatás	1,46 Wm ⁻²	0,48 Wm ⁻²	0,15 Wm ⁻²	0,07 Wm ⁻²	0,03 Wm ⁻²
Koncentráció Növekedés	1,5 ppm/év 0,4%/év	7 ppb/év 0,4%/év	0,8 ppb/év 0,03%/év	-1,4 ppt/év -0,5%/év	5 ppt/év +4%/év
Légköri élettartam [év]	50–200	8–12	120	45	12
Globális Melegítő Potenciál (100 év)	1	23	296	4600	1700

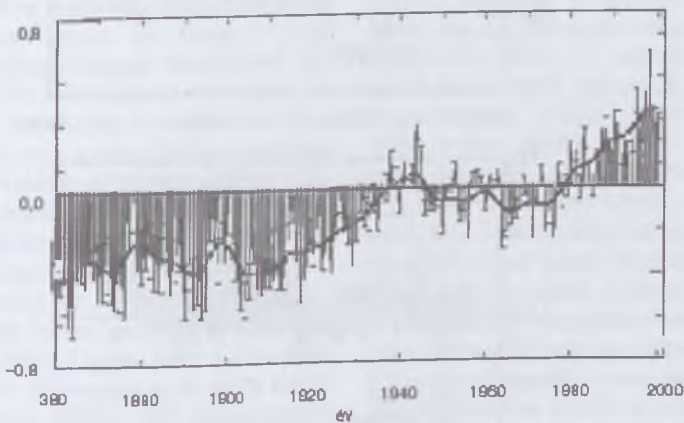
Forrás: Mika (2003) alapján

A GLOBÁLIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS

Az egész Földre vonatkozó globális klímamodellek előrejelzései szerint a várható üvegházgáz- és aeroszol koncentrációk széles körű változásaiból bármely bekövetkezte esetén a Föld éghajlata az évszázad közepére fokokban kifejezhető melegedés előtt áll (IPCC, 1996; 2001). A felmelegedés tendenciáját ma már évtizedes hosszúságú mérési eredmények is igazolni látszanak (1. ábra). Az elmúlt évszázad legmelegebb évtizede az 1990-es évekre esett, s a felmelegedés is döntő mértékben itt volt

tapasztható. Az anomália 1999-ben $+0,33\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2000-ben $+0,29\text{ }^{\circ}\text{C}$. A földgömbi megoszlást tekintve a felmelegedés területtől függő, s a legdrasztikusabb növekedés az északi féltekén jelentkezett, ahol mértéke több mint kétszerese volt az egész Földre meghatározottnak (1999: $0,74\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2000: $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$). Említést kell tennünk arról is, hogy 1998-tól 2000-ig a déli félteke csendes-óceáni térségének trópusi területein a La Nina hűtő hatása $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal csökkentette az évi átlaghőmérsékletet, s itt az anomális is negatív előjelű volt.

1. ábra



Az évi átlaghőmérsékletek eltérései az 1961–1990-es évek klíma normájától

A globális felmelegedés több kockázatos következménnyel járhat. Számos szerző említi a szélsőséges hőmérsékletek és csapadék (Czelnai, 1998a; Domonkos, 1996), az aszály és az áradások gyakoriságának emelkedését (Pálvölgyi–Faragó, 1998). Az erdőtüzek fellépte (Bussay, 1995; Bussay–Bihari, 1998), a járványok kitérése megnő, a világ-tengerek vízszintje megemelkedik stb. Az ökoszisztémák összetételének, struktúrájának és működésének változása is várható.

Az északi féltekén a napi minimumhőmérsékletek 1950 óta $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ év}$, a maximumhőmérsékletek $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ év}$ sebességgel

emelkedtek (Szalai és Szentimrey, 2001). Az éghajlat változásait Mika (2001) szerint három tényező-csoport (2. ábra) okozhatja:

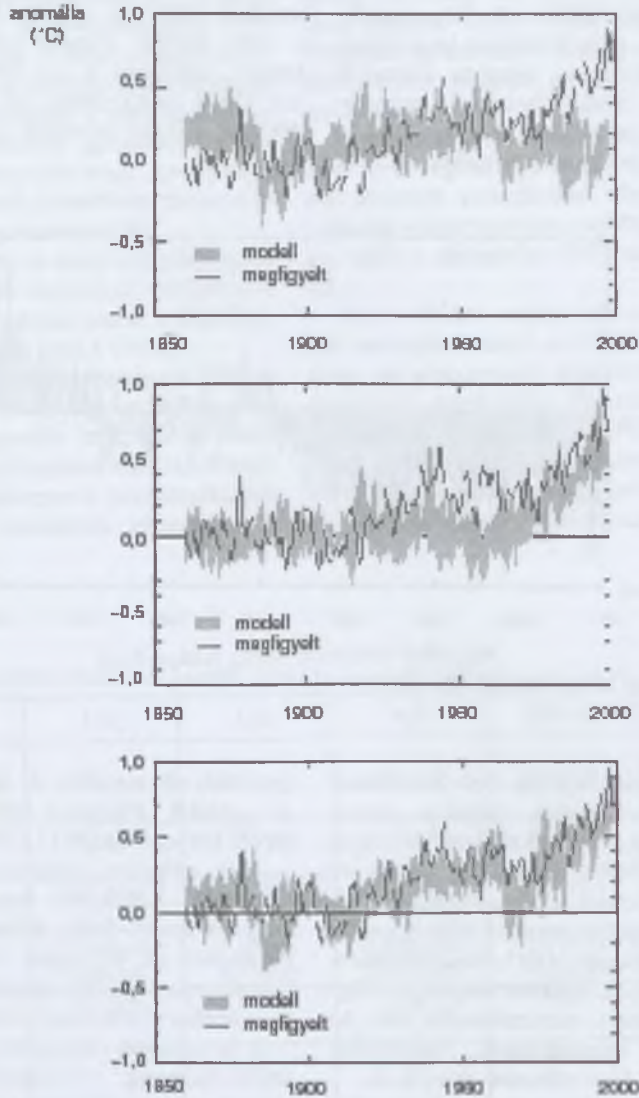
– Az éghajlati rendszer belső változékonysága. Rendkívül bonyolult rendszer, melynek méret-skálái térben (mm-es nagyságrendtől az Egyenlítő hosszúságáig) és időben (másodperces időpillanattól sok száz éves óceáni vízkörzésig) változatosak.

– Természetes éghajlati kényszerek. A naptevékenység változásaira hipotézisek vannak, pl. a napállandó tized Wm^2 értékű, 11 éves ingadozásai. A nem rendszeresen fellépő vulkánkitörések a légkörbe jutta-

tott nagy mennyiségű aeroszollal és vulkáni hamuval a felszín közelében csökkenő, a sztratoszférában emelkedő hőmérsékletet okoznak, de csak a kitörés közeli év(ek)ben.

– *Antropogén hatások.* Ezek jó része ismert, az ipari tevékenység környezetkárosítása alatt számtalan publikációban részletezett problémakör. Itt szükséges említést tenni a légkörbe juttatott aeroszollok

2. ábra



A hőmérséklet változás modellezése természetes (felső ábra), antropogén (középső ábra) és együttes (alsó ábra) hatások alapján

felszínre érkező sugárzás gyengítéséről, az üvegházhatással ellentétes irányú, hőmérsékletet mérséklő hatásáról is. A növénytakaró megváltozása – (eső)erdő irtás, szavanna övezet túl-legeltetése – is módosítja a felszín sugárzás-visszaverő tulajdonságát. Általában a növények több energiát vernek vissza, mint a csupasz talaj, tehát kevesebb marad a felszín közeli folyamatokra, s annak felmelegítésére is.

A három tényező egyenként nem ad kellő magyarázatot a légkör közelmúltbeli változásaira, együttes kezelésük azonban reményt keltő.

Az IPCC 2001-es januári jelentése szerint a XX. században a globális átlaghőmérséklet ingadozásokkal ugyan, de $0,6+0,2$ °C-kal 95%-os megbízhatósággal emelkedett két szakaszban: 1910–1945 és 1976–2000 között. Az első szakaszban a természetes okok dominálhattak, míg a másodikban inkább az antropogén hatások. A felmelegedésre utalnak egyéb természeti jelenségek is, pl. a gleccserek visszahúzódása, hótakaró- és jégtakaró vastagság és kiterjedés változás az északi félgömbön stb. Az arktiszi jégtakaró a 70-es évek óta évtizedenként 3%-kal csökken (*WMO, 2001*). Ugyanakkor a déli féltekén a jégtakaró vastagsága az év nagy részében a szokásos fölötti volt (kompenzáló hatás?). A három felsorolt éghajlat alakító tényező egyenkénti hatása mind a mai napig csak becslést érték.

Megjegyezzük, hogy a légkörben lévő aeroszol részecskék a felmelegedés hatását különösen sűrűn lakott területeken mérsékelhetik. *Mészáros (1996)* szerint a $0,3$ °C/10 év felmelegedést az iparosodott térségekben az aeroszolok $0,1$ °C/10 év-el csökkenthetik. Az okozók döntően a légköri szulfát részecskék. Az aeroszolok negatív éghajlati kényszere döntően a trópusokon történő égetések miatt $-0,6$ Wm^{-2} , amely egynegyede az üvegházgázok pozitív éghajlati kényszerének, a $+2,5$ Wm^{-2} -nek. Ehhez hozzáadva a többi aeroszol hűtő hatását az érték végül -1 Wm^{-2} -re becsülhető (*Mészáros, 1998*). Az üvegházgázok és az aeroszolok

tartózkodási idejében azonban jelentős differencia van, mivel az aeroszolok mindössze néhány napig maradnak a légkörben szemben az üvegházi gázok években-évtizedekben kifejezett tartózkodási idejével. Emiatt az aeroszolokra vonatkozó mérések pontossága is jóval korlátozottabb, mint az üvegházgázoké.

NÉHÁNY HAZAI ÉGHAJLAT MÓDOSULÁSI VONATKOZÁS

Mika (1988) már 15 évvel korábbi éghajlati forgatókönyvében előre jelezte, hogy hazánk éghajlata a globális melegedéssel párhuzamosan melegebbé és a nyári félévben szárazabbá válik. A várható felmelegedés mértékét a szerző napjainkig írt publikációi megerősítették (*Mika, 1992; 1993; 1996; 2001; 2001a*) tovább emelték. Ezt a tendenciát a legutóbbi művek (*Mika, 2002; 2003*) még fokozták, melyek szerint a hőmérséklet a nyári félévben másfélszeres pozitív együtthatóval követi az északi félgömb évi átlaghőmérséklet változást (3. táblázat).

A téli félévi hőmérsékleti eltéréssel mutat $1,5$ – $2,0$ közé eső szorzójú kapcsolatot. A félgömbi átlaghőmérséklet kisebb emelkedésével párhuzamosan a hazai csapadék a nyári félévben K-ként 50 – 110 mm-rel meredeken csökken. Az évi csapadékösszeg várhatóan nem lineárisan követi a felmelegedést. A kezdeti, 2 K melegedésig súlyosbodó szárazodási tendencia későbbi kimenetele teljesen bizonytalan. Korábban *Mika (1996)* esetleges irányváltásról tett említést, s azt feltételezte, hogy a csapadékváltozás 4 K globális melegedésnél már biztosan pozitív lesz. Ezt, a megnövekedett párolgás és felhőképződés, ill. annak magasabb csapadék szolgáltatását későbbi következtetései nem igazolták vissza. *Harnos (1998)* és *Bartholy et al., (1996)* a várható felmelegedés mértékét 2 – 4 °C-ra teszi, alig változó csapadék mennyiség, de módosuló eloszlás mellett. A cirkuláció anticiklonosabbá válik (*Tar, 1998*), s ezzel együtt a nyári

napfénytartam jelentősen, Antal (2001) szerint 10%-kal emelkedik. A téli félévi csapadékváltozás előjele a félgömbi hőmérséklet kezdeti változása során nem egyértelmű.

Érdeemes elgondolkozni a Mika (2001) azon megjegyzésén, hogy a helyi és a globális változások időbeli párhuzamosságain

alapuló megállapítások csak akkor alkalmazhatók a jövőre, ha a megállapítás során használt statisztikai kapcsolatok is fennmaradnak. A feltétel teljesülésére a korábbi földtörténeti időszakok éghajlat alakulásáról végzett vizsgálatok eddigi eredményei jelenthetnek garanciát.

2. táblázat

A légköri CO₂ háztartás elemei két közelítésben az 1990-es évekre.
Az értékek 10¹⁵ g szén/évben kifejezve

Források			Nyelők			Irodalom
Fosszilis tüzelőanyagok	Biomassza megsemmisítés		Légköri növekedés	Oceánok felvétele	Ismeretlen nyelők	1990-ből
5,4	1,6	=	3,4	2,0	1,6	Houghton et al.
5,3	1,8	=	3,0	1,0-1,6	2,5-3,1	Tans et al.

Forrás: Schlesinger (1993) nyomán

3. táblázat

A hőmérséklet és a csapadék hazánkban várható változása adott globális felmelegedés esetén

Globális Helyi változás	+ 0.5 K	+ 1 K	+ 2 K	+ 4 K
Hőmérséklet (K) Nyár/nyári félév	+ 1,0	+ 1,3	+ 2	+ 4
Hőmérséklet (K) Tél/téli félév	+ 0,8	+ 1,7	+ 3	+ 6
Csapadék (mm) Évi összeg	- 40	- 66	Bizonytalan	+ 40 - 400

Forrás: Mika (2002) alapján

A GLOBÁLIS FELMELEGEDÉS KÖVETKEZMÉNYEI

T = évi középhőm. P = csapadék összeg,
(°C) (mm)

A globális felmelegedés napjainkig realizálódott fél fokot alig meghaladó mértéke azért nem tekinthető csekélynek, mert hatására már ezideig is drasztikus változások játszódtak le a természetben. Az egyes növényföldrajzi övezetek arányának eltolódás-szemléltetésére négy különböző mértékű éghajlat módosulást szimuláló előrejelző modell prognózisait a 4. táblázat tartalmazza. A modellek névbetűikből kapták elnevezésüket. Jövőbeli becsléseik az alábbiak:

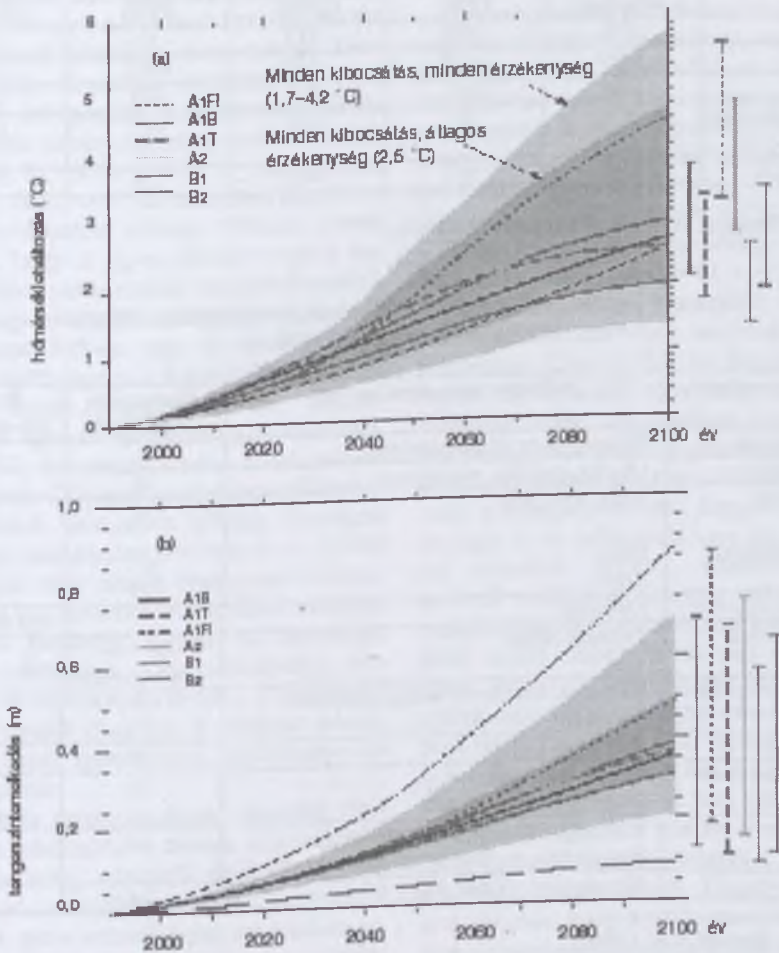
OSU:	T = +2,84°C,	P = - 7,80%;
GFDL:	T = +4,00°C,	P = - 8,78%;
GISS:	T = +4,20°C,	P = -11,00%;
UKMO:	T = +5,20°C,	P = -15,00%.

Mind a négy modell szerint a sztyepp és a szárazerdő területek aránya emelkedik. Elgondolkodtató, hogy a sivatagok arányában mind a négy modell jelentős területi csökkenést prognosztizál, melyre magyarázatot a szerző nem adott.

A közép-európai 37%-os átlagos erdőborítottságnak a felével rendelkező Magyarországon (18%) természetes körülmények között nincsen meg a feltétele független termőhelyen a zárt erdőállományok kialakulásának, ezért különösen jelentős lehet minden olyan éghajlat módosulási tendencia, amely az erdei ökoszisztémát alkotó élőlények életfeltételeit, s ezzel az erdő egészségét érintené (Mátyás, 1998). Aggodalomra adhat okot több már most tapasztalt jelenség pl. a

kocsánytalan tölgy visszahúzódása, a lucfenyő szárazság okozta előbb foltokban, majd mind nagyobb összefüggő területet érintő kipusztulása, s még számos itt fel nem sorolt fajjal romló egészségi állapota. Az erdő különös sérülékenységet az okozza, hogy az egyes fajok migrációs képessége egy nagyságrenddel elmarad a globális felmelegedés által diktált sebességtől, vagyis képtelenek a fajok azt időben alkalmazkodva követni (Mátyás, 1998).

3. ábra



A különböző modellek futtatásával kapott felmelegedés mértéke és a világtengerek vízszintjének várható változásai Mika (2001) szerint

A XX. századi melegedés az északi félteke mérsékelt övi és magasabb szélességein a jégtakaró fennmaradását két héttel csökkentette A tavaszi és a nyári tengerjég területét 10–15%-kal, a hóborította területeket 10%-kal mérsékelté (Szalai–Szentimrey, 2001).

A hóolvadás és a melegebb tengervíz terfogat-növekedése következtében a világtenge-

rek vízszintje 10–20 cm-rel emelkedett a 60-as évek óta. Ez az emelkedés valószínűen folytatódik (3. ábra). Különösen a nagyobb folyók sűrűn lakta deltavidékein kell felkészülni a víz értékes termőterület rablásával. A vízszint emelkedése szélsőséges hőmérséklet változásnál elérheti akár a 0,80 m-t is 2100-ra.

4. táblázat

A földrajzi övezetek területének módosulása négy modell számításai alapján

Övezet neve	Terület 1000 km ²				
	Jelenlegi	OSU	GFDL	GISS	OKMO
Tundra	939	-302	-515	-314	-573
Sivatag	3699	-619	-630	-962	-980
Sztyepp	1923	380	969	694	810
Erdő (mérsékelt és száraz)	1816	4	608	487	1296
Nedves erdők	5172	561	-402	120	-519

Forrás: Smith et al., 1980; Kertész, 2001 alapján

5. táblázat

Néhány C₃-as növény zöld növényi részének és termésének változása a CO₂ szint megkérdőjeződése

Növénycsoport	Néhány reprezentáns faj	Biomassza növekedés%	Termés növekedés%
Rostnövények	Gyapot (<i>Gossypium hirsutum</i>)	5	104
Zöldségfélék	Uborka, paprika, paradicsom	15	21
Gabonafélék	Búza, árpa, rizs	6	36
<i>Hazai eredmény*</i>	<i>Búza</i> <i>Árpa</i>	6,7 15	25,0 8,2
Takarmánynövény	Kukorica		-5 (csökkenés!)
Gyepnövények	<i>Festuca</i> , <i>Stipa</i>	-8–-10 (csökkenés!)	-
Leveles növények	Káposzta, fehérhere, saláta, csenkesz, articsóka	5	19
Hüvelyesek	Bab, borsó, szója	18	17
Gumós növények	Cukorrépa, retek Burgonya	10	- 4–10
Gyomok	Maszlag, <i>Crotalaria spectabilis</i> , disznóparéj, ambrózia, fenyércirok, stb.	10	-
Cserje	Gyapotcserje (<i>Gossypium deltooides</i>)	14	-

Forrás: Warrick et al. (1986)

* Bussay, 1995; Tuba (1995), Kovács és Dunkel (1998), Kröel-Dulay et al. (1998), Nováky et al. (1996) anyagai alapján

Az üvegházhatás fokozódása részben a megnövekedett CO_2 koncentráció következménye. A rendelkezésre álló CO_2 gáz mennyisége azonban nemcsak a légkör folyamataira, hanem a növények életfolyamataira is döntő hatással, mégpedig néhány esetben akár pozitív irányban. A gáz a növény szervesanyag előállítás folyamatában, a fotoszintézisben alapanyagként szolgál, amely a produkció előállításban meghatározó szerepű. Minden környezeti tényező változatlansága mellett a CO_2 koncentráció megkétszerezése (330 ppm-ről 660 ppm-re) a C_3 -as növényeknél 34%-kal, a C_4 -eknél 14%-kal emelte a megtermelt biomassza mennyiségét (Kimball, 1986). Óvatosan kezelendő a fenti egész C_3 kategóriára meghatározott érték, mivel ezek növényfajonként széles határok közt -10 és $+80\%$ között is változhatnak (Kertész, 2001). A C_3 -as kategória teszi ki az összes termesztett növény 80%-át. Annak ellenére, hogy a C_4 -es növény-csoport kevésbé népes, nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy a maradék 20%-ból a kukorica önmagában 14%-ot tesz ki (4. táblázat). Parry (1990) szerint a legelők fűféléi különösen Észak-Amerikában és Közép-Ázsiában egyértelmű vesztesei a megnövekedett CO_2 koncentrációnak. A bio-massza és a termés CO_2 gáz megkétszereződésével bekövetkező változásait néhány fontosabb növényfaj kategóriára Warrick et al. (1986) összegezte, több szerző munkáinak felhasználásával (5. táblázat). Az irodalom alapján az általa megadott termés és növekedés átlagos változásai: C_3 -as növényekre 10–50%, C_4 -es növényekre 0–10%, a természetes körülményeitől függően. A táblázat adatait néhány hazai vonatkozású eredménnyel is kiegészítettük.

A termés mennyiségének változása mellett nem közömbös a termés minőségének alakulása sem, amelyről ezideig alig áll információ a rendelkezésünkre.

A CO_2 gáz a szervesanyag produkción kívül hat a növények működésére, összetételére, szaporodására és elterjedésére (Tuba, 1995). Határozottan negatív jelenségre, a

szárazság stressz miatt nyitottabbá váló növény állományok felerősödő stressz érzékenységre és fajgazdagságának elszegényedésére is felhívja a figyelmet a fenti szerző. A nyílt homokpuszta gyepek domináns fajainak elterjedés módosulásairól Kröel-Dulay et al. (1998) számol be. A felmelegedés következtében a Festuca és a homoki Stipa dominanciája, egyes évelők (Fumana, Potentilla) elszórt, de tartós jelenléte, valamint az egyévesek (Holosteum, Polygonum) gyakori, de kis megugrásai egybevágóan a terepi megfigyeléseikkel.

A szervesanyag képzés szoros kapcsolatban áll a növény vízleadásával, ami nemcsak azért egyértelmű, mert a CO_2 -on kívül víz a fotoszintézis másik alapanyaga (természetesen a sugárzási energia mellett), hanem mert a két gázcserét a sztóma nyílások szétválaszthatatlanul kötik össze. Márpedig a sztóma ellenállás, amelyet a CO_2 -nak és a vízgőznek le kell győznie ahhoz, hogy az a növény belsejébe ill. abból a szabad térbe jussanak, klímakamrában a CO_2 koncentráció megkétszerezésekor szerzőnként eltérő mértékben, Cure (1985) és Raschke (1986) szerint 50–70%-kal növekszik. Ennél mérsékelt hatást vár Morison (1987), aki a jelenlegi szén-dioxid megkétszereződésekor a sztómák 40%-ának bezáródásával számol, mely a transpirációt attól függően, hogy C_3 -as vagy C_4 -es növényről van szó, 23–46%-kal mérsékli. A CO_2 emelkedésekor a sztómák részlegesen zárnak, valószínűleg a sztóma alatti üreg szén-dioxid koncentrációjának külső térhez hasonlatos emelkedése miatt. Tuba (1995) a CO_2 gáz jelenlegi koncentrációjának megkétszerezésekor hosszú távú megfigyelésben nem tapasztalt sztóma szám változást egyetlen általa vizsgált löszpuszta-gyep alkotó fajnál sem. Ennek ellenére a vízhasznosításuk minden esetben javult, mely önmagában is fokozhatja a fenti gyepalkotók szárazságtűrését. Figyelemre méltó megállapítás, hogy a vízhasznosítás javulása nem a transzspiráció csökkenésének, hanem a nettó szén-asszimiláció növekedésének volt köszönhető. (A vizsgálatba vont nö-

vényfajok; C₃-asok: *Festuca rupicola*, *Dactylis glomerata*, *Salvia nemorosa*, *Euphorbia pannonica*, *Filipendula vulgaris*, C₄: *Bothriochloa ischaemum*.)

McCabe-Wolock (1992) a sztóma ellenállást nem önmagában, hanem az öntözővíz igényre hatással lévő környezeti tényezőkkel együtt elemezte. Megállapította, hogy a felmelegedés vagy/és csapadék csökkenés miatt megnövekedett öntözővíz igényt a CO₂ szint emelkedése a sztóma ellenállás növelé-

sén keresztül képes csökkenteni. Ez a változás azonban legfeljebb 20%-os csapadék mérséklődést ellensúlyozhat. A hőmérséklet 2 °C-os növekedését a sztóma ellenállás 20%-os, 4 °C-os felmelegedést pedig 40%-os ellenállás emelkedése ellensúlyoz. Mérésnek tűnik *Easterling et al. (1992)* megállapítása, mely szerint a megkétszereződött szén-dioxid koncentráció a sztóma ellenállás növelésével a léghőmérséklet 5 °C-os emelkedését is képes kompenzálni.

6. táblázat

Földrajzi analógiák hazánkra eltérő klímaváltozások esetében

Északi félgömbi hőmérséklet-változás (K)	+0,5	+1	+2	+4
Hőmérséklet változás Mo-on Nyár/nyári félév (K)	+0,6	+0,8	+1,5	+3
Hőmérséklet változás Mo-on Tél/téli félév (K)	+0,1–0,5	+1–2,5	+3	+6
Csapadék változás Mo.-on Évi összeg (mm)	-30	-20–100	Pozitív v. 0	+40–400
Földrajzi analógia a változáshoz	Vajdaság, Zsil völgye	Várna, Plovdiv	Burgasz, Jalta	Firenze, Washington'

Forrás: Mika (1988) alapján

A sztóma ellenállás változás a párolgást maximum 13%-kal csökkentheti (*Kuchment-Startseva, 1991*). A növényi párolgás mértékének mérséklődéséről számol be hazai viszonyokra *Antal (2001)* is, amely pozitív visszacsatolásként a szenzibilis és látens hő arányának eltolásával a felmelegedés folyamatát a szenzibilis hő arányának megemelésével tovább erősíti (*Hunkár, 1998*).

Változás várható a növények vegetációs periódusának hosszúságában, amely a termeszthatóság határvonalainak északabbra tolódását idézheti elő. Ezt az alacsonyabb földrajzi szélességek jelenlegi természet- és éghajlati viszonyainak áthelyezésével, „földrajzi analógiával” szokás szemléltetni, amely Magyarország esetében legtöbbször Tosz-kána. *Mika (1988)* a hőmérséklet emelkedés

mértékétől függően az alábbi földrajzi analógiákkal számol (6. táblázat).

Antal (2001) szerint a tenyészidőszak hossza várhatóan 10 nappal megnő. *Harnos (1988)* 1 °C-os átlaghőmérséklet emelkedésekor szintén hosszabbodásról számol be, ugyanakkor *Hunkár (1998)*, valamint *Kovács-Dunkel (1998)* ennek ellenkezőjét, 6–12 napos megrövidülést prognosztizál. Az igazság valahol a kettő megállapítás között lehet, mégpedig valószínűleg növényfajtól függően. *Nováky et al. (1996)* kukoricánál megrövidülést, burgonya esetében pedig vegetációs periódus növekedést jelzi. A kukorica tenyészidőszakának rövidülését több hazai szerző is megerősítette (*Bussay, 1995; Kovács-Dunkel, 1998*), bár találhatunk rá ellenkező előjelű példát is (*Erdős-Mika, 1993*).

Számos publikáció foglalkozik a vízháztartás felmelegedés és csapadék módosulás hatására bekövetkező változásaival. A talajvízszint csökkenése sajnos már napjainkban nyomon követhető, egyáltalán nem ritka az 1 m-es süllyedés, mely a Duna-Tisza közén akár a 3 m-t is elérheti. Több kutató a süllyedés okát nemcsak a csapadék csökkenésében, hanem az ember fokozott vízkivételében, s a megnövekedett párolgásban együttesen látja. Többek között várható még a felszíni vízkészlet, a lefolyás, a folyók vízhozamának, a víznyerési-vízkivételi lehetőségek mérséklődése is. A Balaton elmúlt évekbeli drasztikus vízszint csökkenését is többen a globális felmelegedés számlájára írják annak ellenére, hogy a tó életében több, a jelenlegihez hasonló alacsony vízállású időszak is előfordult. Ha 2050-re az évi átlaghőmérséklet 1 °C-kal nő, a lehullott csapadék összege 10%-kal csökken, akkor a Balaton évi párolgása 60 mm-rel lesz kevesebb, a felszíni hozzáfolyás 84 mm-rel csökken, s a természetes vízkészlet változás 58 cm-ről 35 cm-re esik vissza (Antal, 2002).

A talajnedvesség tartalom meglehetősen széles körű változékonysággal (-6-tól -80%), de legtöbbször csökkenő tendenciával szerepel az irodalomban (Huszár et al., 1999; Kertész, 2001; Kovács-Dunkel, 1998; Nováky et al., 1996). Az aszályosnak tekintett, 30%-nál alacsonyabb relatív talajnedvességű időszakok gyakorisága várhatóan 60%-kal emelkedik hazánkban, a 40%-os csapadékösszeg csökkenés, s a megnövekedett párolgás hatására. Nemes (1993) századunkban már eddig is a téli félév csapadékának csökkenését regisztrálta.

Hazai vonatkozásban a nyári félévi csapadékcsökkenés, a napfénytartam- és hőmérséklet-növekedés valószínűvé teszi a talaj nedvességtartalmának jelentős csökkenését. A félgömbi átlaghőmérséklet 0,5 °C-os emelkedése esetén a vízkapacitás 30 százaléknál alacsonyabb talajnedvességű, aszályos hónapok gyakorisága évi 1,4 hónapról 2,2 hónapra nő (Mika et al., 2001). Ez a módosulás maga után vonja a növények

öntözési igényének változását is. Egyértelmű, hogy a magasabb hőmérséklet, vagy a csapadék csökkenése a felhasznált öntözővíz mennyiségét emeli, de a változás, a növekedés minden esetben függ a hőmérséklet/csapadék módosulás mértékétől, a kiindulási helyzettől. Az öntözővíz igény olyan komplex növényi és környezeti tényezők együttese által meghatározott fogalom, amelyből egyetlen tényező kiragadása pontos eredményt biztosan nem adhat, általánosításra pedig semmiképpen nem alkalmas. Ennek ellenére néhány kiragadott példával szemléltetjük a várható öntözővíz-igény változás tendenciáját. Az öntözővíz szükséglet emelkedését növényfajtól függően Mika (1993) 2K-nyi felmelegedésnél 2–32%-ra, 4K-nél 11–68%-ra becsüli. Kétszeres CO₂ koncentrációnál Nováky et al. (1996) a globális felmelegedés következményeiként a növényi vízigény dinamikájában a tavaszi hónapok megnövekedett víz szükségletét, valamint a csapadékhiány előidézte 20%-os a párolgás csökkenését emelte ki.

A teljes körű hatótényezők számbavételének igénye nélkül 3°C-os hőmérséklet emelkedés változatlan csapadék mellett az ország öntözővíz igényét várhatóan 15%-kal növeli (Nováky et al., 1996). Ha a melegedéshez még 10%-os csapadék csökkenés is társul, a vízigényben 26%-os emelkedés lesz. Több hazai és mérsékelt övi határon túli vizsgálat egybehangzó véleménye szerint a csapadék 10%-os mérséklődése az öntözővíz igényt – növényfajtól és környezeti tényezőktől is függően – mintegy 7–8%-kal emeli. A mérsékelt övben a gabonafélék és kukorica fajlagos öntözővíz igényének növekedését 30–35 mm/°C-ra becsüli Ivanov-Iszmajilov (1992).

A kártevők mennyisége, kártétele és összetétele, tekintettel erős időjárás érzékenységre változni fog, melynek előjelei már napjainkban is láthatók. Több olyan faj telepedett meg az utóbbi években, amelyek korábban nem éltek meg Magyarországon. Országos visszhangot váltott ki pl. a vadgesztenyét károsító aknázómoly megjelené-

se, s a fák fennmaradását kérdéssé tevő súlyos lombkártétele (*Csóka, 1998*). Néhány őshonos kártevőnél a számukra kedvezőbb klíma növelheti a nemzedékek számát, s ezzel emelve a növényvédelem amúgy is tetemes költségét.

A melegkedvelő C_4 -es gyomok hazai terjeszkedése akár már a klímaváltozás jele is lehetne, bár a „klímaindikátor” fajok listájának összeállítása még várat magára (*Kovács-Láng et al., 1998*).

Magyarországon az 1951–93 közötti művelési ágváltozás az Alföldön önmagában $0,4 \text{ Wm}^2$ melegedést okozott (*Mika et al., 2001*).

Arról is említést kell tenni, hogy hazánk egyes térségein a globális felmelegedés nem biztos, hogy teljesen azonos hatású lesz. Erre enged következtetni az eddigi változások trendje is. Az ország 10 főállomásának hosszú idősoros, 100 évre kiterjedő elemzése alapján megállapítást nyert, hogy az ország nyugati felén a becült trend érték magasabb, $0,72\text{--}0,85 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ év}$ közötti, s a keleti országrészben ennél mindenütt alacsonyabb, mindössze $0,49\text{--}0,60 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ év}$ (*Szalai-Szentimrey, 2001*). A két szélsőséges mérőhelyet Mosonmagyaróvár és Nyíregyháza képviselte a megfigyelésben.

Befejezésképpen három, a kérdéskörben járatos mértékadó akadémikus gondolatát idéznénk, amellyel lezárjuk a szinte kimeríthetetlennek látszó jövőbeni éghajlatváltozás-becslés tárházát. *Major (1986)* mind a mai napig érvényesen emlékeztet arra, hogy a műholdas Föld-energiamérleg követés, amely már pontos adat-szolgáltatást jelent a különböző klíma modellek futtatásához, mindössze másfél évtizedes múltra tekint vissza – s ez napjainkra is csak három évtized! Az éghajlatváltozások időskáláján ez az időszak csekély, s ráadásul az eddigi mérések sem utalnak tendenciózus változásra. A méréseket kellene pontosabbá tenni. *Czelnai (1998)* felhívja a figyelmet egy téves közhi-eedelemre. Sokan azt gondolják, hogy az éghajlatváltozás az alacsonyabb földrajzi szélességek magasabbra tolódásával egyenlő, mely akár „hasznos” is lehet. A termé-

zetben nemcsak antropogén klíma-módosulások lehetségesek, hanem annál sokkal drámaibb természetes változások is előfordulnak. Az emberi tevékenység legveszélyesebb következménye az, hogy akár végletesebb természetes változásoknak nyit teret. Ezt támasztja alá *Mészáros (1998)* megjegyzése, mely szerint a jelenlegi, számunkra kedvező éghajlat egyensúlya labilis, s az itt előidézett viszonylag kis változások jelentős következményeket válthatnak ki. A kérdéskör ismereteinek hiánya nem vezethet ahhoz a végkövetkeztetéshez, hogy semmit nem kell tennünk a jövőnk érdekében.

KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSA A GYEPGAZDÁLKODÁSRA

A globális éghajlatváltozás folyamatait és következményeit a környezettel foglalkozó természettudományok ugyan részleteikben még nem tárták fel, sőt még az éghajlatváltozás ténye is vitatott, bizonyos földrajzi övekben azonban kétségtelen jelei tapasztalhatók. A mediterrán térségben tagadhatatlan a szárazodás ténye, helyenként elsivatagosodásról is lehet beszélni (*Kertész et al., 1998*). A Kárpát-medence elhelyezkedése egy esetleges bekövetkező éghajlatváltozás szempontjából kiemelkedő jelentőségű. E területen már az éghajlati övek kismértékű eltolódásában tetet őlő éghajlatváltozás is a globálist meghaladó mértékű hatást eredményezne azáltal, hogy a Kárpát-medence egésze mintegy „átcúszzhat” a száraz és nedves területeket elválasztó határvonalon. E marginális – azaz az éghajlati körzetek határvonalához kapcsolódó – éghajlatmódosulások létrejöttéhez az általános légkörzés csekély megváltoztatása, illetve a ciklonpályák áthelyeződése is elegendő (*Pálvölgyi-Szedlák, 1995; Molnár-Mika, 1987*) valószínűsíti, hogy éghajlatunk mediterrán vonásai tovább erősödnek, s mediterrán észak felé terjeszkedik, s Magyarország egyre nagyobb területét, egyre gyakrabban érinti a földközi-tengeri hatás.

Szász (1998) az elmúlt 120 év éghajlati trendjeit vizsgálva, a csapadék alakulását elemezve megállapítja, hogy csökkent az utóbbi években a csapadékos napok száma, fokozódott a csapadék nélküli időszakok tartamvalószínűsége. Az idő során előrehaladva egyre tartósabbakká váltak a teljesen csapadék nélküli időszakok. A mezőgazdaságban igen fontos a természetes vízellátottság. A csapadék csökkenő tendenciája és a hőmérséklet egyidejű emelkedése a levegő párologtató képességét növeli, vagyis a potenciális párologás emelkedő trendet mutat. Az átlagos évi vízhiány a századforduló éveiben mintegy 100 mm-re volt tehető, ami a XX. század második felében már 250–300 mm/évre növekedett.

Az, hogy a Kárpát-medencében a száraz és nedves klíma átmenete a jellemző, a természetes növénytakaró változatosságában is megmutatkozik. A síksági területeken a vegetáció a lomberdők és évelőfüves sztyepek között átmenetet képező mozaikos karakterű erdős sztyepp. Ez az átmeneti típusú vegetáció a klímaváltozások hatásainak várhatóan érzékeny indikátora lesz (Kovács-Láng et al., 1998.) Említett szerzők a klimatológiában alkalmazott földrajzi analógia és a vegetációdinamikában használt „Space for Time Substitution” analóg közelítésre alapozva törekedtek választ adni a rövid távon bekövetkező kis regionális klímaváltozásnak a magyarországi homokpuszta gyepekre várható hatásaira. Homoki erdős sztyepp vegetációban egy szemiariditási gradiens mentén vizsgálták a homokpusztagyep kompozíciós és strukturális sajátosságainak változását. A klimagradiens mentén végzett összehasonlító vizsgálatok mintegy modelleztek egy 20–30 éves távlatra jósolható kis klímaváltozást. A nyílt évelő homokpusztagyep viszonylag egyszerű felépítésükkel jó kutatási objektumok e vonatkozásokban is. Az eredményekre alapozva várhatóan bővíthetők a vizsgálatok más jellemző füves növénytakarásra, különböző gyeptársulásokra is.

A húsmarhatartás fejlesztése harmonizál-

ható a környezettel, a környezetvédelmi, vidék- és térségfejlesztési programokkal. Az ágazat legköltségesebb fázisa – a tehentartás és a borjúnevelés – szinte minden, erre alkalmas területen, mintegy fél évig az olcsó takarmányforrást nyújtó legelőre alapozható (Szabó-Márton, 1999). A jelenleg gyepeként nyilvántartott, 1,1 millió ha-t meghaladó gyepterületnek csak igen csekély hányadát hasznosítják. A gyepek legnagyobb része, elgyomosodott, kulturállapota elszomorító képet mutat. Az elmúlt tíz évben drámai módon csökkent mind a szarvasmarha, mind a juh létszám Magyarországon. Mivel ezek az állatfajok a fő legelőhasznosítók, nagy visszaesés következett be a gyeppgazdálkodásban is. Ezzel egyrészt igen jelentős mennyiségű, értékes állati termék transzformálható takarmány megy veszendőbe, másrészt a nem okszerűen használt gyepek növényállománya is degradálódik. Jelentős a leromlott parlaggyepek, a cserjésedő, beerdősülő területek aránya. Ez együtt jár a környezet, a táj arculatának kedvezőtlen változásával, csökken a természeti táj értéke, szépsége, az adott vidék vonzereje.

Az esetleges klímaváltozás, a vegetációs időszak melegebbé és (még) szárazabbá válása csak ronthat a helyzeten. Fokozódhat a gyepek degradációja, az igényesebb, jobb takarmányértéket képviselő fűfajok visszaszorulása, az állományösszetétel, az állománysűrűség megváltozása akár odáig is vezethet, hogy az eddig zárt, az erózió és defláció ellen védelmet biztosító gyeppállomány fellazul, talajvédő funkcióját is kevésbé képes betölteni, igen kedvezőtlen körülmények között egyre nyíltabbá is válhat.

A gyepterületek szerepének, jelentőségének és magának a gyeppgazdálkodásnak a megítélésében is jelentős szemléletváltozás szükséges. Ez a folyamat már jó ideje el is indult. A változás lényegét e területen talán úgy lehetne megfogalmazni, hogy egyre inkább hangsúlyt kapnak a takarmányforrás funkció mellett a gyepek egyéb, közvetlen gazdasági hasznot kevésbé jelentő funkciói is. A gyepek lássák el a kérődző-, illetve

legelőhasznosító állatállományt szalastakarmánnyal, védjék a talajt és a természetes vízforrásokat, teremtsenek élőhelyet a vadon élő növény- és állatvilágnak, járuljanak hozzá a vonzó tájkép kialakításához. Nem nevezhető korszerűnek az a múltban széles körben elterjedt szemlélet, amely a gyepezéskor a hozamok minden áron való növelésében látta, eredményességét kizárólag az egységnyi területen előállítható állati termék nagyságában mérte. A gyepterületek hasznosítási lehetőségeit behatóan vizsgálja, hogy a magyarországi gyepek meghatározó hányada kis produktivitású. A jó termőképességű gyepek aránya a 10%-ot nem éri el.

A mezőgazdasági célú gyephasználatban alapvető, hogy a bevételei meghaladják a vele kapcsolatos költségeket. Gyepjeink nagyobb részén a gyepre alapozott állattartás, a legelőgazdálkodás még az állattenyésztés mainál jóval kedvezőbb közgazdasági helyzetében sem lehet önmagában jövedelmező. Méltányos, de a piacgazdasági viszonyok között elvárható, hogy az előzőekben említett közvetett előnyökért a társadalom a (gyep)gazdálkodás támogatásával fizessen (Ivány, 2003).

Általános, régóta ható tendencia az ipar, a közlekedés és az urbanizáció térhódítása következtében a mezőgazdasági területek folyamatos csökkenése. A gyepterületek csökkenése arányaiban meghaladta a szántó művelési ágban bekövetkezett területcsökkenést is. A gyepek tekintetében azonban a közeljövő változásai az eddigiekkel ellentétes tendenciák érvényre jutását segítik elő. A Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programban meghatározott elképzelések szerint mintegy 1,5 millió ha-t célszerű az intenzív szántóföldi művelésből kivonni, amelyből mintegy 6–700 ezer ha erdősítésre, 3–400 ezer ha gyepesítésre vár, mintegy 550 ezer ha pedig külterjes szántóföldi művelésbe, kert, gyümölcs, szőlő, illetve nádas, halastó (vizes élőhely) művelési ágba kerül (Angyán et al., 1999).

A szántó-gyep konverzió ténylegesen a kedvezőtlen adottságú szántók gyepesítésé-

sét jelentheti. Nem engedhető meg, hogy az elhagyott szántók elhanyagolt parlagokká váljanak, annak összes következményével. A feladat – már csak a várható nagyságrend miatt is – meglehetősen összetett. Megalapozott, szakmailag helytálló döntések és intézkedések sorozatát igényli a tervezésben, a szervezésben és a végrehajtásban egyaránt. Legfontosabb mindenképp előtt a föld tulajdonosainak (használóinak) az érdekeltsége.

A számítások szerint a hazai gyepterület nagysága mintegy 250 000 ha-ral növekszik. A gyepesítendő szántók területe ennél jóval nagyobb, hiszen a tervek egyúttal jelentős nagyságú, jelenleg gyep művelési ággént nyilvántartott terület erdősítésével is számolnak (Angyán–Podmaniczky, 1999). A gyep-erdő konverzió végrehajtása fontos részét képezi annak a távlatilag reális célkitűzés megvalósulásának, amely a jelenlegi, 18%-os erdősültségünket 25%-ra kívánja emelni.

AZ ÁLLATTARTÁST ÉRŐ HATÁSOK

Az elmúlt 10–15 év állattartását a fejlett országokban néhány egyidőben, egy irányba mutató, eltérő eredetű hatás alakította. Ilyen irányzatok, pl. a természetszerű tartásmódok elterjesztése, az animal welfare, a bioélelmiszerek előállításának növekvő térhódítása, az állati termékek termelésének alacsony költségzintre való leszorítása, valamint az állatbetegségek, járványok emberre is veszélyes kórfórmáinak, a zoonózisoknak a lokalizálása, felszámolása. Ezek a széleskörű, termelői és fogyasztói érdeket egyaránt érintő, s nemzetközi méretű folyamatok többé-kevésbé egy irányba, az extenzív tartásmódok felé vitték el a tenyésztés súlypontját. Az extenzivitás értelmezése azonban nem azonos a XX. század elejei megfogalmazásokkal – nem mostoha körülmények között tartott, s félig elvadult állományokat jelent! – hanem a zárt és iparszerű feltételek közül hozták ki a termelő állatokat a természetesebb, vagy komfortosabb élőhelyekre.

A szabadban, illetve nyitott rendszerű épületekben, karámokban, ólakban elhelyezett állatcsoportok viszont, ezáltal jelentős kitettségbe kerültek a környezeti hatások (klimatikus tényezők, épületek, berendezések, almozási módok, betelepítési sűrűség, gondozás minősége stb.) szempontjából. A külső tényezőktől való függőséget még fokozza az a tény, hogy a szelekció, s az egyre pontosabb tenyésztétkbecslés révén jelentős fajlagos hozam emelkedéseknek lehetünk tanúi. A létszámsökkenés következtében is az egyre nagyobb hozamú egyedek maradnak a termelésben. Ezek pedig – a hibridekhez hasonlóan – rendkívül érzékenyen reagálnak a szokásostól eltérő külső környezeti hatásokra.

Néhány kérdéső állatfaj (húsmarha, juh, kecske), amelyek életkörülményeit amúgy is a legeltetés, illetve a nyitott tartás jellemez, nagyobb mértékben függ az ökológiai tényezőktől, mint a zárt körülmények között tartott állatok.

A klimatikus viszonyok átlag- és szélsőértékeiben, valamint extrém hatásaiban szintén jelentős változás következett be világszerte, s a Kárpát-medence feletti légrétegekben is. A felmelegedés – bár eltérő mértékű a Föld egyes pontjain – hazai vonatkozásban (+0,63 °C 1897–1997 között; OMSZ számítás) a világátlag körüli értéken maradt. Ez relatíve nem magas hőmérsékletemelkedést jelent, de a hozzá kapcsolódó kedvezőtlen változások már figyelmeztetőleg hatnak. Tartós csapadék csökkenés, s ezen belül a téli, s az őszi időszak drasztikus csapadékcsökkenése a legeltetés feltételeit is rontja, de a legelőfü összetételt is megváltoztatja. Hosszú száraz periódusok, rövid csapadékos időszakokkal váltakoznak, ami az állatok, a legelő, s a takarmánytermő területek vízháztartását egyaránt befolyásolják. A nyári hőségnapok számának növekedése, s a hőmérsékleti maximumok évről-évre a 100 éves átlagokat meghaladó értékei közvetett, s közvetlen hatást egyaránt gyakorolnak a húsmarhák életfolyamataira, s teljesítményére.

A HŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁS LEHETSÉGES HATÁSA A HÚSMARHÁK ÉLETFOLYAMATAIRA, TERMELÉSÉRE

A levegő hőmérséklete fontos időjárási, biológiai tényező, befolyásolja a többi időjárási jelenséget is. A hőmérséklet változások okozzák a szelet, a vihart, a zivatart, amelyek közvetve hatnak. A meleg környezet az élőlényekre, az állatokra közvetlenül is hatnak. A magas hő a bőr termoreceptorai útján a központi idegrendszer közvetítésével aktíválja az állat hőleadását. A magasabb hőmérsékletre a szarvasmarha a verejétkmirigyek fokozottabb működésével reagál, párolgással sok hőt tud leadni. Ilyenkor csökken a mellékvesekéreg- és a pajzsmirigy hormontermelése. Az étvágyközpontokhoz jutó melegimpulzusok hatására csökken az állatok takarmányfelvétele. Ennek a következménye pedig termeléscsökkenés (Kovács, 1980).

A szarvasmarha a meleghez nehezebben alkalmazkodik, mint a hideghez. Magas hőmérsékleten a légzés- és pulzusszám a normális érték 5–6 szorosára emelkedik, csökken a vérben a széndioxid parciális nyomása, a plazma hidrogén-karbonát koncentrációja, nő a vér hematokrit értéke, az állat rektális hőmérséklete. Melegben a szarvasmarha, ha teheti, árnyékba húzódik. Árnyék hiányában órákig nem legel, hanem a szélirány felé fordulva áll. A hőmérséklet ingadozás bizonyos légzőszervi és mozgásszervi betegségek kialakulásában szerepet játszik. A magas hőmérséklet bizonyos fertőző betegségek terjedésének is kedvez.

A hőstressz kedvezőtlen hatását a húshasznú teheneke *Epperson–Zalesky (1995)* az alábbiakban foglalja össze: nő a páraleadás, nő az állat hőmérséklete, nő az állat vízfogyasztása, csökken a takarmányfelvétele, csökken a súlygyarapodása, csökken az aktivitása. Irodalmi adatok szintézise alapján arról is beszámolnak, hogy magasabb hőmérsékleten csökken a tenyész bikák termékenyítőképessége és a teheneke vemhesülése.

Arthur és et al. (1998) brahman, hereford és keresztezett állományok teljesítményét hasonlította össze mérsékelt égövi és szubtrópusi körülmények között. A borjak születési, választási súlya és súlygyarapodása a mérsékelt övi körülmények között kedvezőben alakult, mint a szubtrópusi viszonyok között.

Minish–Fox (1982) véleménye szerint az időjárás szélsőértékeihez, valamint a változásaihoz sok energiát igényel a hús-marhák alkalmazkodása. A hideg eső és a sáros karám 25–40%-kal növeli az energiaigényt. Minden 1 km/h szélesebbeség növekedés 1 °C-al emeli a kritikus hőmérsékleti határértéket. A komfortzóna határértékei 0–25 °C között változnak, de az épület nélkül telelő állományok egyedeinek többlet energiaigénye 13%, 500 kg átlagtömegű tehenekre vonatkoztatva.

Ádám et al. (1978) arról számolnak be, hogy +5 °C és +15 °C között az összes hőleadás mintegy 90%-át a nem párolgás útján – tehát sugárzással, vezetéssel és áramlással – végbemenő hőleadás teszi ki. 16,0 °C körül erősen emelkedni kezd a bőrön keresztüli párolgásos hőleadás, majd 21 °C felett a légzőtraktuson keresztüli hőleadás, így 32 °C-on már az utóbbi kettő, az összes hőleadásnak már kb. 80%-át adja. Érthető tehát, mekkora terhet jelent egy tehen számára az a pl. 36 °C léghőmérséklet, amelyen a testhőmérséklet 38,5 °C normál értékről 41 °C-ra, a percnkénti légzésszám pedig 35-ről 100 fölé is emelkedhet. Emellett egész sor biokémiai reakció változik meg az állati szervezetben (pl. csökken a véralkotó részek koncentrációja, a vér CO₂ megkötő képessége, a koleszterol-, vércukor- és a NPN szint, emelkedik viszont a vér kreatinin és szerves foszfortartalma) (*Eckert et al., 1988*).

Boren–Smith (1961) a hereford fajtán végzett kísérletek alapján kiemelik, hogy a jól pufferoló fajta teheneinél a külső levegő 10%-os hőmérséklet csökkenése esetén 2%-kal emelkedik a száraz úton történő hőleadás, még a relatív páratartalom 1%-os

növekedése 0,3%-os hőleadás növekedéssel jár együtt. Számításaink szerint a hústehén hőtermelésének 6,7%-a fordítódik a belélegzett levegő, a felvett takarmány és az ivóvíz fölmelegítésére.

Christopherson (1976) eltérő hőmérsékleten (–11 °C, és 20 °C) tartott húsborjak esetében 8%-os takarmány szárazanyag kihasználás csökkenést tapasztalt a hideg közegekben történő többlet takarmány-felvétel miatt. Eredményei szerint a nagyobb testű állatok csak 0,08% emészthetőség csökkenést mutatnak hideghatások esetén, míg borjaik ezalatt 0,21% veszteséget produkálnak.

A hús-marhák táplálék-felvételét és a takarmány-fellevő képességét egyaránt jelentősen befolyásolják a hőmérsékleti viszonyok és a napszak.

Owen et al. (1976) tinók legeltetését, valamint szalastakarmányokkal történő etetését vizsgálták. 2 óra legelés során a reggeli órákban, 18 °C hőmérsékleten, a tinók szignifikánsan több legelőfűvet fogyasztottak, mint 18 °C hőmérsékleten délután, vagy 32 °C hőmérsékleten délelőtt és délután. Ez igaz volt az emésztési rátára is. A kísérletet megismételték zárt, kötött istállóban, szalastakarmányokkal, hasonló eredménnyel. Jelentős tényező tehát a megvilágítás erőssége, hiszen délután a csökkenés takarmányfelvétel csökkenést is okozott. Emelkedő hőmérsékleti értékek esetében gyors takarmányfogyasztás intenzitás csökkenést regisztráltak. A délutáni hőmérsékletek tehát a tinók számára magasabbak annál, minthogy elég takarmányt legyenek képesek felvenni, s ezáltal kevesebb súlygyarapodás is remélhető hizlalásuk során.

Gates (1980) kiemeli, hogy a tehenek 5–10 °C külső hőmérsékleti tartományban akkora párologtatási értéket mutatnak, majd ahogy az állatokat körülvevő réteg hőmérséklete emelkedik. a párologtatás növekedése logaritmikus szinten nő egészen a maximális hőleadás mértékének 30%-áig.

Ugyancsak *Gates (1980)* fejt ki részletesen, hogy a bendőemésztés révén keletkezett hőmennyiségtől a kérődző egyedek hőáta-

dással még nagyobb mértékben szabadulnak meg, mint párologtatással. A hőleadás vezetékes módja azonban éppúgy függ az állat testfelületétől és testtömegétől, mint a külső határoló közeg (felület) hőmérsékletétől, valamint hővezető képességétől. 40–41 °C hőmérsékletű külső levegő esetén a leadásra szánt hőmennyiség szinte teljesen visszatarthatásra kerül, amely oly mértékű hőpangást okoz a kifejlett állatok szervezetében, ami étvágytalanságot, termelékiesést, sőt hőségüt okoz.

Rosenberg et al. (1983) kísérleteikben arra a következtetésre jutottak, hogy a páras levegő energiatakarékos is egyben. 22 °C hőmérsékletű levegőn azonosak voltak a hús shorthorn tehenek élettani paraméterei, mint 20%-kal magasabb relatív páratartalom mellett, 19 °C léghőmérséklet mellett.

Ezt erősíti meg az USA Nemzeti Meteorológiai Szolgálat, amely 1976-ban kidolgozott egy biztonsági indexet (Livestock Weather Safety Index) állatok számára. Ebben a száraz kata érték hőmérsékleteit rendeli hozzá a levegő relatív páratartalmi adatsorához. Eszerint 25 °C léghőmérséklet és 80% relatív páratartalom ekvivalens 40,6 °C és 20% páratartalom kölcsönhatásával. Azért, hogy a húshasznú szarvasmarhák a lehető legkönnyebben tudjanak alkalmazkodni a globális felmelegedés következményeként fellépő extrém meteorológiai hatásokkal szemben *Parry et al. (1991)* komplex modellek kialakítását javasolja a növénytermesztésben használtakhoz hasonlóan. Tekintetbe ajánlják venni a gondozói hatást is, kódolt formában.

Szintén környezeti modelleket állított fel *Mossberg (1992)*, aki kétféle tartásmódban, két energiaszinten vizsgálta a hízóbikák takarmány-fellevő képességét, valamint tömeggyarapodási eredményeit. Hormonális aktivitást mérve megállapította, hogy az ún. alarm reakcióért felelős katekolamin hatására termelődik az adrenalin eltérő mennyisége. Ennek koncentrációja a vérben jól elkülöníti a semleges és a hőstesszt okozó hőmérsékleti tartományok határértékeit. Kísér-

letei során megfigyelte a hízóbikák között előforduló leggyakoribb betegségeket, valamint azok környezeti hatásokkal való összefüggéseit. Így kiderítette, hogy a kiscsoportos, kötetlen hizlalási módszer esetében a tüdőgyulladás, az alacsonyabb tápláltsági szinten pedig az ujjak közötti phlegmone (bőrgyulladás) fordult elő a leggyakrabban, ami utóbbi tápláltsági eredetét is bizonyítja. A hízóbika istálló légtérének CO₂-, NH₃- és páratartalma kedvezőtlen mennyiségű légcserre esetében jelentősen hajlamosít a tüdőgyulladásra, főként 0–5 °C hőmérsékleti tartományban.

Mendel-Clawson (1972) Kansas állam feedlotjaiban végzett méréseket a levegő hőmérséklete, valamint a húshasznú borjak és tehenek súlyának alakulását figyelembe véve. A tehenek esetében 3 éves időtartam megfigyelései alapján megállapították, hogy 21 °C felett, minden 2,04 °C hőmérséklet-emelkedés 0,07 kg testsúly csökkenéssel járt együtt. A borjak súlygyarapodását szignifikánsan csökkentette a napi napsütéses órák magas aránya havi 10,7 kg/hónap értékre, pedig elegendő abrakot kaptak az állatok.

Bölcskey et al. (1979) őszi, valamint tavaszi születésű húsborkok esetében 11,3%-os választási súlytöbbletet állapított meg a tavaszi borkajnál. Ezt bizonyos mértékig a fajta (itt hereford) kompenzálta. *Chestnutt (1983)* legeltetési kísérleteiben hasonló eredményekre jutott azzal a kiegészítéssel, hogy a hústehenek kukoricaszilázs tömegtakarmánnyal etetve napi 0,59 kg súlyt vesztek a téli időszakban, míg borkaik ezalatt 950 g/nap súlygyarapodást értek el.

Bourdon-Brinks (1987) Texas állam területén dolgoztak ki egy 1 éves húsmarha programot, amelyet modellté kívántak fejleszteni. Megfigyeléseik szerint a nagyobb testű hústehenek legkönnyebben alkalmazkodnak a szélsőséges időjárási eseményekhez, de kivételt képeznek a nagy tejhozamú anyatehenek.

Pell-Thayne (1978) az eltérő környezeti viszonyok között termelő húshasznú állományok termelésének hiteles összehasonlító-

sára korrekciós faktorokat dolgozott ki. A klimatikus hatásokat kódokkal szerepelteti a faktorokban. Ezt fejlesztették tovább *Gaertner et al. (1992)*, akik a húsmarhák szaporítási időszakát modellezték több genotípus és eltérő környezeti feltétel közepette. 14 évig tartó kísérletükben a hőstresszhez legjobban alkalmazkodó genotípusnak a brahman-hereford F_1 anyateheneket találták.

DeNise-Torabi (1989) hereford növénydékuszók tömeggyarapodását vizsgálták stresszteljes környezetben. Szignifikánsan nagyobb teljesítményeket mértek a 12. hónapban, s az üszők vemhesítési rátája is messze magasabb volt a 20. hónapban a kedvező hőmérsékletű légeleőkön.

Deutscher et al. (1991) a tavaszi elletés optimális időszakát április hónapban állapították meg. A napszakok mérsékelt hossza, 15–25 °C maximum hőmérsékletekkel párosult. Ekkor mérték a legkevesebb borjúkiestést, s az áprilisi borjak választási testtömege lett a legmagasabb a tavasszal született borjak közül.

McCarter et al. (1991) ugyancsak keresztezett tehenekben találták meg a legjobb alkalmazkodó képességű anyateheneket. A brahman x hereford v. angus F_1 genotípusú tehenek a hőstressz (35–40 °C max. napi hőmérsékletek) által legkevésbé csökkentik tejtermelésüket, illetve borjúnevelő képességüket. Ezenkívül a leghosszabb produktív időszak jellemzi őket a melegstressz által rendszeresen igénybe vett déli államok területén, az USA-ban.

Bagley et al. (1987) Nyugat-Luisiana állam homokos talajú legelőin tartott vizsgálataik alapján a tehén-borjú kapcsolatot elemezték angus, valamint hereford x angus F_1 tehenek, s borjaik bevonásával, 5 évig. A biológiai paraméterek tanulmányozása során sok új adaptációs képességre, tulajdonságra fény derült. A tehén-borjú kapcsolat szignifikánsan befolyásolja a borjak választási testtömegét (200 napra korrigálva), napi tömeggyarapodását, s a borjak immunitását a borjúkori betegségekkel szemben éppúgy, mint az 1 hónapos borjak szélsőséges időjá-

rási viszonyokhoz való alkalmazkodó képességét.

Wright et al. (1994) 3 tehén genotípus testfelépítését elemezték azonos energia-bevitel mellett. A hereford x holstein F_1 , a hereford x angus F_1 , valamint a walesi fekete tehénsoport egyedei közül az utóbbiak bírták legjobban a hűvös, csapadékos időjárást, s a hideg, ködös teleket a szabadban. Még a viszonylag zord téli időszakban is jól hasznosították a 7–12 cm fűmagasságú legelőt.

Seemann et al. (1979) az optimális klimatikus tényezőkhöz való alkalmazkodásuk szerint az állatfajokat 5 csoportba sorolták. Ezek a következők:

- hypothermia: az ilyen állatok az összes termelődő hőt felhasználva sem tudják tartani optimális testhőmérsékletüket,

- ez az állatcsoport egyedei az optimum hőmérsékletet meg tudják őrizni, s többkevesebb hővesztést is kompenzálni tudnak,

- extra hőtermelés nélkül képesek testük optimális hőmérsékletét fenntartani, de többletenergiát nem termelnek,

- ezek az állatok többé-kevésbé hűteni is tudják testüket átmenetileg a hőstressz hatásokkal szemben,

- ezen állatok jól tudják hűteni magukat testük túlmelegedése ellen (hipertermia).

Miaron-Christopherson (1992) tinóhizlalás során, –10 °C, 10 °C, valamint 28 °C hőmérsékleten mérték az állatok hőtermelését. Megállapították, hogy az emésztési folyamatok sebessége, –10 °C-on, szignifikánsan megnőtt (a szárazanyag, a nyersfehérje, valamint nyersrost-emésztés sebessége). Folyékony tápanyagok emésztési sebessége fordított arányban csökkent, éppen a hőtermelés fokozása érdekében.

Kedvező tapasztalatokról számolnak be *Burrow et al. (1991)* szarvasmarha és zebu keresztezett üszők, valamint tinók hőtűrő képességéről, valamint hasított féltest minőségéről, kiváló fogamzási és ellési paramétereiről trópusi viszonyok közt, Ausztráliában.

Becze (1987) a különböző genotípusú hústehenek extenzív körülmények között

elért szaporasági mutatóiról így vélekedik: szabályos (átlagos) tenyésztési körülménynek között a termelési és szaporasági paraméterek tekintetében a fajták között kialakult sorrend külterjes viszonyok között felborul. Így értelmezendő a hereford fajtáról alkotott kedvező vélemény, ami általában a külterjes viszonyokra vonatkozik.

Christopherson (1976) a tartós hideghatások eredményeként a húshasznú borjakban mért táplálóanyag-kihasználást értékelte. Véleménye szerint a kihasználási együttható csökkenése ellensúlyozható több nyersrostot tartalmazó takarmányok (széna, pelletek) etetésével. *Stephan et al. (1986)* a nyitott, mélyalmos istállóban nevelt húshasznú üszők első termékenyítésének indexét (1,7), életr napi testtömeg-gyarapodását (554 g) elemezve arra a következtetésre jutottak, hogy a hidegtűrő képesség rendkívül kedvező eredményekben realizálódott a $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ minimum hőmérséklet értékéig. *Bru et al. (1987)* limousin és creole F₁ és creole genotípusú hizóbikák végbélhőmérsékletét tanulmányozva arra a következtetésre jutott, hogy $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet esetén a kísérleti csoportok átlagos végbélhőmérséklete elérte a $38,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ és a $39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Ebben a környezetben a termelés drasztikusan lecsökkent, hiszen az állat hőegyensúlya is veszélybe került. A hőleadás mértékét gátolta a meleg levegő magas páratartalma is. *Shioya-Hamada (1987)* $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőstressznek tett ki 26 növendéküszőt ivarzásuk első napjától 72 óráig. A vemhesség elbírálása alapján 26,9% nem fogamzott. Ugyancsak 2 napig tartó, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőstressz nyomán vizsgáltak 8, szuperovulációból kinyert, majd beültetett embriót. Szignifikánsan kevesebb blasztoméra képződött, s az embriók tartós lázas állapotot mutattak a további magzati fejlődésük során. *Andreoli et al. (1988)* nem tudtak a 192 ± 14 napos vemhes üszők vércukor szintjében szignifikáns változást kimutatni a hidegstressz hatására, de a növekedési hormon-termelés gátlását statisztikailag igazolták. *Geisert et al. (1988)* az előbbi eredményeket azzal egészítik ki, hogy a meleg-

stressz még a méhmozgások és az ivarzási nyálka termelődését is kedvezőtlenül befolyásolja.

Ádám (1988) a megfelelően tiszta levegőn nevelt borjak takarmányértékesítő képességéhez képest $16,2\%$ -os csökkenést, valamint az NH_3 -mal, CO_2 -vel és H_2S -sel szennyezett levegőben átlagosan $3,5$ -del gyorsabb percenkénti légzésszámot regisztrált. Hízómarhákban végzett kísérletei eredményeként – a szennyezett levegőben – átlagosan $8,5\%$ -kal kevesebb testtömeggyarapodást és szignifikánsan magasabb légzésszámot észlelt a borjakon. A szabad levegő és a szennyezett levegő paraméterei a következők voltak: – CO_2 : $0,06\%$, NH_3 : 11 ppm (tiszta levegő), – CO_2 : $0,12\%$, NH_3 : $> 13\text{ ppm}$ (szennyezett levegő). A levegő szennyezésének megengedett határértékét *Ádám (1988)* javaslatá szerint az istálló levegőjében a CO_2 esetében $0,3\text{ tf}\%$ -ban, az NH_3 -ra nézve 26 ppm -ben szükséges meghatározni. H_2S -t pedig nem szabad tartalmaznia, attól mentesnek kell lennie.

Morrison et al. (1979) húshasznú hízómarhák különböző hőmérsékleteken mért hőleadását elemezve azt állapították meg, hogy -10 – $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ külső léghőmérséklet már 2 Mcal hőmennyiséggel növeli a hőtermelés szintjét, ami 2 kg takarmánygubona etetése során keletkező hőmennyiséggel egyenértékű. Az állatok hővesztesége maximálisan elérheti a 4 – $4,5\text{ Mcal}$ hőmennyiséget. A hőmérsékleti szélső ingások hatásainak tanulmányozásában említésre méltó eredményt ért el. *Szász (1988)* a szabadban tartott szarvasmarhák mikroklimatikus kölcsönhatásait elemzi, s a légáramlás specifikus, anyagcserére, energia- és vízforgalomra ható befolyását emeli ki, mai a borjak esetében fokozott veszélyforrás. *Bacsó (1963)* tapasztalatai szerint az uralkodó szélirányból fújó szelek gyakorisága csak 30 – 40% , ám ezek a szélesebbségek a 10 m/s küszöbérték fölötti tartományokban tartoznak. A szélvédelem tervezésekor ezt a tényt ajánlatos figyelembe venni.

Rosenberg et al. (1983) így összegzik a

légáramlás, a légsebesség és az állatok hőháztartásának összefüggéséről tett megállapításait. A szélhatás által keltett, ún. turbulens konvekció ugyanis részben a hőmérséklet-különbség, részben pedig a szélesebbesség függvénye. Az energiaveszteségi tényező értéke alacsonyabb légsebesség-tartományban elmarad a nagyobb szélesebbeségek által okozott kedvezőtlen hatás mértékétől. Magasabb hőmérsékleti zónában tehát a szarvasmarhák szervezetét kisebb hőveszteség éri azonos légsebesség értékek esetében. A februártól-májusig tartó természetes ellési főszezonban a kimutatott pozitív szélhatás – teljesítmény összefüggés a tavaszi enyhe, fokozatosan melegítő szeleknek köszönhető.

A frontátvonulások és egyéb légköri képződmények hatásait elemző biometeorológiai megfigyelések az elmúlt néhány évtizedre korlátozódnak. Segítségükkel azonban számos olyan kérdés tisztázódott, illetve magyarázatot nyert, melyek az állatok (s köztük a szarvasmarhák), élettani reakcióinak, viselkedésének, valamint termelőképességének változásaival kapcsolatosak, továbbá hasznos ismereteket szolgáltatnak a technológiák tervezéséhez, fejlesztéséhez. A kutatási eredmények alapján bebizonyosodott, hogy a szarvasmarha az egyik legérzékenyebb állatfaj a légköri fronthatások szempontjából.

A hidegfrontok érkezése, valamint átvonulása a Kárpát-medence fölött, a szarvasmarhák szervezetében ún. poszt-frontális élettani reakciókat vált ki. Ez a frontok természetével függ össze. A hidegfrontok elvonulását követően ugyanis emelkedő légnyomás, tisztább levegő, gyakori szélhatások befolyásolják az állati szervezet működését. Túlsúlyba kerülnek a paraszimpatikus idegi hatások. Fokozódik a görcskészség, az állatok vérében lévő fehérvérsejtek száma csökken, a vér vegyhatása pedig lúgos irányba tolódik el.

A melegfronti, ún. prefrontális hatások egyik fő jellemzője a szimpatikotónia. Az állatok nyugtalansága, izgatottsága szembeötlő. Pulzusszámuk, légzésfrekvenciájuk,

pajzsmirigyműködésük, gyomorsav elválasztásuk fokozódik, vérnyomásuk emelkedik. A hizómarhák étvágya, testtömeg-gyarapodása csökken. A vérük pH-ja savas irányba változik. Az ivarzási tünetek csökkenése jól megfigyelhető a tenyészbikák hágókedvének visszaesésében, ondóminőségük romlásában. A fronthatások jól kimutathatóan befolyásolják többek között a szarvasmarhák ivarzási tüneteit, fogamzását, ellési időpontját (*Draskóczy, 1970, 1971; valamint Draskóczy-Perjés, 1978*).

Az európai fajták nagy testtömege viszonylag kicsi testfelülettel párosul. Tehát az egységnyi testtömegre jutó testfelület növekedésével az alacsonyabb környezeti hőmérséklet kedvezőtlenebbül hat. A szarvasmarhák hőszabályozó mechanizmusa is segíti a hidegtűrést. A bőrben, az artériák közelében több ér fut. A test belsejéből jövő vér a bőrhöz vezető úton bizonyos mennyiségű hőt ad át az ellenkező irányba áramló vérnek. Ez testhőmérséklet megtakarítást tesz lehetővé. Javítja a hidegtűró képességet a szórtakaró és az azt körülvevő, szigetelő levegőréteg is (*Eckert et al. 1988*).

Az egyes fajták között azonban jelentős eltérések vannak az optimális hőzóna szempontjából. Míg a brahman fajta egyedei kifejezetten melegtűrők és optimális hőmérsékletük 25 °C körül van, addig a shorthorn fajta egyedekének optimuma 10 °C. A mérsékelt égövi fajták egyik fő problémáját éppen a hőtűrő képesség jelenti. *Ádám-Barna (1983)* számos vizsgálat alapján bizonyították a melegstressz kedvezőtlen befolyását a magyartarka hizómarhák és tehének élettani reakcióira és termelőképességére.

Ádám-Túri (1969) közli, hogy a szembe jutó fény nemcsak az állat látás érzetét kelti fel, hanem szoros kapcsolatban van a belső-elválasztású mirigyek működésével is. Fény hatására megindul a gonadotrop hormontermelés az adenohypofízisben, aminek következménye az ivarzási tünetek megjelenése. Az agyalapi mirigy elülső lebenyének thyreotrop és corticotrop hormontermelését is fokozza a fényhatás, amelyek a pajzsmi-

rigy és a mellékvese működésén keresztül befolyásolják

- az állatok biológiai ritmusát,
- a 24 órás vegetatív működést szabályozó mechanizmust,
- a bőrben lévő eosinofil szám változást,
- a vemhesség tartamát,
- a szőrzet minőségét, valamint a vedlést.

Bölcsey (1984) a tavaszi szezonban született húshasznú borjak választási teljesítménye, valamint a tehenek ugyanazon évi októberi testtömegét összehasonlítva arra a következtetésre jutott, hogy a tavaszi szezonban született borjak közül az áprilisiaké a legmagasabb választási testtömeg, míg a tehenek októberben mért testtömege alapján a februárban ellett egyedek érték el a legjobb eredményt. A vizsgálatokat az idézett szerző magyartarka, hereford, illetve magyartarka x hereford F₁ genotípusú teheneken és borjakon végezte. *Becze (1987)* húshasznú állományokban a borjak fölnevelésével kapcsolatos évszakhatásokat elemezve megállapítja, hogy a tél végi, tavaszi időszak elléseiből született borjaknak nemcsak a felnevelési költségei kisebbek, s a választási testtömegei nagyobbak, hanem a tehenek újravemhesülési aránya is átlagosan közel 90%, a nyár

elején ellettek 60% körül arányához viszonyítva, azonos időszakot tekintve.

Szuromi (1989) a magyartarka fajtába tartozó, húshasznú tehenek termékenységét befolyásoló évszakhatásokat vizsgálta. Megállapította, hogy márciusban, illetve március, április és május hónapokban a legkedvezőbb a tehenek újraellési aránya (34,6%, illetve 29,1%) az év többi időszakában elért eredményekhez képest.

A fenti megállapítások arra hívják fel a figyelmet, hogy a szélsőséges éghajlat, időjárás, különösen a magas hőmérséklet kedvezőtlen hatásokat fejt ki a húsmarhatartás közvetlen környezetére, a legelőre, és az állatok szaporodási, termelési eredményeire. Egyre több, publikáció jelenik meg e tényezők hatására vonatkozóan, azonban a különböző feltételek közötti megállapítások eredménye nem minden esetben egyértelmű. További, főleg genotípus-környezet interakció vizsgálatok szükségesek a húsmarhatartásban is, hogy a hazánkban tenyésztett, különböző fajták, genotípusok hő-stressznek kitett körülmények közötti eredményeiről bővebb ismeretek birtokába juthassunk. Fontos továbbá, hogy hazai kutatásokkal megalapozzuk az előre jelzett, kedvezőtlen hatásokhoz történő alkalmazkodásunkat.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANDREOLI, K. M.–MINTON, J. E.–SPIRE, M. F.–SCHALLES, R. R. (1988): Influence of prepartum exposure of beef heifers to winter weather on concentrations of plasma energy-yielding substrates, serum hormones and birth weight of calves. *Theriogenology*, Kansas State Univ., Manhattan, 29. 3. 631–642. p. (2) ANTAL, E. (2001): A növényi vízellátottság hazai kérdőjelei a jövő évtizedekben a globális éghajlatváltozás tükrében. In: Berényi Dénes Jubileumi Ünnepeége Előadásai, Debrecen. 119–143. p. (3) ANTAL, E. (2002): A Balaton párolgása és az éghajlatváltozás. A Dunántúl és a Kisalföld történeti földrajza c. konferencián elhangzott előadás 2002. nov. 25-én, Budapest. (4) ÁDÁM T. (1988): Terhelő környezeti hatások (klíma, levegőgázok, zaj) vizsgálata a szarvasmarha-tartásban. *Doktori értekezés*, 2. XXXIII. 26. 148. p. (5) ÁDÁM T.–BARNA I. (1983): A meleg stresszor hatásának vizsgálata hizómarhán, klímaistállóban. *ÁTK Közleményei*, *Godöllő*, 51–55, 532. p. (6) ÁDÁM T.–BARNA I.–TAKÁCS E. (1978): Nagyszúlyú magyartarka hizómarhák vizsgálata nagy melegben. *ÁKI Közleményei*, *Herceghalom*, 318 p. 73–82, (7) ÁDÁM T.–TURI J. (1969): A világosság és elsötétítés és a kettő váltakozásának hatása és gazdaságossági vonatkozásai a borjúnevelésben. *Állattenyésztés*, Budapest, 18. 2. 143–151. p. (8) ANGYÁN J.–PODMANICZKY L. (1999): Földhasználati zónarendszer kialakításának lehetőségei Magyarországon. VII. Országos Agrár-környezetvédelmi Konferencia, Szakmai kiadvány. Környezetvédelmi Információs Klub, Budapest. 40–41. p. (9) BACSÓ N. (1963):

Bevezetés az agrometeorológiába. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 294. p. (10) BAGLEY, C. P.–CARPENTER, J. C.–FEAZEL, J. I.–HEMBRY, F. G.–HUFFMAN, D. C.–KOONCE, K. L. (1987): Influence of calving season and stocking rate on beef cow-calf performance. Louisiana Agriculture, Resepine 30. 1. 8–9, 11. p. Rosepine Res. Station. (11) BARTHOLY, J.–PÁLVÖLGYI, T.–MATYASOVSZKY, I.–BARCZA, Z. (1996): Az éghajlat nagytérségű változásai: okok és folyamatok, valamint a megismerés módszerei. Természet Világa Különszám, 127 évf. 1: 35–39. p. (12) BECZE J. (1987): Kérdések és válaszok a szaporodásbiológia gyakorlatából. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 43–58, 302. p. (13) BOREN, F. W.–SMITH, E. F. (1961): Shade for feedlot cattle. Kansas State Univ. Technical Bulletin 120. Agric. Exp. Stat., Manhattan, 253, 274–277. p. (14) BOURDON, R. M.–BRINKS, J. S. (1987): Simulated efficiency of range beef production. Journal of Anim. Sci., Fort Collins, 65. 4. 943–955. p. (15) BÖLCSKEY K. (1984): A tavaszi főszezon különböző hónapjaiban ellett hűstehenek választási teljesítménye és október végi testtömege. ÁTK Közleményei, Gödöllő, 503. p. (16) BÖLCSKEY K.–ENYEDI S.–LÁNYI I.–NÉ–SZUROMI A. (1980): Tavaszi és őszi születésű húsborjak választási teljesítménye. Állattenyésztés, Budapest, 29. 3. 225–230. p. (17) BRU, J. C.–BERBIGIER, P.–SOPHIE, S. A. (1987): Estimation of sweat rate and thermal tolerance of pure Creole and of Limousin x Creole crossbred growing bulls in Guadeloupe (French West Indies) INRA Intern. Journal of Biometeorology, 31. 1. 77–84. p. (18) BURROW, H. M.–GULBRANSEN, B.–JOHNSON, S. K.–DAVIS, G. P.–SHORTHOSE, W. R.–ELLIOTT, R. F. (1991): Consequences of selection for growth and heat resistance on growth, feed conversion efficiency, commercial carcass traits and meat quality of Zebu crossbred cattle. Australian Journal of Animal Research, VOL. 42. 1373–1383. p. (19) BUSSAY, A. (1995): A burgonyatermesztés szimulálása növény-időjárás modellek segítségével. Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok 4. , 59. p. (20) BUSSAY A.–BIHARI, Z. (1998): Az erdőtüz gyakorisága és az éghajlati változékonyság kapcsolatának vizsgálata különös tekintettel az agrometeorológiai karakterisztikákra. In.: Az éghajlatváltozás és következményei (szerk. Dunkel Z.) Met. Tud. Napok '97, 201–208. p. (21) CHESNUTT, D. M. B. (1983): Some effects of changes in cow liveweight in the autumn clawing suckler herd. Grassland beef production. Seminar in the CEC Programme, Ashford, Ed. W. Holmes, 1984. Nijhoff, 8. 195. p. (22) CHRISTOPHERSON, R. J. (1976): A tartós hideg és külső téli környezet hatásai a látszólagos táplálóanyag-kihasználásra juhban és szarvasmarhában. Can. Journal of Anim. Sci., Ottawa, 56. 2. 201–212. p. Cit. Állattenyésztés (1977), 26. 2. 168. p. (23) CURE, J. D. (1985): Carbon dioxide doubling responses: a crop survey. In: B. R. Strain and J. D. Cure (eds.). Direct effects of Increasing Carbon Dioxide on Vegetation. Carbon Dioxide Res. Div., U.S. Dep. Energy, DOE/ER-0238, Washington, DC, 99–116. p. (24) CZELNAY, R. (1998): Kellemetlen meglepetések az üvegházban. In: Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok '97, (szerk. Dunkel Z.) Orsz. Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 15–18. p. (25) CZELNAY, R. (1998): Éghajlatváltozás: tények, reflexiók, olvasatok és csapdák. In: Az időjárás és az éghajlat hatása a növény-víz kapcsolatrendszerre. Meteorológiai Tud. Napok '98, (szerk. Mika, J.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 59–61. p. (26) CSÓKA, Gy. (1998): Az aszályosság hatása az erdei rovarkárak alakulására. In: Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok '97, (szerk. Dunkel Z.) Orsz. Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 169–172. p. (27) DE NISE, S. K.–TORABI, M. (1989): Genetic parameter estimates for postweaning traits of beef cattle in a stressful environment. Univ. of Arizona, Tucson, USA, Journal of Anim. Sci. 67. 10. 2619–2626. p. (28) DEUTSCHER, G. H.–STOTTS, J. A.–NIELSEN, M. K. (1991): Effects of breeding season length and calving season on range beef cow productivity. Univ. of Nebraska, North Platte, USA, Journal of Anim. Sci. 1991. 69. 9. 3453–3460. p. (29) DÉR F.–MARTON I. (2001): A gyephasznosítás kérdése. A gyepgazdálkodás helyzete és kilátásai. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 17. DATE Kiadó. Debrecen. 269–274. p. (30) DOMONKOS P. (1996): Meteorológiai elemek napi értékeinek generálása. In: Éghajlati változások hatása az öntözővíz-igényre. OMSZ Éghajlati és Agromet. Tanulm. 5. 40–66. p. (31) DRASKÓCZY J. (1970): Meteorológiai frontátvonulások hatása a magyartarka tehének ivarzására és fogamzására. Állattenyésztés, Budapest, 19. 4. 289–294. p. (32) DRASKÓCZY J. (1971): Vizsgálatok az ivarzás és a fogamzás, valamint a meteorológiai faktorok korrelációjáról. Magyar Állatorvosok Lapja, Budapest, 26. 84–87. p. (33) DRASKÓCZY J.–PERJÉS I. (1978): Meteorológiai front- és légtömegfajták hatása a szarvasmarha fertilitási viszonyaira. Magyar Állatorvosok Lapja, Budapest, 33. 21–25. p. (34) EASTERLING, W. E. (1992): Preparing the erosion productivity impact calculator (EPIC) model to simulate crop response

- to climate change and the direct effects of CO₂. *Agric. and Forest Meteorology*, Vol. 59. 17–34. p. (35) ECKERT, R.–RANDALL, D.–AUGUSTINE, G. (1988): *Animal Physiology. Mech. and Adaptation*. 3rd edition, Ed. W. H. Freeman, New York, 683. p. (36) ERDŐS, L.–MIKA, J. (1993): Applying a new model to estimate effects of climate potential in yield. 16th Conf. On Carpathian Meteorology, Smolenice, Slovakia, Oct. 4–8, 1993. (37) GAERTNER, S. J.–ROUQUETTE, F. M. JR.–LONG, C. R. (1992): Influence of calving season and stocking rate on birth weight and weaning weight of Simmental-sired calves from Brahman-Herford F₁ dams. *Journal of Anim. Sci.*, Overton, 70. 8. 2296–2303. p. (38) GATES, D. M. (1980): *Biophysical Ecology*. Ed. Springer Verlag, New York–Berlin, 389–407, 600. p. (39) GEISERT, R. D.–ZAVY, M. T.–BIGGERS, B. G. (1988): Effect of heat stress on conceptus and uterine secretion in the bovine. *Theriogenology*. Oklahoma Agric. Exp. Sta., Stillwater, 29. 5. 1075–1082. p. (40) HARNOS, ZS. (1988): Az éghajlat változékonysága és hatásai a gabonatermesztésre. *Vízügyi Közlemények*, 397–408. p. (41) HARNOS, ZS. (1998): A klímaváltozás várható alakulása és hatása néhány gazdasági növény termeszthetőségére. In: *Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok '97*, (szerk. Dunkel Z.) Orsz. Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 55–66. p. (42) HUNKÁR, M. (1998): A klímaváltozás hatása a mezőgazdasági növények élettani folyamataira. In: *Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok '97*, (szerk. Dunkel Z.) Orsz. Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 173–180. p. (43) HUSZÁR, T.–MIKA, J.–LÓCZY, D.–MOLNÁR, K.–KERTÉSZ, Á. (1999): Climate change and soil moisture: a way of simulation. *Physics and Chemistry of the Earth. (A) Vol. 24*, 905–912. p. (44) IPCC (1996): *Climate Change 1995*. (J. T. Houghton et al, eds.) Cambridge Univ. Press, 570. p. (45) IPCC (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Houghton J. T., et al., eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. & New York, N.Y. USA, 881 p. <http://www.ipcc.ch> (46) IVANOV, E. G.–ISZMAILOV, G. H. (1992): Az éghajlatváltozás hatása a vízkészletek változására és az öntözővízigény alakulására a Szir-Darja völgyében. *Vodnije Reszurszi*, 5 (in Russian). (47) IVÁNY K. (2003): A gyep-területek változó szerepe, megítélése az ökológiai és tájszempontról vidékfejlesztésben. III: Növény-termesztési Tudományos Nap Kiadvány AKAPRINT. Budapest. 174–178. p. (48) KERTÉSZ Á. (1996): Az aridifikáció fogalmának értelmezése. *Földr. Ért. XLV. 1–2.*, 5–9. p. (49) KERTÉSZ Á. (2001): A globális klímaváltozás természetföldrajza. *Holnap Kiadó*, Budapest. 144. p. (50) KOVÁCS, G. J.–DUNKEL Z. (1998): A klímaváltozás várható következményei Magyarországi szántóföldjein a következő félszázadban. In: *Az éghajlatváltozás és következményei*. (szerk. Dunkel Z.) Met. Tud. Napok '97, 181–194. p. (51) KOVÁCS-LÁNG, E.–KRÖEL-DULAY GY.–KERTÉSZ, M.–MIKA J.–RÉDEI T.–RAJKAI K. (1998): Homokpusztagyeppek mintázatának változása egy szemi-ariditási gradien mentén. In: (szerk. Dunkel Z.) *Met. Tud. Napok, 1997*. 137–146. p. (52) KRÖEL-DULAY, G.–BARTHA, S.–WANTUCHNÉ DOBI, I.–KOVÁCS-LÁNG, E.–D. P. COFFIN. (1998): Egy mechanisztikus szimulációs modell alkalmazása száraz homoki gyepék klímaváltozással kapcsolatos dinamikájának predikciójára. In: *Az éghajlatváltozás és következményei*. (szerk. Dunkel Z.) *Met. Tud. Napok*, 275–284. p. (53) KIMBALL, B. A. (1985): Adaptation of Vegetation and Management Practices to a Higher Carbon Dioxid World. In: B. R. Strain and J. D. Cure (eds.). *Direct Effects of Increasing Carbon Dioxid on Vegetation*. DOE/ER-0238, Dept. of Energy, Washington, DC. (54) KUCHMENT, L. S.–STARTSEVA, Z. P. (1991): Sensitivity of evapotranspiration and soil moisture in wheat fields to changes in climate and direct effects of carbon dioxide. *Hydrological Sciences Journal*, 36. (55) MAJOR, GY. (1996): A Föld és a légkör sugárzási energiámérlege. *Természet Világa Különszám*, 127. évf. 1: 40–43. p. (56) MÁTYÁS CS. (1998): Éghajlati változékonyság és az erdei fajok alkalmazkodóképessége. In: *Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok. 1997*. (szerk. Dunkel Z.) Orsz. Met. Szolg. Budapest. 11–14. p. (57) MCCABE, G.–WOLOCK, D., (1992): Sensitivity of irrigation demand in a humid-temperate region to hypothetical climatic change. *Water Resources Bulletin*, Vol. 28, No. 3, 535–543. p. (58) MCCARTER, M. N.–BUCHANAN, D. S.–FRAHM, R. R. (1991): Comparison of crossbred cows containing various proportions of Brahman in spring- or fall-calving systems: IV: Effect of genotypes x environment interaction of lifetime productivity of young cows. *Oklahoma Agr. Exp. Sta. Stillwater, Journal of Anim. Sci.* 69. 10. 3977–3982. p. (59) MENDEL, V. E.–CLAWSON, W. J. (1972): *The Feedlot*. Chapter 1. Location. Publ. Lea and Febiger, Philadelphia, 1–5. p. (60) MÉSZÁROS, E. (1996): Melegítjük, vagy hűtjük a légkört? *Természet Világa Különszám*, 127. évf. 1: 8–10. p. (61) MÉSZÁROS, E.

- (1998): Éghajlat és emberi tevékenység: a jövő nagy kihívása. In: Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok '97, (szerk. Dunkel Z.) Orsz. Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 11–14. p. (62) MIARON OLE, J. O.–CHRISTOPHERSON, R. J. (1992): Effect of prolonged thermal exposure on heat production, reticular motility, rumen fluid and particulate passage rate constants, and apparat digestibility in steers. *Can. Journal of Anim. Sci.* Edmonton, 72. 809–819. p. (63) MIKA J. (1988): A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás* 92, 178–189.
- Mika, J. 1992: A klímaváltozás és a növényzet kölcsönhatásának néhány vonatkozása. In: Emlékkötet Makainé Császár M., Erdős L. és Felméry L. docensek tiszteletére (szerk. Szunyogh I.) Egy. Met. Füz. 6. sz. 222–241. p. (64) MIKA, J. (1993): Az Alföld éghajlatának megváltozása a globális klímaváltozással összefüggésben. *Alföldi Tanulmányok*, XV. 11–30. p. (65) MIKA J. (1996): Éghajlati forgatókönyvek. In: Változások a légkörben és az éghajlatban. (szerk. Mika J.) *Természet Világa Különszám*, 69–74. p. (66) MIKA, J.–HORVÁTH SZ.–MAKRA L. (2001): Impact of documented land use changes on the surface albedo and evapotranspiration in a plain watershed. *Phys. & Chem. of the Earth*, Vol. 26, 601–605. p. (67) MIKA J. (2001): Új kutatások a globális klímaváltozás, valamint ezek regionális sajátosságai és hatásai terén. In: Berényi Dénes Jubileumi Ünnepe Előadásai, Debrecen. 185–202. p. (68) MIKA J. (2002): A globális klímaváltozásról: Egy meteorológus kutató szemszögéből. *Fizikai Szemle* LII. évf, 258–268. p. (69) MIKA, J. (2003): Az éghajlatváltozás sajátosságainak becslése a Zempléni-hegység térségére. In: Szerencs és a Zempléni-hegység (szerk. Frisnyák, S. és Gál, A.) Szerencs, 41–56. p. (70) MINISH, G.–FOX, D. (1982): Beef production and management. Reston Publishing Company, INC. A. Prentice–Hall Company Reston, Virginia, 478. p. (71) MORISON, J. I. L. (1987): Intercellular CO₂ concentration and stomatal response to CO₂. In: *Stomatal function*. Stanford Univ. Press, Stanford. (72) MORRISON, S. R.–LOFGREEN, G. P.–GIVENS, R. L. (1976): Effect of ventilation rate on beef cattle performance. Davis, California. *Transaction of the Am. Soc. of Agricult. Engineers* 19. 3. 530–532. p. (73) MOSSBERG, I. (1992): Environmental influences on growing bulls in two housing systems. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Report 217, 192. p. (74) NEMES, CS. (1993): A kukorica terméseredménye és az aszály. *Egyetemi Doktori értekezés ELTE TTK*, Budapest, 54. p. (75) Nemzeti Agrár-Környezetvédelmi Program. (1999): I. kötet FVM Agrárkörnyezetgazdálkodási tanulmánykötetek. 1–174. p. (76) NOVÁKY, B.–BUSSAY, A.–DOMONKOS, P. (1996): Éghajlati változások hatása az öntözővizigényre. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*, Budapest, 108. p. (77) OWEN, G. I.–MARTS, F. A.–CAMPBELL, J. R.–MATCHES, A. G.–HILDERBRAND, E. S. (1976): Relation of eating an associated behavioural patterns of cattle in confinement to forage species and ambient temperature. *Journal of Anim. Sci.*, Champaign, 42. 6. 1534–1540. p. (Cit. *Állattenyésztés* (1977), 26. 2. 160 p.) (78) PARRY, M. L.–CARTER, T. R.–KONIJN, N. T. (1991): The Impact of Climatic Variations on Agriculture. *Agroclimatic Models. VOL. I.*, United Nations Environment Program, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 121. p. (79) PARRY, M. L.–DUINKER, P. N. (1990): The Potential Effects of Climatic Change on Agriculture and Forestry. Working Group II Report, Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO and UNEP, Geneva and Nairobi. (80) PÁLVÖLGYI T.–SZEDLÁK T. (1995): Változó éghajlat, változatlan erdőgazdálkodás? Erdő és klíma. Konferencia Noszvaj. *KLTE Debrecen*. 20–27. p. (81) PÁLVÖLGYI, T.–FARAGÓ, T. (1998): Az éghajlatváltozási kormányközi testület helyzetértékelése és éghajlatváltozás tudományos technológiai és társadalmi-gazdasági hátteréről. In: Az éghajlatváltozás és következményei. Meteorológiai Tudományos Napok '97, (szerk. Dunkel Z.) Orsz. Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 33–42. p. (82) PELL, E.–THAYNE, W. (1978): Factors influencing weaning weight and grade of West Virginia beef calves. *Journal of Anim. Sci.*, Champaign, 46. 3. 596–603. p. (83) RASCHKE, K. (1986): The influence of the CO₂ content of the ambient air on stomatal conductance and the CO₂ concentration in leaves. In: H. Z. Enoch and B. A. Kimball. *Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops*, Vol. II. Physiology, Yield and Economics. CRC Press, Boca Raton (84) SCHLESINGER, W. H. (1993): Responses of the terrestrial biosphere to global climate change and human perturbation. *Vegetatio* 104. (85) SEEMANN, J.–CHIRKOV, Y. I.–LOMAS, J.–PRIMAULT, B. (1979): *Agrometeorology. Agricultural Climatology*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 181. p. (86) SHIOYA, Y.–HANADA, A. (1987): Effects on high environmental temperature on early embryonic development in heifers. *Bulletin of National Institutio of animal Industry* 46. 1–6 p. Rosenberg, N. J.–Blad, B. L.–Verma, S. B. (1983): *Microclimate. The biological environment*. Sec. ed. New York, 425–

- 471, 495. p. (87) SMITH, T. M. M.–SHUGART, H. H.–BONAN, G. B.–SMITH, C. M. (1980): Modeling the Potential Response of Vegetation to Global Climate Change. In: *Global Climate Change: The Ecological Consequences*. Acad. Press. Harcourt Brace and Company Publ. (88) STEPHAN, V.–ZEHLE, H.–MÜLLER, H. J.–BEHRMANN, J. (1986): Jungrinder aufsucht in Kaltställen (Rearing of calves in unheated housing). *Tierzucht. Stendal*, 40. 10. 445–446. p. (89) SZABÓ F.–MÁRTON I. (1999): A húsmarhatermelés minőségi fejlesztése. In *Minőség és agrárstratégia*. MTA Budapest. 255–270. p. (90) SZALAI, S.–SZENTIMREY, T. (2001): Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? In: *Berényi Dénes Jubileumi Ünnepe Előadásai*, Debrecen. 203–214. p. (91) SZÁSZ G. (1988): *Agrometeorológia (általános és speciális)*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 67–70, 82–85, 161–163, 195–198, 462. p. (92) SZÁSZ G. (1998): A feltételezett éghajlatváltozás és annak következménye a mezőgazdaságban. III. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum. Debrecen. 1998. 8–15. p. (93) SZUROMI, A. (1989): Az évszak hatása a hústehenek termékenységére. *ÁTK Közlemények, Gödöllő*, 1988/1989, 131. p. (94) TAR, K. (1998): A magyarországi szélmező statisztikai jellemzői a globális felmelegedéssel összefüggésben. In: *Az éghajlatváltozás következményei, Meteorológiai Tudományos Napok '97*. (szerk. Dunkel Z.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 249–258. p. (95) TUBA, Z. (1995): Növényökofiziológiai válaszok jelenlegi és emelt CO₂ szinten. MTA Doktori értekezés (96) WARRICK, R. A.–GIFFORD, R.–PARRY, M. L. (1986): CO₂, climatic change and agriculture. In: *The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems*, John Wiley, Chichester. (szerk. Dunkel Z.) (97) WMO (2001): *A Meteorológiai Világszervezet állásfoglalása az éghajlat 2000. évi állapotáról*. WMO-No. 920. Hungarian Edition. (98) WRIGHT, I. A.–JONES, J. R.–MAXWELL, T. J.–RUSSEL, T. J. F.–HUNTER, E. A. (1994): The effect of genotype x environment interaction on biological efficiency in beef cows. *British Society of Animal Production, VOL. 58, Part 2, 1994 April*, 197–207. p.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSÁNAK SZIMULÁCIÓS VIZSGÁLATA ŐSZI BÚZA PRODUKCIÓJÁRA

HARNOS NOÉMI

ÖSSZEFOGLALÁS

Az üvegházhatású gázok légköri koncentráció növekedése a légkör melegedéséhez vezet amely globális klímaváltozást eredményez. A klímában bekövetkező változások várhatóan befolyásolhatják a természetes ökoszisztémákat, és a mezőgazdasági termelést.

Tanulmányunkkal a globális klímaváltozás őszi búza termesztésére gyakorolt hatásaira való felkészülési folyamatot kívántuk elősegíteni szimulációs modellek használatával. Nettó CO₂ asszimilációt leíró modellt paramétereztünk és teszteltünk, majd növény növekedési szimulációs modellbe építettük be. Emellett búzanövekedési szimulációs modelleket adaptáltunk magyarországi környezetbe azért, hogy vizsgáljuk az őszi búza termését a jövőben valószínűsíthető klímákon.

Szimulációs modellek használatával megállapítottuk, hogy a növekvő légköri CO₂ koncentráció hatására nem fog jelentősen növekedni a termés mennyisége, míg a klímaváltozás jelentősen csökkentheti a búzatermést.

SZIMULÁCIÓS MODELLEK HASZNÁLATA

A szimulációs modellek lehetővé teszik a mezőgazdasági ökológiai rendszerek elemzését, a várható tendenciák előrejelzését és a hatalmas mennyiségű tudásanyag összefogását. Segítségükkel jól leírhatók a környezeti paraméterek, valamint a fajta és agrotechnika összefüggései. Használatukkal lehetőség nyílik a gyakorlatban nehezen vizsgálható körülmények – klímaváltozás, stresszhatások – elemzésére, és egyre nagyobb szerepet játszanak a kutatásokhoz kapcsolódó költséges kísérletek számának csökkentésében is. Ezért a kísérletek során szerzett ismeretek összefogására, az adatok feldolgozására és az adott helyekre a megfelelő növényfajták kiválasztásának elősegítésére számítógépes növény növekedési szimulációs modelleket használnak.

A növénytermesztők és növénynevelők

hasznára különböző bonyolultságú növényi növekedési modelleket dolgoztak ki az egyszerű statisztikai regressziós modellektől az összetett mechanizmusú modellekig, részfolyamatok modellezésére, vagy akár az egész növény viselkedését szimulálva. A kísérleti kutatás mellett több kutató is alkalmaz szimulációs modelleket a környezeti stresszhatások, pl. magas hőmérséklet, szárazság-stressz vagy az emelt légköri CO₂ koncentráció (EC) növények fejlődésére és produkciójára gyakorolt hatásainak a megértéséhez és leírásához (Porter *et al.* 1995; Harrison–Butterfield 1998). Modellezők és klímaváltozás kutatók a Föld számos részén, különböző klímán és talajon tesztelik a növényfajokat, fajtákat, azok produkcióját, növekedését, és az így szerzett tapasztalatokat építik be a modellekbe.

Tanulmányunkban bemutatjuk a szimulációs technika alkalmazásának lehetőségeit a klímaváltozással kapcsolatos kutatásokban.

Rövidítések jegyzéke

A: nettó CO₂ asszimiláció sebessége;
 C_a: levegő CO₂ koncentrációja;
 C_s: sejtek közötti CO₂ koncentráció;
 EC: emelt légköri CO₂ koncentráció;
 GCM: globális éghajlat modell;
 JC: jelenlegi légköri CO₂ koncentráció;
 M az adatpárok közötti átlagos eltérés;
 OTC: felül nyitott kamrarendszer;
 PAR: fotoszintetikusan aktív sugárzás;
 R: korrelációs együttható;
 R²: determinációs együttható;
 T: hőmérséklet.

KLÍMAVÁLTOZÁSI SZCENÁRIÓK

Az utóbbi években egyre többet beszélünk az időjárásról, amely nemcsak Magyarországon, hanem a világ távoli részein is egyre szélsőségesebb: az üvegházhatású gázok légköri koncentrációnövekedése a légkör melegedéséhez vezet, amely globális klímaváltozást eredményez. A globális környezeti változások vizsgálata az 1970-es, 1980-as évek óta kapott kiemelt szerepet, amit részben az váltott ki, hogy nemzetközi kutatócsoportok modellezési kísérletei globális klímaváltozást valószínűsítettek. A probléma jelentőségét a Rio de Janeioban (1992), Kyotóban (1997) és Johannesburgban (2002) tartott, a világ országainak vezető személyiségeit összehívó nemzetközi konferenciák is bizonyítják.

Az óceánok, földtömegek, légkör, hó, jég, vegetáció és a felhőzet valós világa kölcsönhatásban a tengeráramlásokkal, szelekkel, hőáramlásokkal és a nedvesség transzportjával, melyeket a napsugárzás befolyásol. Igaz, hogy a Föld időjárása és éghajlata megfigyelhető és mérhető, de ahhoz, hogy megértsék egy ilyen komplex rendszer dinamikáját, és előrejelezzék a jövőbeni alakulását vagy rekonstruáljuk múltbeli viselkedését, analitikus modellek szükségesek. Ilyenek a globális éghajlat modellek (global climate model) vagy általános cirkulációs

modellek (general circulation model), azaz GCM-ek.

Az így előállított GCM-eket használják fel az úgynevezett *klímaszcenáriók* készítéséhez, amit a következőképpen definiálhatunk: „A lehetséges jövőbeni klímák egy készlete, melyek alapos tudományos elveket felhasználva készültek, mindegyik következetes – belülről nézve –, de egyiknek sincs egy meghatározott valószínűsége, hogy be is következik.” Tehát egy klímaszcenárió csak egy a lehetséges jövőbeni klímák közül, és *nem* előrejelzés, ami valamikor a jövőben bekövetkezik (*Barrow 1993*).

A GCM scenáriók általánosságban 3 °C hőmérsékletemelkedést „jósnak” az üvegház hatású gázok légkörben való megkötésének hatására, amit csökkenthet a felhőzet negatív visszacsatolási hatása a kevesebb hó beengedésével, viszont növelhet a meleg hatására megnövekedett talaj és vegetáció párologtatásának – evapotranszpiráció – pozitív visszacsatolási hatása. A felmelegedés hatására megnövekedett mértékű párologás a csapadékmennyiség emelkedését is okozhatja világszerte. A GCM scenáriók szerint a kontinensek közepén a csapadék mennyisége csökken, míg a szárazföldek határain a maihoz képest nő. A csapadék csökkenése által okozott nyári szárazságok főleg a középső szélességi fokok mentén jelentkezhetnek. Az itt említett változások a mezőgazdaságra és a természetes ökoszisztémákra dramatikus hatnak (*Gates 1993*).

A légkörben felgyülemlett üvegházhatású gázok által okozott klímaváltozás növényekre gyakorolt hatásainak tanulmányozásához a világ számos táján GCM-ek által felállított klímaváltozási scenárióknak (*Barrow 1993; Semenov–Barrow 1997*) megfelelő kísérleteket végeznek (*Wheeler et al. 1996; Tuba et al. 1994*), és a hosszas és költséges kísérletek elkerülésére, az adatok feldolgozására és az adott helyekre a megfelelő növényfajták kiválasztásának elősegítésére számítógépes növény-növekedési és produkciós szimulációs modelleket használnak (*Porter et al. 1995; Harrison–Butterfield 1998*).

A VÁRHATÓ KLIMATIKUS VÁLTOZÁSOK MAGYARORSZÁGON

Magyarország az atlanti, a mediterrán és a kontinentális éghajlati övek találkozásánál helyezkedik el. Ez a három klímátípus határozza meg az időjárás alakulását, ami ezáltal nagyon változékony. Az extrém időjárási hatások ellenére a magyarországi időjárás általában kedvező a mezőgazdasági termelés számára. Jó minőségű gabonatermesztést, pl. búza és kukoricatermesztést, mérsékelt övi zöldségfélék, gyümölcs és szőlőtermesztést tesz lehetővé (Harnos, 1996). Kontinentális éghajlaton azonban a csapadék mennyisége és éves eloszlása az egyik legfontosabb limitáló tényező a gabonatermesztésben (Cselötei-Harnos, 1994; Láng et al., 1983).

A Magyarországon várható klímaváltozást a U.K. Hadley Centre HadCM2 egységes klímaváltozási modell Győr-Moson-Sopron és Hajdú-Bihar megyére vonatkozó klímaváltozási scenáriói alapján írjuk le (Barrow-Hulme, 1996). A 2050 körüli időszakra vonatkozó 30 éves klímascenáriókat a CLIVARA projekthez készültek (Harnos et al., 1999). A HadCM2 kísérletben az alábbi megközelítéseket használták:

- HCGG, melyben a klímaváltozás „okozója” a légköri CO₂ koncentrációjának emelkedése, mint az üvegházhatású gázok öszszesített megtestesítője.

- HCGS, melyben a klímaváltozás oka mind az üvegház hatású gázok koncentráció emelkedése, mind a szulfát aeroszolok közvetlen sugárzó hatása.

- HCGGv és HCGSv, melyek tartalmazák a napi klímavariabilitás várható módosulását is.

A Magyarországra vetített klímaváltozási scenáriók a tavaszi és őszi hónapokra átlagosan 1°C-os hőmérsékletemelkedést írnak le, míg a téli és nyári hónapokra ez az érték magasabb, a HCGG scenáriók 2–4°C, a HCGS klímascenáriók 2°C átlaghőmérséklet-emelkedést mutatnak (1/a. ábra). Várható a csapadékeloszlás idő- és térbeli változása: az ország keleti felében a HCGG klíma-

scenárió alapján a téli hónapokban kis mértékben emelkedik, míg nyáron csökken a csapadékmennyiség, a HCGS scenárió szerint március körményén kisebb csapadéknövekedés várható. A nyugati megyékben a HCGG scenárió a téli hónapokra csapadéknövekedést mutat a sokévi átlaghoz képest, és a tavaszi, őszi időszakra kis mértékű csökkenést, a HCGS pedig a júniusi és szeptemberi időszakra jelez nagyobb mennyiségű csapadéknövekedést (1/b. ábra). Várható a csapadék időszakonkénti jelentős csökkenése vagy extrém megnövekedése, ami áradásokat, belvizeket okoz, vagy jelentős csökkenése, ami aszályt eredményez.

AZ EMELT LÉGKÖRI CO₂ KONCENTRÁCIÓ HATÁSA NÖVÉNYEK PRODUKCIÓJÁRA

Amióta felmerült az üvegházhatás által okozott klímaváltozás lehetősége, és ismertté vált annak mibenléte valamint várható iránya, a biológusok, botanikusok, agrárszakemberek tanulmányozni kezdték ezen változások hatásait az élővilágra. Vizsgálták az ökoszisztémák alakulását és az egyes növény- és állatfajokra gyakorolt várható hatást. A klímaváltozás legfőképpen a növények életét, fejlődését, növekedését és szaporodását befolyásolja és a táplálékláncon keresztül hat mind a növényevő, mind a ragadozó állatokra, és nem utolsósorban az emberi táplálkozásra. Éppen ezért a klímaváltozás hatásaival foglalkozó kutatások jelentős része a termesztett növényekkel foglalkozik.

A növény egyik legfontosabb „tápláléka” a szén, amit a fotoszintézis során a levegőből a CO₂ asszimilációjával vesz fel. A CO₂ asszimiláció sebessége függ a levegő CO₂ koncentrációjától, a hőmérséklettől, a fotoszintetikusan aktív sugárzás mennyiségétől, a tápanyag- és vízellátottságtól.

Számos kísérlet kimutatta, hogy pozitív visszacsatolás áll fenn a légköri CO₂ koncentráció emelkedése és a C₃-as asszimiláci-

ős utat követő növények (pl. kalászos gabonák) nettó szárazanyag produkciója között (Senock et al., 1996; Harnos et al., 1998; Harnos et al., 2002b). Azt tapasztalták, hogy az EC-n nevelt növények nettó CO₂ asszimilációja nőtt, és párologtatása csökkent a jelenlegi környezetben neveltekhez képest, ami nagyobb biomassza mennyiséghez és sok esetben több terméshez is vezetett (Senock et al., 1996; Harnos et al., 2002b).

A múltban ezt az elsősorban zárt térben, főként üvegházakban alkalmazott ún. „CO₂ trágyázási hatást” egyértelműen előnyösnek tekintették. Feltételezték, hogy a földi légköri CO₂ koncentráció emelkedése a megnövekedő biomassza-produkció révén segít majd megoldani az emberiség élelmezési problémáit is.

Újabb, állományszintű vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy EC hatására a növények vízfelhasználása növekszik. Ennek egyik oka, hogy EC hatására több és nagyobb felületű levél képződik és ezzel megnő a növény összpárologtató felülete, ezért a növény több vizet fog felhasználni (Harnos et al., 2002b). A másik oka, hogy az EC-n nevelt növény nagyobb gyökeret ereszt, és a mélyebbre hatoló gyökerek több vizet tudnak felvenni jobban kimerítve a rendelkezésre álló vízkészletet, ami a klímaváltozással járó szárazság hatására még szűkösebb lesz (Tuba et al., 1996). Ha a vízkészletek korlátozottak, a legtöbb talajtípuson lehetetlen a nettó CO₂ asszimiláció növelése. Ezért szükség van többtényezős kísérletekre, melyekben a CO₂ koncentráció mellett más, a növény fejlődésére döntő befolyású környezeti tényezők megváltozásának hatását is vizsgálják.

Irodalmi adatok azt sugallják, hogy az EC bizonyos mértékig kompenzálhatja a szárazság növényfejlődésre és biomasszaprodukcióra, csakúgy, mint a fotoszintetikus aktivitásra gyakorolt negatív hatásait (Pospíšilová–Čatský, 1999). A növények biomassza produkciója EC-n a szárazságstressz hatása alatt is elérheti a normál vízellátottságon jelenlegi CO₂ koncentráción (JC) nevelt

növények produkcióját (Pospíšilová–Čatský, 1999). Az EC ugyan növeli a növények szárazságtűrését és biomasszaprodukcióját, viszont a termés minőségére negatívan hat (Harnos et al., 2002a).

A nettó CO₂ asszimilációra, légzésre, növekedésre, reprodukcióra és a vízszükségletre a hőmérséklet is jelentősen hat. A növények nettó CO₂ asszimilációja egy bizonyos optimális hőmérsékletig növekszik, majd magasabb hőmérsékleten csökken. Az optimum hőmérséklet mérsékelt égövi növények esetében 15 és 30 °C közé esik. A nettó CO₂ asszimiláció és légzés mértéke az adott időszak uralkodó hőmérsékletéhez alkalmazkodik (Larcher, 1975). A légzési sebesség növekedésének fontos szerepe van a globális felmelegedés hatásának érvényesülésében. Kb. 10 °C hőmérsékletnövekedés megkettőszerezi a növény légzési sebességét (Gates, 1993) és növeli az evapotranszpirációt is. A növekvő párologtatás hozzásegít a talaj gyorsabb kiszáradásához, ami újabb stressz eredője lehet (Gates, 1993). A legtöbb növény növekedése is felgyorsul melegebb hőmérsékleten, feltéve, hogy elegendő tápanyag és víz áll rendelkezésre. Egy bizonyos határ után azonban a hőmérséklet fokozódása a növekedés csökkenéséhez vagy akár elhaláshoz is vezethet, ezáltal nő a növénykárosodás rizikófaktora is (Cannell et al., 1989).

Az eddigi tanulmányokból kiderült, hogy a növények egyrészt hamar akklimatizálódnak az EC-hoz, másrészt a növény EC-n elért biomassza produkció növekedése magasabb hőmérsékleten gyengül, és nitrogénhiány lép fel, ami a termés tápanyagértékét csökkentheti. A hőmérséklet emelkedése lerövidíti a levelek élettartamát, ezzel csökkenti a magas fotoszintetikus kapacitást (Lawlor–Mitchell, 1991; Long, 1991).

Kalászos gabonafajokon végzett vizsgálatok során kiderült, hogy az EC-ra adott, általában pozitív növényi reakciók mértéke eltér egyrészt a különböző gabonafajok között, és őszi búzán belül fajtánként is (Harnos et al., 1998). Tekintettel arra, hogy

a légköri CO₂ koncentráció növekedésének mértéke hasonló a különböző termesztési övezetekben, a várható válaszokat a fajták genetikai adottságai és termesztési körülményei fogják meghatározni. Ezért a növény-nemesítés során ügyelni kell arra, hogy az új fajták fontos fejlődési, növekedési paramétereinek figyelembe vétele mellett a környezetben végbemenő változásokra való reakciókat is feljegyezzük.

A növények EC-ra adott tényleges válaszai azonban csak hosszú időtartamú és a mindenkori terület éghajlati viszonyai mellett vizsgálatsorozatokból ismerhető meg. Mára már egyre több kísérlet bizonyítja, hogy a növények a legkülönbözőbb és leg-szélsőségesebb módon képesek az EC-hoz alkalmazkodni.

A NETTÓ CO₂ ASSZIMILÁCIÓ BIOKÉMIAI MODELLJE

A növény-növekedési szimulációs modell sok részfolyamat alrendszeréből áll. A növény-növekedés szempontjából az egyik legfontosabb folyamat a CO₂ asszimilációja. A szimulációs modellek, amelyek leírják a levelek, a növényegyedek, növényállományok, az ökoszisztémák szén mérlegét, mind használják a nettó CO₂ asszimiláció matematikai leírását. Bár több dinamikus és „steady-state” modell áll rendelkezésre a nettó CO₂ asszimiláció leírására (Marshall-Biscoe, 1980), mégis a Farquhar et al. (1980) és Farquhar-von Caemmerer (1982) által leírt, majd Sharkey (1985) és Harley-Sharkey (1991) által módosított biokémiai modell – Farquhar modell – tűnik a legalkalmasabbnak erre a célra. A Farquhar modell tartalmazza a ribulóz 1,5-bifoszfát karboxiláz oxigenáz (Rubisco) aktivitást, a ribulóz 1,5-bifoszfát (RuBP) regenerációjának elektron transzport függő sebességét és a trióz foszfát felhasználásának sebességét. A Farquhar modellt széles körben tesztelték és validálták (Long, 1985). A modell alapján leírt egyenletek alkalmasak a levél CO₂

felvétel sebességének és a hőmérséklet és légköri CO₂ koncentráció változás hatásának számítására.

Az alábbiakban bemutatjuk a C₃-as asszimilációs utat követő őszi búza nettó CO₂ asszimilációjának leírását a Farquhar modell segítségével, a modell paraméterezési és tesztelési eredményeit és alkalmazásait.

A Farquhar modellnek megfelelően a nettó CO₂ asszimiláció (A) a következő összefüggéssel írható le:

$$A = V_c - 0,5 \cdot V_o - R_{day} = V_c \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot O_i}{\tau \cdot C_i}\right) - R_{day},$$

ahol V_c és V_o a Rubisco karboxilációs és oxigenációs sebessége. A 0,5 faktor arra utal, hogy minden 2 Rubisco oxigenációjára egy molekula CO₂ szabadul fel a fotorespiráció során. A τ a Rubiscora vonatkozó, fajtánként változó faktor (Jordan-Orgen, 1984), míg a C_i és az O_i a CO₂ és az O₂ parciális nyomása a sejtek közötti légterben. A nappali légzést az R_{day} jelöli, mely tulajdonképpen a CO₂ felszabadulás napfényben a fotorespiráción kívüli egyéb folyamatok következtében (Brooks-Farquhar, 1985). A Rubisco karboxilációjának sebessége (V_c) függ a (i) Rubisco mennyiségi, aktivitási és kinetikus tulajdonságaitól, (ii) a RuBP elektron transzporton keresztüli regenerációjának sebességétől és (iii) a triózfoszfát felhasználásától, azaz

$$V_c = \min\{W_c, W_p, W_r\}.$$

Így

$$A = \min\{W_c, W_p, W_r\} \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot O_i}{\tau \cdot C_i}\right) - R_{day}.$$

$$W_c = \frac{V_{c_{max}} \cdot C_i}{C_i + K_c \cdot (1 + O_i / K_o)},$$

ahol a karboxiláció sebességét a Rubisco mennyisége, aktivitása és kinetikus tulajdonságai limitálják. $V_{c_{max}}$ a karboxiláció maximális sebessége, K_c és K_o a karboxiláció és oxigenáció Michaelis konstansai. Hasonlóan, ha a karboxilációt az elektrontranszpor-

ton keresztüli RuBP regeneráció limitálja, a karboxiláció:

$$W_j = \frac{J \cdot C_i}{4 \cdot (C_i + O_i / \tau)},$$

ahol J a potenciális elektrontranszport sebessége (Smith, 1937) és a 4-es faktor jelenti, hogy 4 elektron transzportja termel elegendő ATP-t és NADPH-t a RuBP regenerációjához a Calvin ciklusban (Farquhar-von Caemmerer, 1982). Az elektrontranszport potenciális sebessége függ a sugárzástól, I , ami Smith (1937) tapasztalati kifejezése szerint:

$$J = \frac{\alpha \cdot I}{\left(1 + \frac{\alpha^2 \cdot I^2}{J_{\max}^2}\right)^{1/2}},$$

ahol α a fényenergia konverziójának hatásfoka és J_{\max} a fényteltett elektrontranszport sebessége. Végül, ha a karboxilációt a triózfoszfát felhasználás limitálja, a limitáló kondíció a következőképpen írható le:

$$W_p = 3 \cdot TPU + 0,5 \cdot V_o = 3 \cdot TPU + \frac{V_c \cdot 0,5 \cdot O_i}{C_i \cdot \tau \cdot C_i \cdot \tau},$$

ahol TPU a triózfoszfát felhasználás sebessége. Ekkor az inorganikus foszfor hozzájárulás a limitáló faktor a nettó CO_2 asszimilációban (Sharkey, 1985; Harley-Sharkey, 1991; Harley et al., 1992). Úgy vélik, ennek előfordulása igen ritka, de mégis nyilvánvaló, hogy magas C_n -n és erős napsugárzás esetén általános (Harley et al., 1992).

A K_c , K_o , R_p , τ , J_{\max} , $V_{c_{\max}}$ és TPU hőmérséklet függése az alábbiak szerint írható le:

$$\text{Paraméter } (K_c, K_o, R_p, \tau) = e^{\frac{\Delta H_a}{R T_i}}$$

és

$$\text{Paraméter } (J_{\max}, V_{c_{\max}}, TPU) = \frac{e^{\frac{\Delta H_a}{R T_i}}}{1 + e^{\frac{\Delta S_a - \Delta H_a}{R T_i}}}$$

(Johnson et al., 1942), ahol c egy arányossági tényező, ΔH_a aktiváló energia, R a gáz állandó ($R = 0.00831 \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), T_i a levél-felület-hőmérséklet [K], τ a hőmérséklet egy gyengítő függvénye, ennek aktiváló energiája negatív. ΔH_a a deaktiválási energia és ΔS egy entrópikus tag.

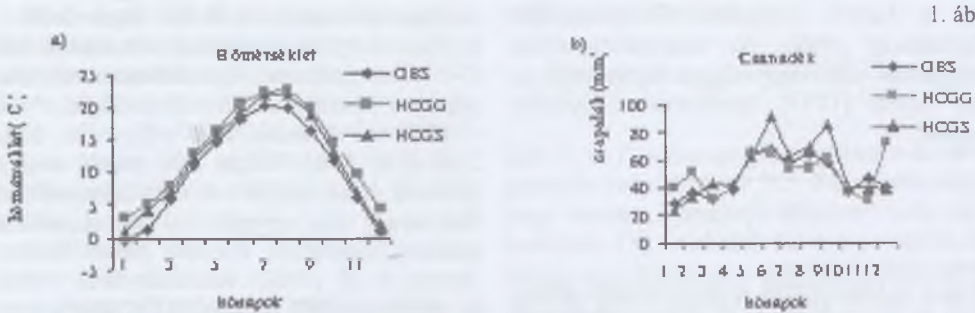
A Farquhar modell paraméterezéséhez egy felül nyitott kamrarendszerben (OTC) végzett kísérlet során JC-n és EC-n nevelt martonvásári származású őszi búza zászlólevelén virágzás kezdetekor hét különböző C_n -n mért gázcsere és mikrometeorológiai adatokat használtunk ($T = 20 \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$; $PAR = 1000 \pm 100 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $C_i = 30, 100, 200, 330, 540, 730$ és $900 \text{ mmol mol}^{-1}$) (Harnos et al., 2002b). A mért hőmérséklet fluktuációt nem egyenlítettük ki, az eredeti adatsort használtuk. Az alap paramétereket Harley et al. (1992) tanulmányából vettük át, ahol a modellt JC-n és EC-n nevelt gypotra paraméterezték. Adataink alapján meg kellett változtatni a $c(K_c)$, $c(V_{c_{\max}})$ és $c(TPU)$ paraméter értékeket, melyek a karboxiláció Michaelis konstansának (K_c), a karboxiláció maximális sebességének ($V_{c_{\max}}$) és a triózfoszfát felhasználás sebesség (TPU) hőmérséklet függésének paraméterei.

Paraméterezés után a mért és szimulált nettó CO_2 asszimiláció közötti szoros összefüggést mutatja a determinációs koefficiensük értéke mind a kontroll, $R^2=0,916$, mind az EC-n nevelt növényekre $R^2=0,98$, és az adatpárok egymástól való csekély eltérése ($M_{\text{kezelt}}=1$, $M_{\text{kontroll}}=1,3$). A szimulációs eredményeket a 2. ábra mutatja be. Mind a mért, mind a szimulált nettó CO_2 asszimiláció nagyon érzékeny volt a hőmérsékletingadozásra, ami a modell szempontjából nagyon jó becslést jelent. A telítési C_n érték és a telítési nettó CO_2 asszimiláció értéke a kontroll növények esetében alacsonyabb volt, mint a kezelt növényeké. Az eredményeket a fényteltett mérési körülmények miatti sugárzás mértéke nem befolyásolta, de éppen ezért magas C_n -n mérve a nettó CO_2 asszimilációt a triózfoszfát felhasználás sebessége limitálta. A telítési C_n érték és a telítési nettó

CO₂ asszimiláció sebessége a kontroll növények esetében alacsonyabb volt, mint a kezelt növényeké.

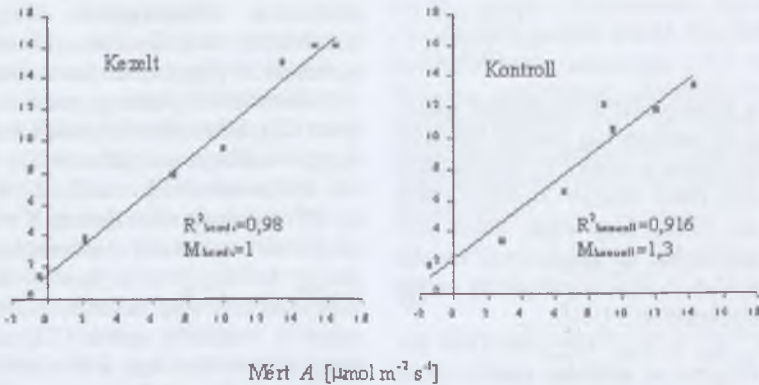
Paraméterezés után a modellt teszteltük a paraméterezéshez használt kísérletből származó, szenteltődés kezdetekor négy függőleges levélszinten mért adatsoron (T=35°C; PAR=1200 mmol m⁻²s⁻¹ a felső két levélszinten és PAR=500 mmol m⁻²s⁻¹ az alsó két

levélszinten; C_a = 350 mmol mol⁻¹ vagy C_a = 700 mmol mol⁻¹) (Harnos et al., 2002b) és egy másik kísérletből származó, hasonló nevelési körülményeken nevelt martonvásári származású őszi búza zászlós levelén virágzás kezdetekor mért adatsoron (T = 20 °C; PAR = 800 mmol m⁻²s⁻¹, C_a = 60, 100, 180, 350, 500, 700, 1000 mmol mol⁻¹) (Tuba et al., 1994).



1. ábra

30 éves megfigyelt (OBS) és klímascenárió (HCGG, HCGS) adatsorok alapján megadott havi hőmérséklet (a) és csapadékösszeg (b) átlagértékek Győr-Moson-Sopron megyében



2. ábra

JC-n (kontroll) vagy EC-n (kezelt) nevelt őszi búza zászlóslevelének mért és Farquhar modellel szimulált nettó CO₂ asszimilációja

Forrás: Harnos et al. 2002b

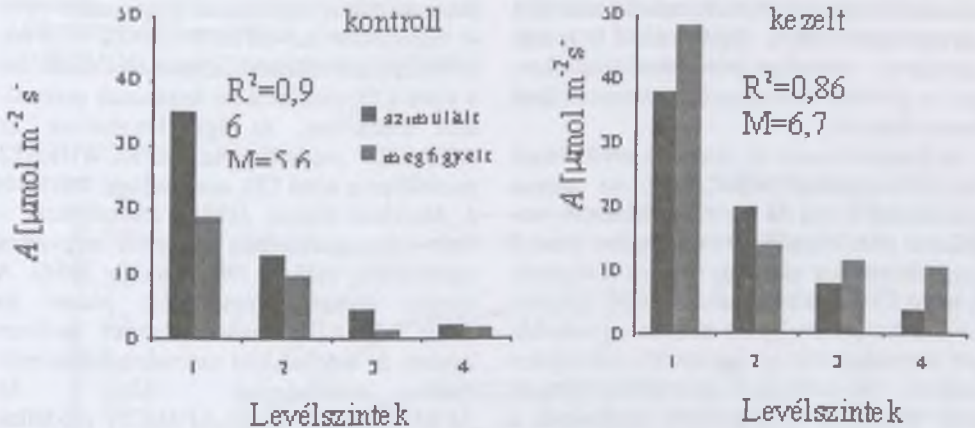
Őszi búzán, szenteltődés kezdetekor az alacsonyabb levélszinten, ahol az öregebb levelek kevesebb fényt kaptak, a K_c, K_o és V_{c,max} paraméterértékeket konstanssal kellett szoroznunk. A szorzótényezők értéke nem

függött a nevelési C_a-tól, de függött a levélszinttől. Így szoros összefüggést találtunk a mért és szimulált értékek között minden mérési körülményen (3. ábra). R²=0,86 az EC-n nevelt növényekben és R²=0,96 a JC-n

nevelt növények esetében. Mind a kontroll mind a kezelt növények esetében a legfelső levélszinten a triózfoszfát felhasználás sebessége limitálta a CO₂ asszimilációt, míg a legalsó levélszinteken fénylimitáció lépett fel.

Tuba et al. (1994) adatain végzett tesztelés során kapott szimulációs eredmények is kielégítőnek bizonyultak, $R^2_{\text{kontroll}}=0,94$, $M_{\text{kontroll}}=0,81$, illetve $R^2_{\text{kezelt}}=0,98$, $M_{\text{kezelt}}=0,96$ (4. ábra).

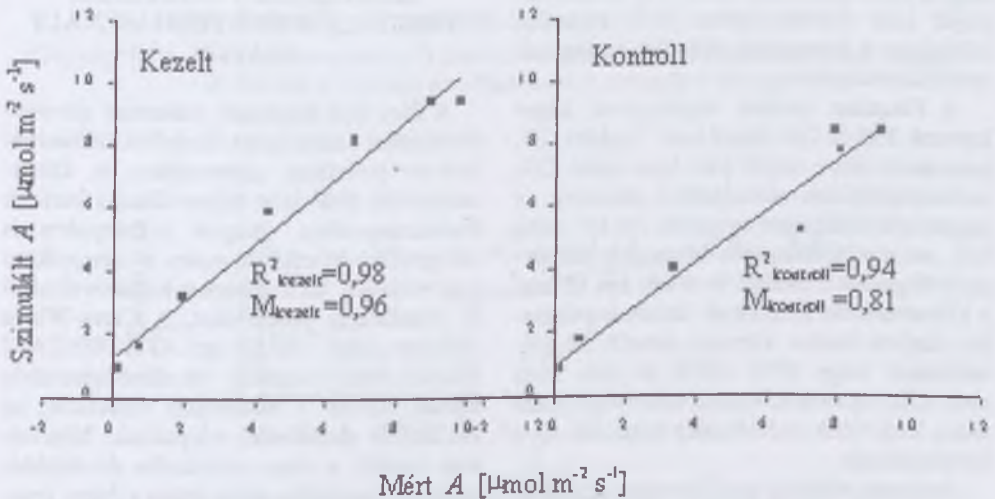
3. ábra



JC-n vagy EC-n OTC-ben nevelt őszi búza mért és szimulált nettó CO₂ asszimilációja (A) négy függőleges levélszinten

Forrás: Harnos et al. 2002b

4. ábra



JC-n (kontroll) vagy EC-n (kezelt) OTC-ben nevelt őszi búza zászlóslevelén mért és szimulált nettó CO₂ asszimiláció

Forrás: Tuba et al. (1994)

A modell alkalmazásaként felrajzoltuk az A/C_i görbét különböző hőmérsékleteken magyar őszi búzafajtákra, melyek JC_n -n vagy EC_n -n nőttek. A 5. ábra mutatja, hogy 20 és 40°C között a nettó CO_2 asszimiláció sebessége jelentős mértékben változik. Azt is leolvashatjuk a 5. ábráról, hogy a különböző hőmérsékleteken a telítődés más és más C_i -n következik be. 35°C fölött a nettó CO_2 asszimiláció sebessége jelentősen lecsökken, ami a globális felmelegedés szempontjából fontos tényező.

A paraméterezés és tesztelés eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy az azonos származási helyű és genetikai háttérrel rendelkező őszi búzafajtákra a Farquhar modell paraméterezését elég egy fajtára elvégezni. A nettó CO_2 asszimilációt a legtöbb növény-növekedési szimulációs modell egyszerűsített formában írja le, így az EC növénytermelésre való hatásainak szimulálása félrevezető lehet: kevés figyelmet szentelnek a nagyobb növényűrsűrűsége és az alacsonyabb szinteken a kedvezőtlenebb fényviszonyokra (Cure–Acock, 1985; Harnos, 2000). Négy függőleges levélszinten mért és szimulált nettó CO_2 asszimiláció mértéke is arra utal, hogy a teljes állomány nettó CO_2 asszimilációját igen körültekintően kell számolni különösen a környezeti változók hatásainak tanulmányozásakor.

A Farquhar modell segítségével képet kaptunk 350 és 700 $mmol\ mol^{-1}$ légköri CO_2 koncentrációkon nevelt őszi búza nettó CO_2 asszimilációjának alakulásáról alacsony és magas hőmérsékleten egyaránt. Az EC nettó CO_2 asszimilációra való hatásának hőmérsékletfüggését a modell kiválóan írja le, ami a klímaváltozás hatásainak tanulmányozásakor nagyon fontos szerepet játszik. Megállapítottuk, hogy 35°C fölött az őszi búza nettó CO_2 asszimilációjának sebessége jelentősen lecsökken és telítődése más-más C_i -n következik be.

Eredményeinkből arra következtethetünk, hogy a Farquhar modell alkalmas különböző őszi búzafajták nettó CO_2 asszimilációjának leírásához különböző környezeti kondíció-

kon (napsugárzás, hőmérséklet, légköri CO_2 koncentráció), ezért javasolható a Farquhar modell beépítése búzanövekedési szimulációs modellekbe, amit munkánk során meg is tettünk:

A Farquhar modellt – a fenti paraméterezéssel és az alacsonyabb levélszintek kisebb fotoszintetikus kapacitását figyelembe véve – beépítettük az AFRCWHEAT2 (Porter, 1993) búzanövekedési szimulációs modellbe a nettó CO_2 asszimiláció leírásának pontosítása érdekében, és így létrehoztuk az AF2MOD modellt. Az AFRCWHEAT2 modellben a nettó CO_2 asszimiláció mértékét a Marshall–Biscoe (1980) fotoszintézis – fény válaszgörbéjéhez illesztett négyzetes egyenletről írják le (Weir et al., 1984). A modell átírását megtehettük, hiszen az AFRCWHEAT2 modell Fortran nyelven íródott, és a teljes kód szabadon felhasználható tudományos célból. Az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modellek összehasonlítását a következő fejezetekben mutatjuk be.

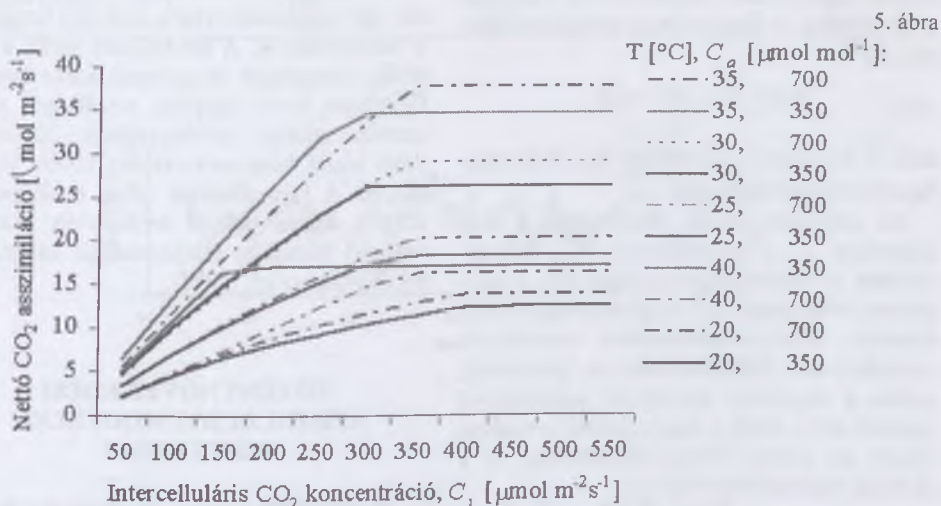
NÖVÉNYNÖVEKEDÉSI SZIMULÁCIÓS MODELLEK TESZTELÉSÉHEZ FELHASZNÁLT ADATOK

A fent leírt módszert, miszerint növény-növekedési szimulációs modellek felhasználásával próbáljuk előre vetíteni a klímaszenáriók által leírt klímaváltozás hatásait búzatermesztésre, magyar viszonyokra is elvégeztük. Munkánk során a nemzetközi szakirodalom által elismert búzanövekedési és produkciós modelleket, a Ceres-Wheat (Ritchie–Otter, 1985), az AFRCWHEAT2 (Porter, 1993) és annak – az előző fejezetben leírtak szerint – módosított változatát, az AF2MOD modelleket adaptáltuk. Mindhárom modell a búza növekedés és fejlődés komplex modellje, mely leírja a búza fenológiai fejlődését, a szárazanyag produkcióját és particionálást különböző környezeti paramétereken napi felbontásban. Fontos meg-

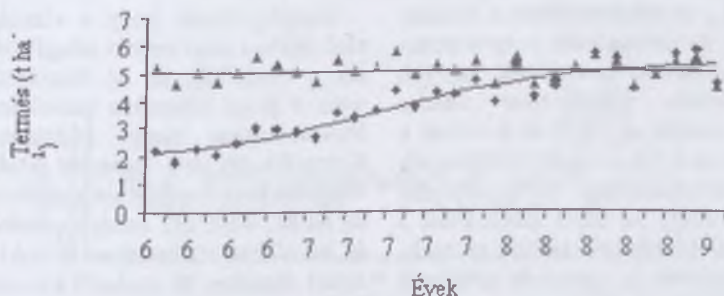
jegyezni, hogy míg az AFRCWHEAT2 – és az AF2MOD – modell kifejezetten kutatási és oktatási célokat szolgál, a Ceres-Wheat modell része a DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) döntést támogató, szaktanácsadó rendszernek. A Ceres-Wheat modellt Kovács *et al.* (1995) munkája alapján paramétereztük, az AFRCWHEAT2 modellben Porter (1993) és az AF2MOD modellben Porter (1993) által

és az előző fejezetben tárgyalt paraméterértékeket használtuk.

A kiválasztott modellek megbízhatóságának tesztelésére Győr-Moson-Sopron megye 1961 és 1990 közötti időszakban megfigyelt időjárási és átlagos termésadatait használtuk. Mivel ezen időszakban az agrotechnika és a fajták ellenálló képessége szignifikánsan növekedett, ezeket a hatásokat egy logisz-tikus függvény segítségével szűrtük ki (6. ábra).



JC-n vagy EC-n nevelt őszi búza nettó CO₂ asszimilációjának szimulált hőmérséklet és C_i függése. A feliratok a telítődési szintekkel azonos sorrendben vannak



Győr-Moson-Sopron megye mért átlagos búzatermése 1962–1990-ben, $x(t)$ (♦) és $y(t)$ logisztikus függvény, továbbá az utolsó 10 év átlaga, \bar{Y} (-) és a modellek teszteléséhez használt kiegyenlített termésmennyiség, $X(t)$ (▲)

Feltételeztük, hogy az így kiegyenlített termésmennyiség változása ezen évek során az időjárás változékonyságának tudható be (Harnos, 1996). A felhasznált logisz-tikus függvény:

$$y(t) = c_1 + \frac{c_2 - c_1}{1 + e^{\alpha(c_1 - t)}}$$

ahol c_1 és c_2 az alsó és felső telítési érték, c_1 az inflexiós pont, amely évben a leggyorsabb volt a növekedési szint, α a növekedés ütemét reprezentáló paraméter és t az idő, azaz az évek. A kiegyenlített termésmennyiség, $X(t)$:

$$X(t) = \bar{Y} + (x(t) - y(t)),$$

ahol \bar{Y} az utolsó 10 év átlaga és $x(t)$ a megfigyelt termésmennyiség.

Az időjárási adatok tartalmazták a napi maximum (T_{\max}) és minimum (T_{\min}) hőmérsékletet, a csapadékmennyiséget (P), a napsütéses órák számát (n) és páratartalom (RH) adatokat. Mivel a kiválasztott szimulációs modellek más klíma adatokat is igényeltek, ezeket a megfelelő egyenletek segítségével számoltuk ki. Ezek a klíma adatok a nedves ($Twet$) és száraz ($Tdry$) hőmérséklet és a globális napsugárzás (R_g).

$$R_g = R_{\max} \cdot (a + b \cdot \frac{n}{N}),$$

ahol N a csillagászatilag lehetséges napfényes órák száma, n a tényleges napsütéses órák száma, R_{\max} az adott területen a lehetséges maximális globálisugárzás, a és b empirikusan meghatározott konstansok, melyek hazánk területére vonatkozóan Takács (1967) adatai alapján $a = 0,41$ és $b = 0,46$ a nyári félévben és $a = 0,35$ és $b = 0,694$ a téli félévben (Varga-Haszonits, 1977). Itt meg kell jegyezni, hogy az adott időszakban a napfényes órák számát sok esetben szubjektív módon jegyezték le, így ezek az adatok sok kívánnivalót hagyhatnak maguk után.

$$Tdry = T_{\min} + (T_{\max} - T_{\min}) \cdot \sin \frac{\pi \cdot (h - 12 + N/2)}{N + 3},$$

ahol, N a csillagászatilag lehetséges napfényes órák száma, h a nap azon órája, amikor kiszámítjuk a $Tdry$ értéket.

$$Twet = Tdry + Y,$$

ahol

$$Y = [-0,05833 + (-0,00333 \cdot Tdry)] \cdot RH + [5,833 + (0,333 \cdot Tdry)]$$

(Goudriaan-van Laar, 1994; Kempenaar, 1997 személyes közlés).

A műtrágya ellátottságot 90%-ra állítottuk, így a számításokba a nitrogén limitációt is be kalkuláltuk. A modellezés során a kártevők, betegségek és gyomok káros hatásait figyelmen kívül hagytuk. Az átlagos négyzetméterenkénti növényszámot 300-ra, a vetés idejét átlagosan október 10-ére állítottuk be. A fajtaválasztás során a Magyarországon széles körben termesztett Martonvásári-8 búzafajta tulajdonságait használtuk fel (Kovács et al., 1995).

NÖVÉNYNÖVEKEDÉSI SZIMULÁCIÓS MODELLEK TESZTELÉSE

A növénynövekedési szimulációs modellek által szimulált termés átlaga a vizsgált területen megegyezett az 1962–1990 időszakban mért őszi búza termésének átlagával (\bar{Y} , 1. táblázat).

Megfigyelhető, hogy a vizsgált időszak első felében mért termés átlagát jól szimulálják a modellek, de az évenkénti menetet nem: a teljes időszakra vonatkozóan Győr-Moson-Sopron megye búzatermése és a Ceres-Wheat által generált értékek összefüggését leíró korrelációs koefficiens $R=0,7$, az AFRCWHEAT2 modell esetében $R=0,53$ és az AF2MOD esetében $R=0,61$ (7. ábra). Ezzel szemben az utolsó 10 év termését az AF2MOD csaknem tökéletesen ($R=0,93$), és a Ceres-Wheat modell is jobban közelítette ($R=0,76$), mint a többi évben, továbbá az adatpárok közötti átlagos eltérés is megfele-

lően kicsi, $M_{AF2MOD}=0,16$, $M_{Ceres-Wheat}=0,4$ (7. ábra). Ennek oka, hogy a '80-as évekre az agrotechnika és az intenzív fajták bevezetésével a termőképesség megbízhatósága

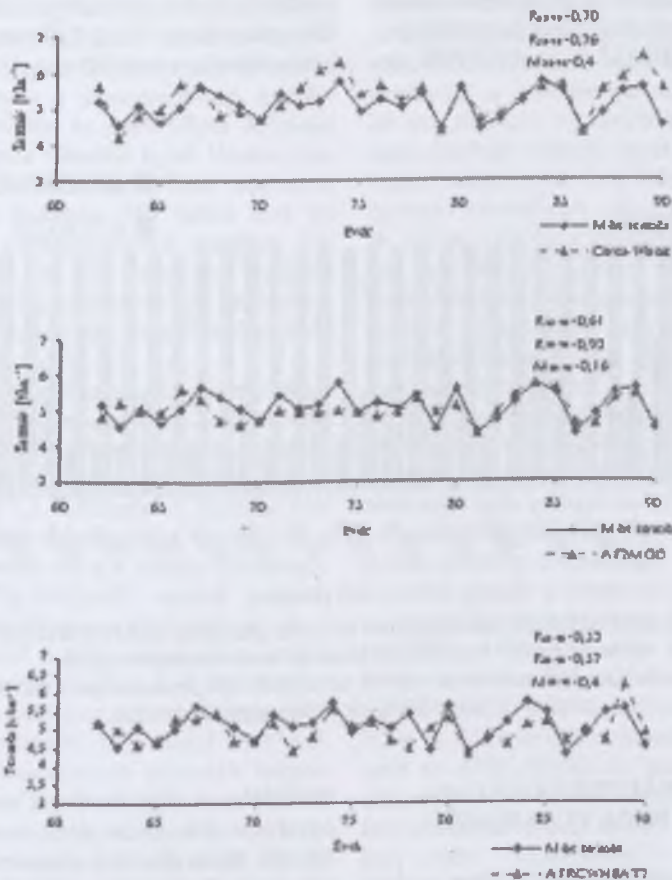
olyan szintet ért el, hogy a termés mennyisége jobbra az időjárási körülményektől függött. Az AF2MOD és a Ceres-Wheat modellek tesztelése során megállapítottuk,

1. táblázat

Őszi búza megfigyelt ($X(t)$) és szimulált regionális szentermése Győr-Moson-Sopron megyében 28 év (1962–1990) átlaga alapján és azok szórása

	Megfigyelt	AFRCWHEAT2	AF2MOD	CERES-Wh.
Átlagos termés [$t\ ha^{-1}$]	5,08	4,97	4,99	5,31
Szórás	0,43	0,43	0,34	0,57

7. ábra



Mért termés és a Ceres-Wheat, az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modellek által szimulált termésmennyiség éves alakulása Győr-Moson-Sopron megyében, 1961–1990 időszakban

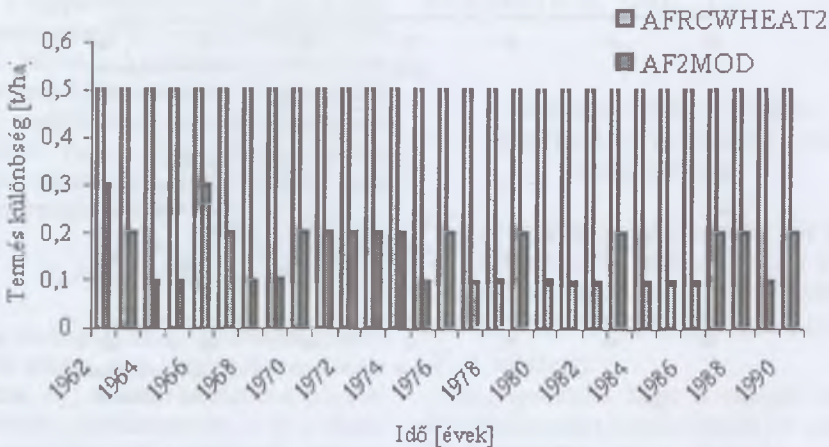
hogy a vizsgált időszak első 20 évében a búzatermés változékonyságát nemcsak az időjárás befolyásolta, hanem az agrotechnika és a fajták évenkénti változása is. Ezért modellesztelés céljából a terméskiegyenlítés nem feltétlenül hasznos módszer, célszerűbb olyan időszakot választani – mint esetünkben az 1980-as évek –, amelyben az agrotechnika alkalmazása és a fajták kiválasztása évről évre állandó.

A tesztelés során megállapítottuk, hogy az AF2MOD modell a történelmi termésadatokot jobban szimulálta, mint az eredeti AFRCWHEAT2 modell és a Ceres-Wheat modell, ezért várható, hogy az AF2MOD modell megbízhatóbb eredményeket szimulál a klímaváltozás hatásainak leírásakor is.

Az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD mo-

dellek által szimulált eredmények összehasonlítása során láthatjuk, hogy a növénynevelés matematikai leírásakor szükség van részletesebb fiziológiai almodellek használatára a pontosabb termésbecslés, illetve a környezeti változások hatásainak leírásához. Jó példa erre a légköri CO_2 koncentráció hatásának leírása a szimulált terméseredményre, mely az AF2MOD modellben függ az adott év klímájától, míg az AFRCWHEAT2 és a Ceres-Wheat modellek egyszerű lineáris függvényt alkalmaznak, így a CO_2 tartalom hatása független az időjárási változóktól. Ezt mutatja be a 8. ábra, melyen az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modellek futási eredménye látható azonos klímaadatokkal, 350 és 515 $\text{mmol mol}^{-1} \text{CO}_2$ koncentráción szimulálva.

8. ábra



1962–1990-es időszakban megfigyelt időjárási adatsorral az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modellekkel készített búza termésszimuláció. A szimulációkat 350 mmol mol^{-1} és 515 $\text{mmol mol}^{-1} \text{CO}_2$ koncentráción futtattuk, majd a terméseredmények különbségét ábráztoltuk.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSÉRE

A klímaváltozás búzatermesztésre gyakorolt hatásának vizsgálatához az előző fejezetben tesztelt modelleket használtuk. A

modelleket a U.K. Hadley Centre HadCM2 egységes klímaváltozási modell alapján készült klímaváltozási scenáriókkal futtattuk (HCGG, HCGGv, HCGS, HCGSv, 1. ábra). Az eredményeket a megfigyelt időjárási adatsor (OBS, 1. ábra) felhasználásával

futtatott eredményekhez hasonlítottuk. A klímaváltozás hatását a búza érési időpontjának, a föld feletti száraztömeg és a termés átlagának és szórásának változásával jellemeztük, a 29 év átlagának összehasonlítását t-próbával, a szórások összehasonlítását F-próbával végeztük.

A klímaváltozás hatásának modellezése során feltételeztük, hogy az elkövetkezendő 50 év során az agrotechnika nem változik jelentősen. Az agrotechnika napjainkra olyan fejlettségi szintet ért el, hogy nagyfokú változás nehezen képzelhető el. Ezt mutatja az elmúlt 30 év során tapasztalt termésmennyiség telítődése is (6. ábra). Feltételeztük azt is, hogy a növények produkciója sem növekszik jelentősen. Ma a növénynevelés elsődleges feladata nem a hozam növelése, hanem a termésmínőség, termésbiztonság javítása és szélsőséges időjárási körülményeknek ellenálló fajták létrehozása.

A CO₂ koncentrációt az OBS adatsorral való futtatás esetében 350 mmol mol⁻¹-ra (JC), míg a klímascenáriók esetében 350 mmol mol⁻¹ (JC) és 515 mmol mol⁻¹-ra (EC) állítottuk. Ezzel a módszerrel az EC hatásának mértékét teszteltük függetlenül a többi környezeti változótól.

Az érés időpontja a megfigyelt adatokkal futtatott szimulációs eredményekhez képest az összes vizsgált klímaváltozási scenárió esetén mindhárom modell eredménye szerint korábbra esik (2. táblázat). A korábbi érés oka a magasabb hőmérséklet, mely által a növény hamarabb éri el a kívánt hőösszeget. JC-n az AFRCWHEAT2 modell mindkét területen szignifikáns csökkenést ír le a termésben mind a négy scenárióra, míg a föld feletti száraztömegben nem tapasztalható változás az OBS-hoz képest. Amennyiben a CO₂ koncentrációt 515 mmol mol⁻¹-nak tekintjük a klímaváltozás szimulált negatív hatásai részben kompenzálódnak, a HCGG és HCGV scenáriók esetében kisebb mértékű a terméscsökkenés, míg a HCGS és HCGSV scenáriók esetében nincs szignifikáns változás a termésmennyiségben, a föld feletti száraztömeg pedig növekszik. A ter-

més kiesés kockázata EC-n szignifikánsan nő a HCGGv, HCGS és a HCGSV scenáriókra és a HCGS scenárión JC-n is.

Az AF2MOD modell minden klímascenárióra terméscsökkenést mutat 1%-os szignifikanciaszinten, amit az EC sem kompenzál. A modell az érzékenyebb „nettó CO₂ asszimiláció” leírása miatt kevesebb terménynövekedést szimulál EC-n, mint a másik két modell. E modell becslése alapján a terméskiesés kockázata a HCGGv scenárió esetén növekszik. A föld feletti száraztömeg minden scenárión csökken JC-n, míg nincs változás EC-n.

A klímaváltozási scenáriók hatása a Ceres-Wheat modellel is kimutatható, de az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modellel ellentétben a hatások vagy semlegesek vagy pozitívak: a szemtermés mindkét területen nő az OBS-hoz viszonyítva EC-n és JC-n sincs mérhető változás egyik esetben sem. A teljes éréskor mért föld feletti száraztömeg minden scenárióra növekszik, kivéve a HCGS és a HCGSV scenáriókat JC-n, amikor nem mutat változást a modell. A terméskiesés kockázata, ami a varianciák nagyságából kimutatható, egyedül a HCGGv scenárió esetén EC-n növekszik, a többi esetben nem változik.

Végül összehasonlítottuk a három modell által szimulált terméseredményeket. A 9. ábra mutatja be az OBS adatsorra generált terméstől való százalékos eltérést. A klímaváltozás hatását őszi búza termésére a modellek eltérően szimulálták: a Ceres-Wheat becslése alapján a termés JC-n nem változott a klímaváltozás hatására a 2050-es évekre, míg EC-n 15% emelkedést ír le az 1990-es évek terméséhez képest. Ezzel szemben az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modellek JC-n 15–20% terméscsökkenést szimuláltak, amit az AFRCWHEAT2 esetében kompenzált, míg az AF2MOD esetében csak kis mértékben javított az EC (9. ábra). Ellentétben más modellezési eredményekkel (Mearns et al., 1996), a hőmérséklet napi változékonysága nem volt jelentős hatással a szimulált termésre egyik klímaváltozási

szenárió esetén sem. Eltérést találtunk azonban a szimulációs eredményekben a HCGG szenáriók – melyekben a klímaváltozást az üvegház hatású gázok légköri koncentrációjának emelkedése okozza – és a HCGS szenáriók hatásában – ahol az üvegházhatású gázok mellett a szulfát aeroszolk

is befolyásoló tényezők. Az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modell kisebb terméscsökkenést, míg a Ceres-Wheat kisebb terméscsökkenést mutatott a HCGS szenáriókon, mint a HCGG szenáriókon a megfigyelt időjárási adatsorokon futtatott szimulált terméshez viszonyítva.

2. táblázat

A HadCM2 klímaszenáriókkal és az OBS adatsorral AFRCWHEAT2, az AF2MOD és a Ceres-Wheat modellekkel szimulált őszi búza termésének, föld feletti száraztömegének és érési időpontjának 29 éves átlagértékei és szórásuk. A szignifikáns növekedést „+”, a csökkenést „-” jelöli. 5% tévedési valószínűség esetén szimpla, 1% tévedési valószínűség esetén a változást dupla jel jelöli. DOY=Day Of Year (az év n-ik napja).

Klímaszenáriók:	OBS	HCGG	HCGGv	HCGS	HCGSv				
CO ₂ koncentráció [mmol mol ⁻¹]:	350	350	515	350	515				
AFRCWHEAT2 modell									
Győr-Moson-Sopron megye									
Szemtermés [t ha ⁻¹]	5,0	4,1 --	4,6-	4,1 --	4,6-	4,3 --	4,8	4,6 -	5,1
SzD5% (átlagra) = 0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6 +	0,6 +	0,7 +	0,5	0,6 +
Föld feletti száraztömeg [t ha ⁻¹]	13,1	13,7+	15,2 ++	13,4	15,0++	12,9	14,3++	13,0	14,5++
SzD5% (átlagra) = 0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	0,6	0,6	0,8	0,9
Teljes érési időpontja [DOY]	194	178 --	178 --	179 --	179 --	187 --	187 --	187 --	187 --
SzD5% (átlagra) = 2,5	5,65	3,9	3,9	4,4	4,4	4,3	4,3	5,0	5,0
AF2MOD modell									
Győr-Moson-Sopron megye									
Szemtermés [t ha ⁻¹]	5,0	4,1 --	4,2 --	4,0 --	4,1 --	4,3 --	4,4 --	4,3 --	4,5 --
SzD5% (átlagra) = 0,24	0,3	0,4	0,4	0,5 +	0,6 +	0,4	0,4	0,4	0,5
Föld feletti száraztömeg [t ha ⁻¹]	15,1	14,3 --	15,1	14,2 --	15,0	14,1 --	14,8	14,2 --	14,9
SzD5% (átlagra) = 0,45	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1	0,7	0,8	0,8	0,9
Teljes érési időpontja [DOY]	193	177 --	177 --	178 --	178 --	186 --	186 --	186 --	186 --
SzD5% (átlagra) = 2,5	5,6	3,9	3,9	4,5	4,5	4,3	4,3	5,2	5,2
Ceres-Wheat modell									
Szemtermés [t ha ⁻¹]	5,4	5,7	6,2 ++	5,7	6,2 ++	5,5	6,0 +	5,6	6,1 +
SzD5% (átlagra) = 0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9 +	0,6	0,7	0,6	0,7
Föld feletti száraztömeg [t ha ⁻¹]	10,7	11,8 ++	12,5 ++	11,6 +	12,4++	11,2	11,8++	11,1	11,7 +
SzD5% (átlagra) = 0,6	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	0,9	1,1
Teljes érési időpontja [DOY]	177	169 --	169 --	170 --	170 --	178 --	178 --	178 --	178 --
SzD5% (átlagra) = 3,3	7,4	5,9	5,9	6,3	6,3	5,5	5,5	6,2	6,2

Az eredmény jól mutatja a különböző időjárási paraméterekkel szembeni érzékenységet: az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD a magas hőmérsékletre, míg a Ceres-Wheat inkább a csapadékmennyiségre érzékeny,

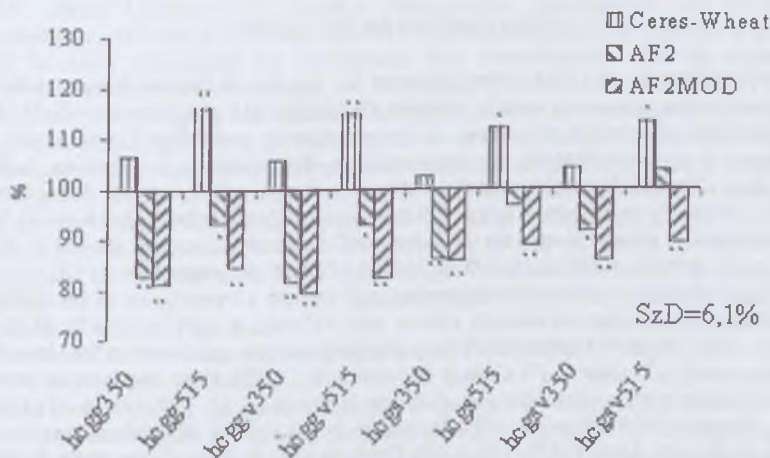
amely szerint az enyhe mértékű csapadéknövekedés akár növelheti is a termést.

Modellezési munkák során a nemzetközi irodalom a klímaváltozás hatásait az európai búzatermesztésre hol negatívnak (*Porter et*

al., 1995; Bacsi–Hunkár, 1994), hol pozitívanak írja le (Carter et al., 1996; Harrison–Butterfield, 1998). Amennyiben a Ceres-Wheat által szimulált eredményeket vesszük alapul, elmondhatjuk, hogy az itt használt klímaváltozási scenáriók teljesülése esetén a fajták, az agrotechnika és a talaj minőségének változatlansága mellett Magyarországon a búzatermesztés mennyiségi termelése miatt nem kell aggódni a jövőben. Fennáll azonban annak a kockázata, hogy a növények akklimatizálódnak az EC-hoz, tehát nem nő majd jelentős mértékben a nettó CO_2 asszimilációjuk, továbbá nem javul a kísérletekben kimutatott vízhasznosítási hatékonyságuk sem. Ebben az esetben a tesztelés során amúgy is legjobb eredményt adó

AF2MOD modell által szimulált termésnyiség lesz a gyakoribb, ami akár 20%-os termésnövekedést is jelenthet a jelenlegihez képest. Tehát a modellezési eredmények alapján mindenképpen magasabb hőmérséklettel rendelkező, korábban virágzó fajtákat kell bevezetni ahhoz, hogy a búzatermesztés kockázata ne növekedjen. Az itt leírt modellezési eredmények nagy része egybevág a nemzetközi irodalomban olvasható eredményekkel, ezért a klímaváltozáshoz való felkészülésben érdemes figyelembe venni, hogy Európa és a Föld más régióiban milyen módszereket alkalmaznak és a helyi, hazai növényökológiai és modellfejlesztési munkák alapján fejleszteni a modelleket.

9. ábra



Különböző klímascenáriókon a Ceres-Wheat, az AFRCWHEAT2 és az AF2MOD modellek által szimulált szemtermés százalékos eltérése az OBS adatsorral generált szemterméstől, amit 100%-nak tekintünk. A ** és * az OBS szemterméstől való szignifikáns eltérést mutatják 1% ill. 5% valószínűségi szinten

KÍSÉRLETI KUTATÁS ÉS SZIMULÁCIÓS MODELLEK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Kísérleti kutatások során a növények vegetatív és reproduktív biomassa produkciója a legtöbb esetben jelentősen növekszik EC

hatására. Ugyanez a magas produkció növekedés a modellezési eredmények alapján nem tapasztalható. Ennek oka az, hogy a kísérletekben a növényeknek általában optimális tápanyagellátást biztosítanak és megvédik őket a szélsőséges időjárási körülményektől, úgymint hő- és szárazságstressz. A modellezés során viszont „természetes körülményeket

biztosítunk” a növények számára, sőt, a klímaváltozási scenáriók esetén a stresszek még fokozottabban jelentkeznek, mint napjaink klímáján. Kísérletek sora mutatja, hogy az egyes kalászos gabonafajták – és ez más növényfajokra is jellemző – válasza mennyire eltérő lehet az EC hatására. Ezért a szimulációs modelleket e téren csak nagy körültekintéssel használhatjuk: a különböző genetikai háttérrel rendelkező fajokra a szimulációs modelleket gondosan paraméterezni kell.

A modellezési eredmények sok esetben olyan problémákra hívják fel a figyelmet, melyek az adott szakterületen újabb kutatásokra ösztönözhetnek. Éppen ezért folytatni kell a nemesítési munkában az új fajtákról azon adatok gyűjtését, melyek a modellek

készítéséhez, paraméterezéséhez felhasználhatók. Szorosabbá kell fűzni a modellkészítők és a nemesítők munkája közötti kapcsolatot. Az új fajták létrehozásakor figyelembe kell venni a modellkészítők és felhasználók tanácsait a mérési technikákkal, adatgyűjtéssel kapcsolatban.

Munkánk célja nem prognóziskészítés a jövő mezőgazdasági termelésére különböző klímaváltozási scenáriók esetén, hanem figyelemfelkeltés arra, hogy ilyen jellegű problémák léteznek, és szükség van a klímaváltozással kapcsolatos kutatásokra. Prognóziskészítés azért sem lehetséges, mert a klímaváltozás mértéke és iránya még nem ismert, de minden lehetséges változásra fel kell készülni, amit kutatásoknak kell megalapozni.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BACSI ZS.–HUNKÁR M. (1994): Assessment of the impacts of climate change on the yields of winter wheat and maize, using crop models. *Időjárás*, 98 (2) 119–134. p. (2) BARROW E. M.–HULME M. (1996): Construction of scenarios of climate change and climatic variability: Development of climate change scenarios at a range of scales. In: Harrison P. A.–Butterfield R. E.–Downing T. E. (Szerk.): *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe. An Integrated Assessment. Annual Report 1996*. Oxford: Environmental Change Institute, University of Oxford. 13–18. p. (3) BARROW E. M. (1993): Scenarios of climate change for the European Community, *European Journal of Agronomy*, 2 (4) 247–260. p. (4) BROOKS A.–FARQUHAR G. D. (1985): Effect of temperature on the CO_2 / O_2 specificity of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and the rate of respiration in the light: estimates from gas-exchange experiments on spinach. *Planta*, 165, 397–406. p. (5) CANNELL M. G. R.–GRACE J. R.–BOOTH A. (1989): Possible impacts of climatic warming on trees and forests in the United Kingdom: A review. *Forestry* 62, 337–404. p. (6) CURE J. D.–ACOCK B. (1985): Crop responses to carbon dioxide doubling: a literature survey. *Agricultural and Forest Meteorology* 38, 127–145. p. (7) CSELŐTEI L.–HARNOS ZS. (Szerk.) (1994): Éghajlat, időjárás, aszály. I. Az időjárás változékonysága és hidrológiai vonatkozásai. Budapest: AKAPRINT. 129 p. (8) FARQUHAR G. D.–VON CAEMMERER S.–BERRY J. A. (1980): A biochemical model of photosynthetic CO_2 assimilation in leaves of C₃ species. *Planta*, 149, 78–90. p. (9) FARQUHAR G. D.–VON CAEMMERER S. (1982): Modelling of photosynthetic response to environmental conditions. In: Lange *et al.* (Szerk.): *Physiological plant ecology II*. Berlin: Springer-Verlag, Vol. 12B. 549–587. p. (10) GATES D. M. (1993): Climate Change and Its Biological Consequences. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, 280. p. (11) HARLEY P. C.–THOMAS R. B.–RAYNOLDS J. F.–STRAIN B. R. (1992): Modelling photosynthesis of cotton grown in elevated CO_2 . *Plant, Cell and Environment*, 15, 271–282. p. (12) HARLEY P. C.–SHARKEY T. D. (1991): An improved model of C₃ photosynthesis at high CO_2 : Reversed O_2 sensitivity explained by lack of glycerate re-entry into the chloroplast. *Photosynthesis Research*, 27, 169–178. p. (13) HARNOS N. (2000): A klímaváltozás búzatermesztésre való várható hatásainak elemzése szimulációs modellekkel. *Növénytermelés*, 2000 (1–2) 41–55. p. (14) HARNOS N.–BENCZE SZ.–JANDA T.–JUHÁSZ A.–VEISZ O. (2002a): Interactions between elevated CO_2 and water stress in two winter wheat cultivars differing in drought resistance. *Cereal Research Communication*, In Press. (15) HARNOS N.–TUBA Z.–SZENTE K. (2002b): Modelling net photosynthetic rate of winter wheat in elevated air CO_2 concentrations. *Photosynthetica*, 40 (2) 293–300. p. (16) HARNOS N.–VEISZ O.–TISCHNER T. (1998): Effects of elevated CO_2 concentration on

- the development and yield components of cereals. *Acta Agronomica Hungarica*, 46 (1) 15–24. p. (17)
- HARNOS ZS. (1996): Modelling crop response in Hungary. In: Harrison P. A.–Butterfield R. E.–Cowning T. E. (Szerk.): *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe. Annual Report*. Environmental Change Unit, University of Oxford. 179–189. p. (18)
- HARNOS ZS.–BUSSAY A.–HARNOS N.–ORMAI M.–SZALAY E. (1999): Modelling climate change impacts on wheat and potato in Hungary. In: Butterfield R. E.–Lousdale K. G.–Downing T. E. (Szerk.): *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe. An Integrated Assessment. Final report*. 249–260. p. (19)
- HARRISON P.–BUTTERFIELD R. (1998): Modelling climate change impacts on wheat, grapevine and potato in Europe. *Fifth CLIVARA Workshop Meeting Summary*, Florence, Italy, 1998 May, 13–17. p. (20)
- JOHNSON F.–EYRING H.–WILLIAMS R. (1942): The nature of enzyme inhibitions in bacterial luminescence: sulfanilamide, urethane, temperature and pressure. *Journal of Cell Comparative Physiology* 20, 247–268. p. (21)
- JORDAN D. B.–ORGEN W. L. (1984): The CO₂/O₂ specificity of ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/ oxygenase: dependence on ribulose-bisphosphate concentration, pH and temperature. *Planta* 161, 308–313. p. (22)
- KOVÁCS G. J.–NÉMETH T.–RITCHIE J. T. (1995): Testing Simulation Models for Assessment of Crop Production and Nitrate Leaching in Hungary. *Agricultural Systems*, 49 (4) 385–397. p. (23)
- LÁNG I.–CSETE L.–HARNOS ZS. (Szerk.) (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó. 265. p. (24)
- LARCHER W. (1975): *Physiological Plant Ecology*. Translated and revised from the German. Springer-Verlag New York. 303. p. (25)
- LAWLOR D. W.–MITCHELL R. A. C. (1991): The effects of increasing CO₂ on crop photosynthesis and productivity: a review of field studies. *Plant, Cell and Environment*, 14, 807–818. p. (26)
- LONG S. P. (1985): Leaf gas exchange. In: Barber J.–Baker N. R. (Szerk.). *Photosynthetic Mechanisms and the Environment*. Elsevier, Amsterdam, 453–500. p. (27)
- LONG S. P. (1991): Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentrations: Has its importance been underestimated. *Plant, Cell and Environment*, 14, 729–739. p. (28)
- MARSHALL B.–BISCOE P. V. (1980): A model for C₃ leaves describing the dependence of net photosynthesis on irradiance. I. Derivation. *Journal of Experimental Botany*, 31, 29–39. p. (29)
- MEARNS L. O.–ROSENZWEIG C.–GOLDENBERG R. (1996): The effect of changes in daily and interannual climatic variability on CERES-Wheat: a sensitivity study. *Climatic Change*, 32 (3) 257–292. p. (30)
- PORTER J. R. (1993): AFRCWHEAT2 A model of the growth and development of wheat incorporating responses to water and nitrogen. *Eu. J. Agr.*, 2, 69–82. p. (31)
- PORTER J. R.–LEIGH R. A.–SEMENOV M. A.–MIGLIETTA F. (1995): Modelling the effects of climatic change and genetic modification on nitrogen use by wheat. *European Journal of Agronomy*, 4 (4) 419–429. p. (32)
- POSPÍŠILOVÁ J.–ČATSKÝ J. (1999): Development of water stress under increased atmospheric CO₂ concentration. *Biologia Plantarum*, 42, 1–24. p. (33)
- RITCHIE J. T.–OTTER S. (1985): Description and Performance of CERES-Wheat: a User-oriented Wheat Yield Model. US Dept. Agric., *ARS*, 38, 159–175. p. (34)
- SEMENOV M. A.–BARROW E. M. (1997): Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Climatic Change*, 35, 397–414. p. (35)
- SENOCK R. S.–HAM J. M.–LOUGHIN T. M.–KIMBALL B. A.–HUNSAKER D. J.–PINTER P. J.–WALL G. W.–GARCIA R. L.–LAMORTE R. L. (1996): Sap flow in wheat under free-air CO₂ enrichment. *Plant, Cell and Environment*, 19, 147–158. p. (36)
- SHARKEY T. D. (1985): Photosynthesis in intact leaves of C₃ plants: Physics, physiology and rate limitations. *The Botanical Review*, 51, 53–105. p. (37)
- SMITH E. (1937): The influence of light and carbon dioxide on photosynthesis. *General Physiology*, 20, 807–830. p. (38)
- TAKÁCS L. (1967): A globálsugárzás számítása. Az Országos Meteorológiai Intézetben 1967-ben elhangzott referátumköri előadás. Kézirat. (39)
- TUBA Z.–SZENTE K.–KOCH J. (1994): Response of photosynthesis, stomatal conductance, water use efficiency and production to long-term elevated CO₂ in winter wheat. *Journal of Plant Physiology*, 144 (6) 669–678. p. (40)
- TUBA Z.–SZENTE K.–NAGY Z.–CSINTALAN ZS.–KOCH J. (1996): Responses of CO₂ assimilation, transpiration and water use efficiency to long-term elevated CO₂ in perennial C₃ Xeric Loess Steppe Species. *Journal of Plant Physiology*, 148, 356–361. p. (41)
- VARGA-HASZONITS, Z. (1977): *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 224. p. (42)
- WEIR A. H.–BRAGG P. L.–PORTER J. R.–RAYNER J. H. (1984): A winter wheat model without water or nutrient limitations. *Journal of Agricultural Sci.*, 102, 371–383. p. (43)
- WHEELER T. R.–HONG T. D.–ELLIS R. H.–BATTS G. R.–MORISON J. I. L.–HADLEY P. (1996): The duration and rate of grain growth and harvest index of wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to temperature and CO₂. *Journal of Experimental Botany*, 47 (298) 623–630. p.

AZ ÉVJÁRAT HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA TERMÉSÉRE ÉS MINŐSÉGÉRE

JOLÁNKAI MÁRTON – SZENTPÉTERY ZSOLT – SZÖLLŐSI GERGELY

ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérletsorozat eredményei alapján számos következtetés fogalmazható meg, azonban ezeknek csak egy része általánosítható:

- Az egyes évjáratok csapadék adatai jelentős különbségeket mutattak. Ennek alapján a hét vizsgált év közül megfelelő biztonsággal meg lehetett határozni az aszályos, illetve a csapadékos éveket.
- A hőmérséklet évenkénti alakulása kismértékű, havi középértékei viszont jelentős mértékű különbségeket mutattak.
- A csapadék- és a hőmérsékleti adatok egymással nem voltak összefüggésben.
- Az éves csapadékmennyiség nem, a tenyészidei tavaszi csapadék összege azonban szoros összefüggést mutatott a búza termés mennyiségével.
- A terméseredmények az alkalmazott agrotechnikai kezelések esetében eltérő mértékűek voltak. Termésstabilitás tekintetében a nitrogén ellátottság döntőnek bizonyult. A kezelt és kontroll parcellák termése között évjárattól függően jelentős 0,34–2,47 t/ha-os különbség mutatkozott.
- A búza termése és minőségi mutatói között a vizsgálat adatai szerint kimutatható összefüggés nem volt.
- A vizsgált minőségi mutatók közül a termés fehérjetartalma és nedvessiker tartalma igen szoros korrelációban állt.
- A farinográfus érték és az esésszám alakulása ugyancsak igazolható összefüggést mutatott.
- A vizsgált fajták eltérően reagáltak az alkalmazott agrotechnikai kezelésekre. A kezelések és az évjáratok adatai szélső értékeinek átlagában pl. két fajta is képes volt 18%-ot meghaladó fehérjét és 40%-ot meghaladó sikértartalmat adni. A legnagyobb mértékű ingadozás a farinográfus értékben volt, maximális A₁ értéket mindössze három fajta ért el, ugyanakkor mindegyik fajta esetében mértünk C értékeket, kettőnél pedig C₂-t is.
- Végezetül megállapítható, hogy a vizsgálat eredményei számos olyan jelenséget és adatot tártak fel, amelyek összefüggésbe hozhatók az évjárathatással. Lehetségesnek és egyben szükségesnek ítéljük a kísérletsorozat adatainak további vizsgálatát, annak többváltozós módszerekkel történő elemzését. Hasonlóképpen lehetségesnek tartjuk, hogy a hazai regisztrált kísérletsorozatok és tartamkísérletek adatainak bázisán olyan értékelésekre kerüljön sor, amelyek hozzájárulhatnak egyes klímaváltozási scénáriók hipotéziseinek növénytermesztési értelmezéséhez.

BEVEZETÉS

A növénytermesztési tevékenység feltételeit nagymértékben meghatározzák a termőhelyi viszonyok. A számos befolyásoló tényező közül némileg pontatlan összefoglaló kifejezéssel a „talaj-klimatikus” viszonyokat tekinti a mezőgazdaság olyan tényezők összességének, amelyek hatását nem, vagy csak kis mértékben képes szabályozni, és amely hatások ugyanakkor alapvetően meghatározni képesek a termelés célját, a termesztendő növény fajtát, fajtáját, az alkalmazható agrotechnikai műveleteket és magát a tevékenység gazdaságosságát. *Varga-Haszonits et al. (2000)* szerint az éghajlat erőforrás, mégpedig az egész emberiség legjelentősebb erőforrása, amelyet hasznosítani lehet, de egyúttal az éghajlat magába foglal olyan tényezőket is, amelyek többféle

szempontból is kockázati elemet jelenthetnek.

Az őszi búza *Triticum aestivum* L. Magyarország legnagyobb területen termesztett gabonanövénye. Termése és azon belül is termésstabilitása nagymértékben függ az adott évjáratától. *Pepó (2003)* két évtized országos termelési adatai alapján arra a következtetésre jutott, hogy korunkban megnövekedett a termésingadozás amplitúdója és ennek oka nem csak klimatikus, hanem termesztéstechnológiai okokban is keresendő.

Az 1. táblázat adatai jól jellemzik az elmúlt két évtized országos búzaterméseinek trendjét és variabilitását. Míg a '80-as években a termésingadozás mértéke mindössze 15%-os volt, addig ez az érték a következő évtizedben több mint háromszorosára, 51%-ra növekedett.

1. táblázat

A búza termése és termés-stabilitása Magyarországon

Év	termésátlag kg/ha	dekád átlag kg/ha	termés ingadozás %	terméskülönbség, %
1980	4740	5010	94–109	15
1981	4580			
1982	5140			
1983	4710			
1984	5370			
1985	5120			
1986	4910			
1987	4910			
1988	5420			
1989	5240			
1990	5050	4095	75–127	51
1991	5190			
1992	4070			
1993	3060			
1994	4610			
1995	4240			
1996	3280			
1997	4210			
1998	4140			
1999	3590			
2000	3610			

Forrás: Pepó, 2003 nyomán

Nem lenne teljes a kép, ha az évjáráti hatásokat egyedül a termésmennyiségen keresztül közelítenénk meg. Valószínűleg legalább olyan érzékenyen reagál a termésmennyiség is e tényezőkre.

Az évjárat, valamint növénytermesztés műveletei során elvégzett természetstechnológiai beavatkozások, kezelések alapvetően befolyásolják a búza malom- és sütőipari minőségét (Bingham *et al.*, 1985; Kárpáti *et al.*, 1996). Axiómaként szükséges elfogadni, hogy a minőség genetikailag meghatározott képessége a fajtának, melyet agronómiai módszerekkel érvényre juttathatunk, leront-hatunk, de javítani semmiképpen nem tudunk (Erdei-Szániel, 1975; Pollhamerné, 1981).

A minőségi búzatermesztés következtés-képpen nem más, mint a termesztési tényezők minőségi mutatók szerinti optimalizálása (Ivány *et al.*, 1994). A különböző termesztési tényezők malom- és sütőipari minőséget befolyásoló hatása eltérő súlyú (Bedő-Láng 1997; Györi *et al.*, 2002; Ragasits, 1992; Vida *et al.*, 1996). A malom- és sütőipari minőség mellett igen fontos minőségi jellemzője a termésnek a növényvédelmi kezelésekből visszamaradó szermaradvány (Jolánkai *et al.*, 1996; Miller Jones, 1995).

A minőség fogalmának számos definíciója lehetséges. Etimológiailag a minőség nem más, mint egy tárgy vagy jelenség meghatározó és jellemző tulajdonságainak összessége.

Ugyanakkor a minőség nem csupán a feldolgozott termék néhány kiváló paraméterét jelenti (Láng, 1997). Gazdasági értelemben e tulajdonságok más-más tartalommal jelenhetnek meg. A búza esetében számos minőségi paraméter van, amely befolyással lehet a termés értékére.

Vizsgálatunk célja az volt, hogy értékeljük az egyes évjáratok és azon belül a fontosabb agrotechnikai beavatkozások hatását a búza termésmennyiségére és néhány minőségi mutatójára.

A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

Az évjáratthatás értékelését a Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézetének nagygombosi kísérleti terén beállított búza-kísérletek 1996–2002 közötti anyagán végeztük el. A kísérletekben szabadföldi körülmények között, négyismétléses, split-plot elrendezésű 10 m²-es parcellákon tanulmányoztuk a négy legfontosabb agrotechnikai beavatkozás; a nitrogén fejtrágyázás, a herbicid, a fungicid és az insecticid használatának őszi búza fajtákra gyakorolt hatását. Az értékelt kísérletek kezelése a következők voltak:

1. Késői posztemergens gyomirtási kísérlet:

Fajta:	1-n búzafajták
Kezelés:	A gyomos kontroll
	B gyomlált kontroll
	C fluroxipir
	D bromoxynil
	E dikamba
	F tibenuron-metil
	G MCPA

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

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

Az 1. kísérletben alkalmazott szerek kémiai leírása:

STARANE (fluroxipir) képlete: 4-amino-3,5-diklór-6-fluor-2-piridoxil-ecetsav

PARDNER (bromoxynil) képlete: 3,5-dibrom-4-hidroxibenzonitril

BANVEL 480 (dikamba) képlete: 2-metoxi-3,6-diklór-benzoésav sója

GRANSTAR (tribenuron-metil) képlete: 2-N-(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)-N-metil-amino-(szulfonil)benzoát

TRITON (MCPA) képlete: 2-metil-4-klór-fenoxi-ecetsav

A kijuttatás a szereknek megfelelő dózisban és technológiával történt.

2. Fejtrágyázási kísérlet:

Fajta: 1-n búzafajták

Kezelés: A kontroll
B 80 N (b)
C 40+40 N (b+v)
D 120 N (b)
E 80+40 N (b+v)

A kísérlet célja a megosztott és a növekvő adagú fejtrágyázás minőségre gyakorolt hatásának értékelése. A kezelések ideje bokrosodáskor és virágzáskor (Feekes 4–5 illetve 9–10, Keller–Baggiolini G–H, illetve L).

Vizsgálatok: növényszám, érésdinamikai fenológiai vizsgálatok és mintavételek, aratás előtti növénymagasság, megdőlés, általános kórtani felvételezés, termés, terméselemek, termésminták minőségvizsgálata (fizikai jellemzők, malom- és sütőipari vizsgálatok).

A 2. kísérletben alkalmazott műtrágya kémiai leírása:

szemcsés N műtrágya, hatóanyaga 34% ammónium-nitrát

3. Növényvédelmi kísérlet:

Fajta: 1-n búzafajták

Fungicid: A kontroll
B tebukonazol+triadimefon
Insecticid: a kontroll
b benszultap

A kísérlet célja a fungicid és az insecticid használat búza termés mennyiségre és minőségre gyakorolt hatásának vizsgálata. A kezelések időpontja az adott kísérleti terület kórtani (Puccinia, Erysiphe) illetve gradációs (Anisoplia, Eurygaster stb) viszonyainak megfelelő optimális időpont.

Vizsgálatok: növényszám, aratás előtti növénymagasság, megdőlés, általános kórtani és kártételi felvételezés, termés, terméselemek, termésminták minőségi vizsgálata (fizikai jellemzők, beltartalom, szermaradvány)

A 3. kísérletben használt növényvédőszer kémiai leírása:

FOLICUR TOP fungicid (tebukonazol+triadimefon)

hatóanyaga: terc.butil-(para-klór-fenetil)-1H-1,2,4-triazol-1-etanol + 1-(4-klór-fenoxi)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)-3,3-dimetil-2-butanon

BANCOL 50WP insecticid (benszultap)

hatóanyaga: S,S'-[2-(dimetil-amino)-trimetilén]bis-(benzol-tioszulfonát)

A kijuttatás a szereknek megfelelő dózisban és technológiával történt.

A kísérletekben a hétéves ciklusban számos búzafajta vizsgálatára került sor. Ezek közül az évjárat értékeléshez 6 búzafajtát választottunk ki (Alföld-90, Fatima 2, Gaspard, Jarebica, Mv 21, Mv Magdaléna), a fajtareakciókbeli különbségek szemléltetésére. A fajták vetőmagját minden esetben a fajtatulajdonos biztosította a kísérletekhez.

A termés betakarítása, a termésminták vétele és feldolgozása a kísérleti tematikai előírások szerint történt.

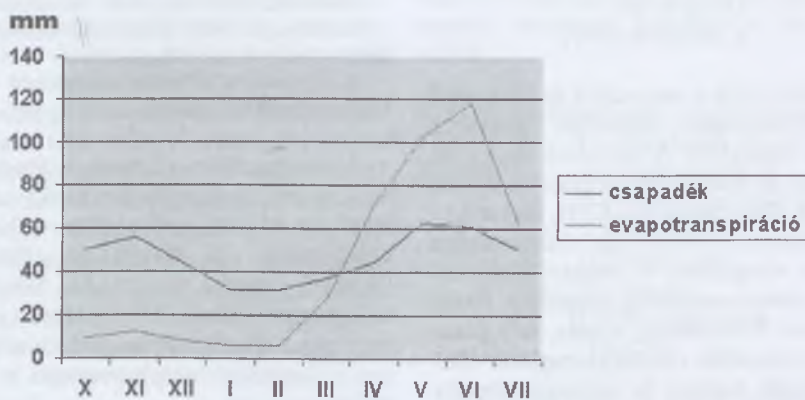
A termésminták minőségvizsgálatát részben a Concordia, részben a SZIE NTTI minőségvizsgáló laboratóriuma végezte (MSZ ISO 5531:1993, MSZ ISO 6645:1993).

A KÍSÉRLETEK EREDMÉNYE ÉS DISZKUZZIÓJA

Az adott évjárat hatásának vizsgálata elsődlegesen a legfontosabb klimatikus tényezők – a csapadék és a hőmérséklet – szerepének értékelésén alapul. Az 1. ábra a búza evapotranspirációs vízigényét veti egybe az adott területen mért sokévi csapadékkal.

Lényegében a tenyészidőszak e növény esetében két jól definiálható szakaszra osztható; a téli félévre, amikor az evapotranspirációs vízigény jelentősen kisebb mint a természetes csapadékból származó vízutánpótlás, és a tavaszi vegetációs periódusra, amikor februártól kezdődően intenzív vízfelvételi fázisba lép a növényállomány, és ami egészen a szemtelítődési időszakig tart. Ez a vízigény általában a bokrosodási fázisban (Feekes 4–5) meghaladja a természetes csapadék által biztosított mennyiséget, és évről-évre függően február vége, ápri-

lis eleje között negatív vízmérleget eredményez, amely azután egyre romlik. Ebben, a görbén jól látható negatív vízmérlegű fejlődési tartományban a növény lényegében egyedül a talajban megőrzött korábbi csapadékvíz mennyiségére, illetve későbbi fázisokban esetlegesen egyéb felszín alatti vízáradó rétegek vízutánpótlására szorul. Ha ez nem áll rendelkezésére – pl. elégtelen vagy hibás talajművelés, fejletlen gyökérzet, vagy esetleges talaj aszály következtében – akkor a növényzet fejlődése nagymértékben gátolt lesz.



1. ábra

A búza evapotranspirációs vízmérlege
Gödöllő, 50 éves csapadékatlag, mm

2. táblázat

Havi csapadék átlagok, mm
Gödöllő, 1996–2002

Hónap	Sokévi	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Január	32	54,0	18,0	62,2	9,2	37,0	94,8	10,3
Február	32	23,1	3,9	0,0	58,7	27,4	11,0	14,6
Március	37	9,5	11,2	16,0	19,5	6,1	73,9	19,0
Április	45	32,5	21,0	77,7	56,4	10,8	27,9	32,1
Május	63	68,3	49,8	118,7	67,7	10,0	23,6	80,8
Június	61	50,0	69,9	40,7	163,1	5,9	66,8	42,3
Július	50	49,8	96,8	70,1	163,4	105,8	134,0	72,8
Augusztus	50	23,5	40,4	30,9	69,8	7,8	62,8	82,3
Szeptember	44	102,7	5,3	123,2	17,7	22,8	95,3	41,4
Október	50	26,2	8,5	80,2	44,4	6,0	40,0	27,5
November	56	33,6	48,5	83,0	100,7	64,2	35,2	45,5
December	44	71,1	34,3	22,8	66,4	40,2	30,7	43,5
Osszes	564	544,3	407,6	725,5	837,0	344,0	706,0	426,8

A 2. és a 3. táblázat adatai a havi csapadékátlagokat, illetve a hőmérsékleti átlagokat tartalmazzák évenkénti bontásban.

Mint a meteorológiai adatokat összesítő táblázatokból kitűnik, a vizsgált hét év mutatói jelentős mértékben különböztek. Lényegében 1998, 1999 és 2001 voltak csapadékos évek, míg 1997 és 2000 kifejezetten aszályosnak bizonyult. Jelentős eltérések mutatkoztak ugyanakkor a havi csapadékátlagokban is. A csapadék eloszlása nem mindig volt összhangban az éves csapadék mennyi-

ségével. Jellemző például a legaszályosabb 2000. év július havi 100 mm-t meghaladó mennyiségű csapadék, amely egyebekben megnyilvánult az azévi egyébként is gyenge búzatermés Hagberg esésszámának szinte példátlan mértékű csökkenésében.

A búza termésingadozása évjáratonként jelentős volt. A terméskülönbség a hétéves kísérleti átlaghoz viszonyítva $\pm 40,3\%$ -os volt. A 4. táblázat adatain nyomon lehet kísérni az egyes alkalmazott agrotechnikai kezelések évenkénti termésátlag értékeit.

3. táblázat

Havi hőmérsékleti átlagok, °C
Gödöllő, 1996–2002

Hónap	Sokévi	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Január	-2,8	-3,2	-2,3	2,4	-0,1	-0,6	-0,2	-0,1
Február	-0,4	-3,2	2,0	5,6	-0,2	3,1	2,9	4,0
Március	4,4	1,4	5,4	4,6	6,8	2,9	7,2	6,7
Április	10,3	12,2	7,3	12,2	12,2	15,2	10,9	10,0
Május	15,4	17,8	16,0	16,2	15,4	17,8	18,3	17,8
Június	18,7	21,1	18,5	20,9	18,9	20,8	18,2	18,6
Július	20,7	20,3	19,1	21,8	21,3	15,6	22,0	22,2
Augusztus	19,8	20,8	20,4	22,1	19,4	22,3	22,9	20,7
Szeptember	15,6	12,4	16,0	15,1	18,3	15,2	14,1	15,4
Október	9,8	11,1	8,3	10,8	10,1	13,6	10,9	11,4
November	4,5	7,2	5,0	2,4	2,6	5,4	2,4	5,4
December	0,1	-2,5	1,7	-4,0	-0,1	1,6	-0,8	-1,0
Átlag	9,7	9,61	9,78	10,84	10,38	11,08	10,73	10,92

4. táblázat

Az évjárat hatása a búza termésmennyiségére, t/ha*

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
N trágyázás							
– kontroll	4,05	3,00	4,96	2,25	3,38	2,19	3,16
– kezelt	5,12	3,48	6,34	3,34	3,72	4,66	4,54
Herbicidek – kontroll	3,15	2,85	6,18	2,64	3,65	4,63	4,18
– kezelt	3,54	2,96	6,43	2,96	3,91	4,50	4,54
Fungicidek – kontroll	4,50	2,62	6,41	2,94	2,85	5,87	4,76
– kezelt	4,15	2,68	6,88	3,54	2,77	6,15	4,68
Insecticidek – kontroll	4,50	2,62	6,41	2,94	2,85	5,87	4,76
– kezelt	4,01	2,55	6,63	3,42	2,72	5,84	4,88
Kísérletek főátlagja	4,08	2,88	6,21	2,87	3,32	5,28	4,34

* a vizsgált fajták átlagában

A termésstabilitás szempontjából a nitrogén ellátottság döntőnek bizonyult. A kezelt és kontroll parcellák termése között évjáratról függően jelentős 0,34–2,47 t/ha-os különbség mutatkozott, ami egyben csökkentette a terméshingadozás mértékét is, mely a kezelt variánsok esetében $\pm 36,8\%$ -ra mérséklődött.

A termésmennyiség mellett a minőségi mutatókban is jelentős ingadozás volt megfigyelhető. Az 5. táblázat adatai foglalják össze négy minőségi mutató – a fehérjetartalom, a farinográfus érték, a nedvesikér tartalom és a Hagberg esésszám adatait. A minőségi mutatók a legtöbb esetben nem követték sem a szemtermés mennyiségének, sem az adott évjárat csapadékadatainak trendjét.

Az egyes agrotechnikai kezelések ugyan csak hatással voltak a búza minőségi mutatóinak alakulására. A 6. táblázat szemlélteti a négy kiemelt minőségi mutató alakulását kezelésként. Megfigyelhető, hogy általában, minőség szempontjából a nitrogén trágyázás eredményezte a legjobb mutatókat. A szélső értékeken lemérhető minőséghingadozás a Hagberg értékszámot leszámítva a herbicid kezeléseknél volt a legnagyobb. Ez közvetve a gyomosodási viszonyok termény-minőség befolyásoló hatásának eredménye. Az esésszám ugyanakkor részben a betakarításkori csapadékvizonyok, a termesztett fajta genetikai adottságai, valamint a tápanyagellátás függvénye.

5. táblázat

Az évjárat hatása a búza minőségére*

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Fehérje, %	15,8	13,2	11,5	14,3	11,6	12,0	17,2
Farinográfus érték	89,7	50,4	70,7	47,4	44,4	51,6	62,4
Nedves sikér, %	37,8	30,5	27,4	32,2	28,3	27,5	38,4
Hagberg esésszám	339,1	213,2	278,2	–	188,6	295,2	362,1

* a vizsgált fajták átlagában

6. táblázat

Agrotechnikai kezelések hatása a búza minőségére*

Kezelés	Fehérje, %		Farinográf		Nedves sikér, %		Hagberg	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
N trágyázás	12,3	19,4	42,4	100	23,2	40,3	132	443
Herbicid	10,6	18,2	20,8	100	22,6	40,6	177	411
Fungicid	10,8	17,3	24,3	100	23,3	39,4	189	403
Insecticid	11,1	17,4	32,6	100	24,1	39,0	179	412
SzD	2,14		9,76		4,52		22,43	

* fajta x évjárat adatainak szélső értékei

A 7. táblázat adatai foglalják össze a búza minőségének fajtaspecifikus mutatóit. A kísérletsorozatból kiemelt fajták eltérően reagáltak az alkalmazott agrotechnikai kezelésekre. A kezelések és az évjáratok adatainak szélső értékeinek átlagában két fajta (Alföld-

90 és Mv Magdaléna) is képes volt 18%-ot meghaladó fehérjét és 40%-ot meghaladó sikértartalmat adni. A legnagyobb mértékű ingadozás a farinográfus értékben volt, maximális értéket mindössze három fajta ért el, ugyanakkor mindegyik fajta esetében elő-

fordult C₁ minőségű variáns, két esetben pedig C₂-es érték is.

Az évjárat és az alkalmazott agrotechnikai kezelések búzafajtákra mért hatásának összefüggéseit a 8. táblázat adatai foglalják össze.

Mint az a 8. táblázat adatain jól követhető, az egyes vizsgált tényezők összességében nem állnak korrelációban az évjáratot lényegében legjobban reprezentáló csapadékkal és a hőmérséklettel. Figyelemre méltó, hogy a termésadatok és az egyes minőségi mutatók

7. táblázat

Fajtakülönbségek a minőségi mutatók alakulásában*

Fajta	Fehérje, %		Farinográf		Nedves sikér, %		Hagberg	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Alföld-90	10,8	18,5	36,2	100	24,4	40,6	120	382
Fatima-2	12,5	15,4	44,9	100	24,0	36,5	189	420
Gaspard	10,6	16,6	24,3	50,4	23,3	35,7	226	336
Jarebica	10,5	17,5	20,8	59,0	22,6	39,0	183	342
Mv-21	13,2	16,1	42,9	83,9	28,2	39,5	164	380
Mv Magdaléna	11,2	18,6	32,3	100	26,3	40,7	184	443
SzD _{cs}	1,12		11,74		4,46		28,31	

* a kezelés x évjárat adatok szélső értékei

8. táblázat

Évjárat hatás korrelációs táblázata Gödöllő–Nagygyombos, 1996–2002

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

+ = az évenkénti 1–5. havi csapadékösszeg korrelációja *kurzív karakterekkel*

Szignifikancia szint * P 5%

** P 1%

kapcsolata ugyancsak változatos képet mutat. Néhány esetben azonban megfigyelhető a konzekvens jelleg. A minőségi mutatók közül a fehérje tartalom és a nedvesikér

tartalom szoros korrelációban volt. Valamivel gyengébb, de ugyancsak szignifikáns kapcsolat volt igazolható a farinográfus érték és az esésszám között. Értelmezve a

kapott adatokat, feltételezve az evapotranspirációs vízigény tavaszi alakulását, a csapadék esetében külön vizsgálatot végeztünk a mindenkori tárgyévi tenyészidei 1–5. havi csapadék mennyiségének összefüggéseivel.

Látható, hogy pl. a termésmennyiség tekintetében ez a csapadékmennyiség szoros összefüggést mutat. Ugyancsak megfigyelhető, hogy a minőségi mutatók esetében is történt szerény, de konzekvens jellegű elmozdulás.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BEDŐ Z.–LÁNG L. (1997): A minőségbúza termesztése és nemesítése. „Agro-21” Füzetek, 1997. 14. sz. 8–28. pp. (2) BINGHAM, J.–BLACKMAN, J. A.–NEWMAN, R. A. (1985): Wheat. National Seed Development Organization Ltd., Cambridge. (3) ERDEI P.–SZÁNIEL I. (1975): A minőségi búza termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (4) GYÓRI, Z.–GYÓRINÉ, M. I.–SZILÁGYI, SZ. (2002): Complex evaluation of winter wheat quality parameters. In: Proceedings of the Alps-Adria Scientific Workshop. Ed.: Gyuricza Cs. Akaprint. Opatija. 64–69. pp. (5) IVÁNY K.–KISMÁNYOKY T.–RAGASITS I. (1994): Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest. (6) JOLÁNKAI M.–SZENTPÉTERY ZS.–SZALAI T. (1996): Variety specific weed tolerance – a key to non chemical weed control. ESA 4th Congress, Veldhoven-Wageningen, Proceedings II. tom. 556–557. pp. (7) KÁRPÁTI M.–SZENTPÉTERY ZS.–JOLÁNKAI M.–VARGA J.–ÓRSI F.–SIMONNÉ S. L. (1996): Az őszi búza tartalékfehérjéinek és aminosav-összetételének tanulmányozása a szemkialakulás során. Növénytermelés, 45. 3. 255–263. pp. (8) LÁNG I. (1997): A minőség dimenziói az agrárgazdaságban. „Agro-21” Füzetek, 1997. 14. sz. 3–7. pp. (9) MILLER JONES, J. (1995): Food safety. Eagan Press, Saint Paul, Minn. (10) PEPÓ P. (2003): Variety specific nitrogen fertilization in wheat production. In: Proceedings of the 2nd Alps-Adria Scientific Workshop. Ed.: Gyuricza Cs. Akaprint. Trogir. 146–155. pp. (11) POLLHAMER E.-NÉ (1981): A búza és a liszt minősége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (12) RAGASITS I. (1992): A nitrogén- és foszfor-műtrágyázás hatása a búza minőségére. Növénytermelés, 41. 1. 59–65. pp. (13) SZALAI GY.–VARGA-HASZONITS Z. (1980): Az őszi búza terméshozamának előrejelzése csapadék- és hőmérsékleti adatok alapján. Növénytermelés 29. 1. 37–43. pp. (14) VARGA-HASZONITS Z.–VARGA Z.–LANTOS ZS.–VAMOS O.–SCHMIDT R. (2000): Magyarország éghajlati erőforrásainak agroklímológiai elemzése. Lóripriint Kiadó, Mosonmagyaróvár. (15) VIDA GY.–BEDŐ Z.–JOLÁNKAI M. (1996): Agronómiai kezeléskombinációk őszi búzafajták sütőipari minőségére gyakorolt hatásának elemzése főkomponens-analízissel. Növénytermelés, 45. 6. 453–462. pp.

FVM-MTA SZAKÉRTŐI MEGBESZÉLÉS A „KLÍMAVÁLTOZÁS” PROJEKTRŐL

Az FVM-ben került sor a „Globális klímaváltozással összefüggő hatások és az erre adandó válaszok” című MTA-KvVM projekt megbeszélésére 2003. július 23.-án *Láng István* kezdeményezésére.

Az FVM részéről megjelentek: *Simon József* helyettes államtitkár, *Horváth Mihály* főosztályvezető-helyettes (Oktatási, Kutatási és Fejlesztési Főosztály), *Hodampf Gyula* elnökhelyettes (Erdészeti Hivatal), *Szedlák Tamás* főtanácsos (Erdészeti Hivatal), *Kolossváry Gábor* főosztályvezető (Vízgazdálkodási Önálló Osztály), *Tóthné Mohácsy Gabriella* főosztályvezető (Vidékfejlesztési Programok Főosztálya), *Tar Ferenc* főosztályvezető (Agrár-környezetgazdálkodási Önálló Osztály).

A projekt részéről: *Láng István*, *Csete László* és *Jolánkai Márton*.

A megbeszélést *Simon József* helyettes államtitkár vezette. *Láng István* a projekt vezetője ismertetőjében hangsúlyozta az FVM bekapcsolódásának fontosságát.

Az FVM résztvevőinek ajánlásai, megjegyzései között az alábbiak hangzottak el:

Horváth Mihály mint a témában legérintettebb, készséggel áll rendelkezésre neves kutatókkal, témák összegyűjtésével. *Hodampf Gyula* a témában eddig aláírt nemzetközi megállapodásokról tájékoztatót. *Szedlák Tamás* – aki 1988 óta foglalkozik a témával – az eddig elkészült anyagok újragondolását javasolta. *Kolossváry Gábor* szükségesnek tartja a helyzetértékelésnél a korábbi programok eredménytelenségének okaira való kitérést. A szakmai műhelyeket ki kellene egészíteni olyan FVM intézményekkel, mint pl. a HAKI. Szükséges a jelenleg folyó kutatási programokkal való összhang megteremtése és az EU Víz Keretirányelv figyelembevétel. *Tóthné Mohácsy Gabriella* szerint három év nagyon távoli egy ilyen témában a válaszadásra. Javasolja előzetes közlések kiadását. *Tar Ferenc* jelezte, hogy a tudományos tanácsban szívesen vállalnának közvetlen közreműködést.

Simon József helyettes államtitkár megállapította, hogy kifogásoló megjegyzés nem hangzott el a megbeszélésen. Összefoglalójában megköszönte a probléma érzékeny és a hatékony együttműködését célzó kezdeményezést és javaslatokat, megkérte az érintett egyégeket, hogy az MTA felelőseivel közös munkában tegyék meg konkrét kiegészítő javaslatukat, továbbá felkérte a Kutatási Osztály vezetőjét az FVM-MTA megállapodás tervezet összeállítására és előkészítésére.

Végül *Láng István* akadémikus meghívta a résztvevőket szeptember 12-ére az MTA felolvasótermében sorra kerülő nyilvános ülésre, ahol a projekt célkitűzéseiről és tartalmáról lesz szó. Erre az alkalomra megjelenik az „AGRO-21” Füzetek legújabb száma is.

ÜLÉSEZETT A TUDOMÁNYOS TANÁCS

„A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok” c. kutatási projekt Tudományos Tanácsa 2003. július 23.-án az „AGRO-21” Kutatási Programirodában (1061 Budapest, Andrásy út 23.) ülésezett.

Megjelentek: Láng István elnök. Tagok: Csete László, Faragó Tibor, Fűhrer Ernő, Harnos Zsolt, Ijjas István, Jolánkai Márton, Kovács Mátyás, Ligetvári Ferenc, Major György, Schweitzer Ferenc, Szász Gábor, Szirmai Viktória, Veisz Ottó, Vida Gábor. Állandó meghívott: Németh Tamás.

Kimentésüket kérték: Harkányi Kornél, Somlyódy László

Napirenden szerepelt a Tudományos Tanács megalakulása, ügyrendje és a 2003. évi feladatok. Az élénk eszmecserét követően mind a ügyrendet, mind a 2003. évi programot – kisebb finomításokkal – a tudományos Tanács elfogadta.

A Tudományos Tanács ülésén elhangzottak között hangsúlyosan szerepelt a nemzetközi szervezetek eseményeinek, összeállításainak, közleményeinek a figyelemmel kísérése, értékelése, a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium mellett az Oktatási Minisztériummal való kapcsolatfelvétel és az NKFP kutatási eredményeinek hasznosítása.

A kutatási projekt e-mail címe: klima.vahava@office.mta.hu.

Cs. L.

**INTRODUCTORY REFLECTIONS TO THE JOINT RESEARCH PROJECT
"RESEARCH OF THE EFFECTS OF THE GLOBAL
CLIMATIC CHANGE CARRIED OUT IN HUNGARY, AND REACTIONS TO IT"
OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCE
AND THE MINISTRY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION
AND WATER MANAGEMENT**

By
LÁNG, ISTVÁN

Phenomena of the climatic change having taken place for more than three decades throughout the world, including Hungary, require to solve a lot of problems without delay. This solution can only be hoped from the synthesis of research results already available or likely to be achieved before long. Such a synthesis has to strive for perfection and must be amalgamated within a major system.

The synthesis seeks for an answer to the question what kinds of climatic change can be expected in Hungary, what effects this change may have, and which are the possible reactions to it. Thus, the key words of the basic concept are: change – effects – reaction.

This synthesis is approached by collaborators from five directions. Their activities include the whole system of agricultural sectors, as well as their interconnections with water management, environment, and society.

Research also takes such parallel activities into consideration as may affect the climate in any respect.

The project serves not only for the protection of the climate but, at the same time, for saving fossil energy resources, and thus also for sustainability.

The preliminary partial research results, along with conclusions drawn from them and recommendations based on them, have already been published in the course of progress. When research is finished summary reports and books will follow.

**AN ANALYSIS OF THE EFFECTS OF THE CLIMATIC CHANGE
ON AGRICULTURE. CLIMATIC SCENARIOS**

By
VARGA-HASZONITS, ZOLTÁN

Agricultural production provides mankind with food it requires. Since agricultural production takes place in open air it highly depends on the climatic conditions of the given area.

Therefore it is a basic task to determine the way climate acts on agricultural production. Two tasks have to be solved for this purpose. First, such factors have to be learned as shape the climate, along with the changes of the latter under the effect of the first. Second, the effects of climatic conditions upon the objects of agricultural production (plants and animals) and its processes (growth, development, productivity) have to be learned.

The science of climatology has experienced an enormous development during the last decades of the twentieth century. Technical progress (satellite-based surveying, computer technology) enabled such mathematical models to be elaborated as are capable of describing complicated processes taking place in atmosphere on the basis of up-to-date knowledge. Since human productive activity increases the concentration of carbon dioxide in the atmosphere, an increase in the greenhouse effect has to be calculated upon as well. However, the values of climatic elements do not repeat themselves in consequence of the numerous effects affecting them but fluctuate within a certain interval. And, for the time being, it cannot be decided yet whether the rise of the mean temperature of the Earth is a consequence of the natural fluctuation or already an indicator of the increasing greenhouse effect. Expectable changes in the climate can be calculated under given conditions by means of global climatic models (GCM). However, their exactness is very doubtful even when completed with regional examinations.

Similar difficulties have to be faced also in the field of effect examinations. In any case, in respect of agricultural production climate constitutes one of the natural conditions of a given area, on the one hand, and a system of active agent and risk factor, on the other (and, in addition, also a system continually influenced by its environment). Agroclimatology seeks to learn this complicated effect mechanism by means of agroclimatological analysis, mathematical-statistical methods, and mathematical modelling. Results obtained so far are encouraging but requiring further intense international and domestic research work.

The scientific background outlined above is needed for being ready to assess the biological consequences of a possible climatic change, to make use of its favourable effects, and to lessen the unfavourable ones. Under such circumstances it is reasonable to choose a logical scenario based on effects that can be expected to all probability. The present paper suggests such a scenario.

EXPECTABLE CONSEQUENCES OF GLOBAL WARMING ON CATTLE FARMING BASED ON GRAZING

By

SZABÓ, FERENC – ANDA, ANGÉLA – IVÁNY, KÁROLY – KOVÁCS, ALFRÉD

According to global climatic change forecasts arising from the increase in greenhouse gas and aerosol concentrations that can be expected, a number of specialists assert that the climate of the Earth is warming. Global warming may have several risky consequences, such as: extreme temperatures and precipitation, the rise of the frequency of drought and flood, and changes of the composition, structure and function of ecosystems.

Warming changes the living space of animals kept in free range. Drought and the lack of water result in the drop of underground water-level, the change and thinning of pasture vegetation, due to which fodder supply becomes less favourable, and the animals' drinking water supply becomes hampered as well.

Hot environment affects animals also directly. The adaptation of cattle to heat is more

difficult than to cold. The respiratory and pulse rate of the animals increases at high temperature, in consequence of which their stress increases and their vital processes change. Heat stress has an unfavourable effect on beef cows: their evaporation, temperature and water consumption rise, their feed uptake, gain in weight and activity drop. High temperatures decrease the fecundity of breeding bulls and the prolificacy of cows. Warm climate is also favourable for the spread of certain infectious diseases. All the above effects decrease the result and profitability of production.

The above listed warning symptoms require investigations in the field of Hungarian beef cattle farming the results of which would enable ample knowledge to be obtained in respect of the productivity of different breeds and genotypes under the conditions of heat stress. They may promote adaptation to the more unfavourable conditions predicted.

SIMULATIVE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF THE CLIMATIC CHANGE ON WINTER WHEAT PRODUCTION

By
HARNOS, NOÉMI

The increase in the concentration of greenhouse gasses in the atmosphere results in the warming of the latter, in consequence of which a global climatic change takes place. It can be expected that changes in the climate affect both natural ecosystems and agricultural production.

The objective of the present paper is to promote the process of preparation for the effects of global climatic change on winter wheat production. A model describing net CO₂ assimilation was parametered and tested, with a subsequent incorporation in a plant growth simulation model. Along with this, different wheat growth simulation models were adapted to Hungarian conditions in order to study winter wheat yields at climates to be expected in the future.

It was stated by means of simulation models that the increased CO₂ concentration of the atmosphere will not significantly increase wheat yields, whereas climatic change may considerable decrease them.

EFFECTS OF THE CROPPING YEAR ON WINTER WHEAT CROP AND QUALITY

By
JOLÁNKAI, MÁRTON – SZENTPÉTERY, ZSOLT – SZÖLLÖSI, GERGELY

Several conclusions can be formulated on the basis of the experiment series, of which, however, only a part may be generalised:

- Precipitation data exhibited significant differences in different cropping years. On their basis the dry and wet ones among the tested seven cropping years could be safely defined.
- Yearly temperature averages exhibited slight differences, whereas differences between monthly mean temperatures were significant.

- There was no correlation between precipitation and temperature data.
- Annual precipitation was not correlated to wheat yield, contrary to the amount of precipitation in spring during the vegetative period, which was highly correlated to it.
- Different agrotechnical treatments resulted in different yields. Nitrogen supply proved decisive in respect of yield stability. Yield differences between treated and not treated plots were significant in different cropping years, amounting from 0.34 to 2.47 tons per hectare.
- Test data exhibited no correlation between wheat yield and quality.
- Among quality indicators the protein and wheat gluten content of the crop exhibited a very close correlation.
- There was a demonstrable correlation also between farinograf and drop values.
- The varieties tested reacted to the agrotechnical treatments employed in a different way. E. g., there were even two wheat varieties capable of producing protein and gluten values of more than 18 and 40 per cent, respectively, on the average of the extreme values of treatments and yearly data. Farinograf values exhibited the greatest fluctuation: only three varieties reached the maximum A_1 value, whereas C values were measured in case of each variety, two of them having exhibited even a C_2 value.
- Finally, it can be stated that test results have revealed a number of phenomena and data which can be correlated to the effect of the cropping year. A further investigation of the experimental series' data, along with their analysis by means of multivariable methods, is deemed both possible and necessary. It is also deemed possible to make, on the basis of the data of registered domestic experimental series and long-term field experiments, evaluations capable of adding to the interpretation (in respect of crop production) of the hypotheses of different climatic change scenarios.

CONTENTS

STUDIES

<i>Láng, István</i> : Introductory reflections to the Joint Research Project “Research of the effects of the global climatic change carried out in Hungary, and reactions to them” of the Hungarian Academy of Science and the Ministry of Environmental Protection and Water Management	3
Summary	3
Retrospection	3
The situation in Hungary	5
Objectives of the research project	7
<i>Varga-Haszonits, Zoltán</i> : The analysis of the effects of the climatic change on agriculture. Climatic scenarios	9
Summary	9
Introduction	9
The climatic system	10
Climatic system and equilibrium temperature	11
The changeableness of the climatic system	12
The modelling of the climatic system	15
Global climatic models	16
The modelling of regional climatic conditions	17
The effects of climate on agriculture	17
Climate and agriculture	17
Methods of effect analysis	18
Climatic scenarios	20
Concept and adaptation of the scenario	20
Regional climatic models	22
Scenarios of the effects of likely climatic change on Hungary	22
Literature	24
<i>Szabó, Ferenc – Anda, Angéla – Ivány, Károly – Kovács, Alfréd</i> : Expectable consequences of global warming on cattle farming based on grazing	29
Summary	29
Introduction	29
The greenhouse effects of the atmosphere, and its causes	30
The global climatic change	32
Some correlations of climatic change in Hungary	33
Consequences of the global warming	34

The expectable effects of the climatic change on grassland farming	38
Effects on animal husbandry	40
Likely effects of the temperature change on the vital processes and productivity of cattle	41
Literature	47
<i>Harnos, Noémi</i> : Simulative investigation of the effects of the climatic change on winter wheat production	56
Summary	56
The application of simulation models	56
Scenarios of the climatic change	57
The expectable climatic change in Hungary	58
Effects of the increased CO ₂ concentration of the atmosphere on crop production	58
The biochemical model of the net CO ₂ assimilation	60
Data used for the testing of plant growth simulation models	63
The testing of plant growth simulation models	64
Effects of the climatic change on winter wheat yield	65
Literature	67
<i>Jolánkai, Márton – Szentpétery, Zsolt – Szöllősi, Gergely</i> : Effects of the cropping year on winter wheat crop and quality	74
Summary	74
Introduction	75
Materials and methods	75
Experimental results and discussion	77
Literature	78
NEWS – EVENTS	
Discussion of the “Climatic change” project by experts of the Ministry of Agricul- ture and Rural Development and the Hungarian Academy of Science (L. Cs.)	84
The Session of the Scientific Council (L. Cs.)	85
Summary	86
APPENDIX	
List of studies, articles and summaries published in the volumes 1–30 of “AGRO- 21”	91
List of books published in relation to research coordinated by the Hungarian Acad- emy of Sciences	101

AZ „AGRO-21” FÜZETEK 1–30. SZÁMAIBAN MEGJELENT TANULMÁNYOK ÉS ÖSSZEFOGLALÁSOK

Agrárgazdaság, fenntartható fejlesztés, minőségi orientáció

- Baka Éva – Baka György:* A környezetvédelmi és minőségi szempontok érvényesítésének lehetősége a magyar mezőgazdaságban. 1997. 13. sz. 41–60. o.
- Boda Endre:* Minőségbiztosítás a bel- és külpiaci forgalmazásban. 1998. 20. sz. 32–33. o.
- Csatári Bálint:* A magyar faluhálózat állapotrajza és a jövő lehetőségei. 1999. 4. sz. 3–18. o.
- Csatári Bálint:* A magyar faluhálózat állapotrajza és a jövő lehetőségei. 1999. 10. sz. 74. o.
- Csete László:* Tömören az „AGRO-21”-ről. 1994. 1. sz. 5–7. o.
- Csete László:* Gondolatok a magyarországi agrárgazdaság fejlesztési stratégiájának tudományos megalapozásához. 1995. 9. sz. 5–132. o.
- Csete László:* Az agrárgazdaság fenntartható fejlődésének tudományos megalapozása (Szerkesztői bevezetés, összefoglalás és tervezett javaslatok) 1995. 10. sz. 1–22. o.
- Csete László:* A magyar agrárgazdaság fejlesztésének stratégiai koncepciója. 1995. 10. sz. 86–102. o.
- Csete László:* A növénytermelés minősége és a gazdasági fejlődés. 1998. 18. sz. 4–16. o.
- Csete László:* Tömören az „AGRO-21”-ről. 1995. 10. sz. 23–28. o.
- Csete László:* A minőség dimenziói a magyarországi agrárgazdaságban. 1997. 13. sz. 4–5. o.
- Csete László:* A minőség dimenziói. 1999. 30. sz. 4–8. o.
- Enese László:* A gazdálkodási rendszerek alapvetései. 1994. 4. sz. 38–55. o.
- Enese László:* A gazdálkodási rendszerek alapvetései. 1995. 10. sz. 63–65. o.
- Enese László – Magda Sándor:* A mezőgazdasági üzemi formák változása a 21. század küszöbén. 1994. 4. sz. 19–37. o.
- Enese László – Magda Sándor:* A mezőgazdasági üzemi formák változása a 21. század küszöbén. 1995. 10. sz. 61. o.
- Fehér Alajos:* A tulajdon- és birtokviszonyok átalakulása, fejlődése és a 21. századi problémákkal való összefüggése. 1994. 2. sz. 2–20. o.
- Fehér Alajos:* A tulajdon- és birtokviszonyok átalakulása, fejlődése és a 21. századi problémákkal való összefüggése. 1995. 10. sz. 60. o.
- Fehér István – Bánáti Diána:* A minőségbiztosítás eszköztudomány és feladatai az élelmiszer-gazdaságban az EU csatlakozás előtt. 1998. 22. sz. 65–73. o.
- Fekete György:* A fejlődés térségi differenciái és változásai. 1994. 2. sz. 43–58. o.
- Fekete György:* A fejlődés térségi differenciái és változásai. 1995. 10. sz. 71–72. o.
- Hantó Zsuzsa:* Az agrártársadalom és a 21. század. 1994. 2. sz. 21–42. o.
- Hantó Zsuzsa:* Az agrártársadalom és a 21. század. 1995. 10. sz. 75–76. o.
- Horváth Ágnes – Lakner Zoltán – Lehota József – Sass Pál – Szabó Erzsébet – Tomcsányi Pál – Tóth Gedeon:* A marketing szerepe a minőségi fejlődés megvalósításában. 1998. 22. sz. 4–46. o.
- Lakner Zoltán – Balogh Sándor:* A magyarországi élelmiszerfogyasztás jellemzői és változásának főbb irányai. 1995. 7. sz. 80–124. o.

- Lakner Zoltán – Balogh Sándor:* A magyarországi élelmiszerfogyasztás jellemzői és változásának főbb irányai. 1995. 10. sz. 69–70. o.
- Lakner Zoltán – Kóbor Kálmán:* A magyarországi élelmiszeripar jövőképe. 1994. 2. sz. 59–103. o.
- Lakner Zoltán – Somogyi Sándor – Horváth Zsuzsanna:* Az élelmiszerminőség és a piac. 1998. 22. sz. 47–64. o.
- Lazányi János:* Tájékoztatás szerepe a mezőgazdaság arculatának alakításában. 1995. 11. sz. 138–155. o.
- Láng István:* Az agrárgazdaság fenntartható fejlődésének tudományos megalapozása. 1995. 10. sz. 5–6. o.
- Láng István:* A minőség dimenziói az agrárgazdaságban. 1997. 14. sz. 3–7. o.
- Láng István:* Zárszó. (A minőség dimenzióival foglalkozó konferencia sorozathoz.) 1999. 30. sz. 78–81. o.
- Láng István:* Minőség és agrárstratégia. 1. Az összefoglaló tájékoztató bevezetése. 1999. 30. sz. 2–3. o.
- Láng István – Barótfi István – Bedő Zoltán – Biacs Péter – Csete László – Dohi János – Erdész Ferencné – Harnos Zsolt – Jolánkai Márton – Kocsis Károly – Kismányoky Tamás – Király Zoltán – Kőmíves Tamás – Somogyi Zoltán – Várallyay György:* Az agrárgazdaság fenntartható fejlődésének tudományos megalapozása. 1995. 12. sz. 6–121. o.
- Láng István – Csete László:* Az agrárágazatok dinamizálásának lehetősége: minőség minden mennyiségben! (A fenntarthatóságra és a versenyképességre törvő minőségi agrárfejlesztés stratégiai elemei.) 1998. 24. sz. 4–27. o.
- Láng István – Csete László:* A minőség dinamizáló szerepe az agrárgazdaságban. 1998. 23. sz. 4–14. o.
- Molnárné Stadler Katalin:* A termékpályák minőségbiztosításának korszerű rendszere. 1997. 13. sz. 30–40. o.
- Möcsényi Mihály:* A térségi fejlesztés környezeti és agrártermelési összefüggései. 1994. 3. sz. 84–90. o.
- Möcsényi Mihály:* A térségi fejlesztés környezeti és agrártermelési összefüggései. 1995. 10. sz. 73. o.
- Orbán dr. Nagy Mária:* A baromfi termékpálya minőségét meghatározó ugrópontjai, fejlődési irányai és tennivalói. 1998. 18. sz. 44–65. o.
- Péter László – Végső Károly:* A minőségbiztosítás oktatása, az oktatás minőségbiztosítása az agrár-felsőoktatásban. 1998. 22. sz. 81–92. o.
- Sárközy Péter:* Biogazdálkodás. 1998. 24. sz. 45–50. o.
- Sembery Péter:* Minőségbiztosítás a mezőgazdaságban. 1999. 30. sz. 9–13. o.
- Sembery Péter – Uzonyi Györgyné – Várszegi Tibor:* Az alapanyag-termelés és az elsődleges feldolgozás minőségmenedzsmentje. 1997. 13. sz. 6–29. o.
- Somogyi Sándor:* A gazdálkodási rendszerekről. 1994. 4. sz. 56–67. o.
- Somogyi Sándor:* A gazdálkodási rendszerekről. 1995. 10. sz. 62. o.
- Szabó Márton – Szakály Sándor:* A tej termékpálya minőséget meghatározó ugrópontjai, körülményei és fejlődési irányai, tennivalói. 1998. 21. sz. 33–51. o.
- Szendrő Péter – Böcsa Iván – Fésűs László – Gúth László – Kozári József:* A minőség humánpolitikai dimenziói az agrárgazdaságban. 1997. 13. sz. 87–107. o.
- Tomcsányi Pál:* Marketing a minőségorientált agrárfejlesztésben. 1997. 13. sz. 61–76. o.
- Tomcsányi Pál:* A termékminőség és fogalmainak értelmezése az agrárgazdaságban. 1998. 22. sz. 93–111. o.
- Tomcsányi Pál:* Piacépítés és termékminőség. 1999. 30. sz. 70–71. o.

Vissyné Takács Mara: A növényolaj termékpálya minőséget meghatározó ugrópontjai fejlődési irányai és tennivalói. 1998. 18. sz. 17–43. o.

Vissyné Takács Mara: A cukor termékpálya minőségét meghatározó tényezők, a fejlődés irányai és tennivalói. 1998. 19. sz. 29–53. o.

Állattenyésztés, állattartás, takarmányozás

Benedek Pál: A mezőgazdaság minősége és hatása az állatvilág diverzitására. 1998. 24. sz. 56–65.o.

Bogenfürst Ferenc – Nagy Gyula: A tenyésztőjás keltetését és a naposbaromfi minőségét befolyásoló tényezők. 1998. 20. sz. 22–31. o.

Csató László: A sertéshús minőségének javítása tenyésztési eljárásokkal. 1998. 18. sz. 66–73. o.

Gippert Tibor – Szigeti Gábor: A baromfitermék minőségét befolyásoló takarmányozási tényezők. 1998. 20. sz. 14–21. o.

Gundel János: A takarmányozás feladatai a környezetvédelemben. 1999. 27. sz. 63–73. o.

Hegedűs Mihály: Az állati eredetű takarmányok minőségének javítása. 1999. 27. sz. 47–55. o.

Ivancsics János: A magyarországi tejtermelés minősége. 1997. 17. sz. 38–53. o.

Jávor András: A juhászat minőségorientált menedzsmentje. 1998. 21. sz. 87–102. o.

Jávor András – Kukovics Sándor – Nábrádi András: A juhászat gazdasági helyzete és minőségi fejlesztése. 1999. 30. sz. 60–65. o.

Kállay Béla – Kukovics Sándor – Szakály Sándor – Szűcs Endre – Wittmann Mihály: A magyarországi állattenyésztés ma és holnap. 1994. 3. sz. 3–18. o.

Kállay Béla – Kukovics Sándor – Szakály Sándor – Szűcs Endre – Wittmann Mihály: A magyarországi állattenyésztés ma és holnap. 1995. 10. sz. 43–44. o.

Kállay Béla – Szalay Gyula: A tartási rendszerek és technológiák hatása a tenyészállat, vágozbaromfi és a tojás minőségére. 1998. 20. sz. 4–13. o.

Kovács József: Minőség a sertéstermelésben. 1999. 30. sz. 45–49. o.

Kralovánszky U. Pál: A fehérjeellátás szerepe az állati termékek minőségében és az előállítás hatékonyságában. 1999. 27. sz. 30–46. o.

Kukovics Sándor: A juhászat genetikai potenciáljának tartalékai a minőségjavításban és hozamnövelésben. 1998. 21. sz. 65–75. o.

Kukovics Sándor – Jávor András – Molnár Györgyi – Ábrahám Mária – Molnár András: A juhtenyésztés minőségének fejlesztése. 1997. 17. sz. 76–100. o.

Nábrádi András: Az európai szintű juhtartás gazdasági feltételei és lehetőségei Magyarországon. 1998. 21. sz. 76–86. o.

Makai Szabolcs: A takarmánygyártás minőségi követelményei és a minőségbiztosítási rendszerek. 1999. 27. sz. 74–77. o.

Rafai Pál: Sertés-egészségügyi programok és a húsminőség. 1998. 18. sz. 74–78. o.

Schmidt János: A takarmányok minőségének hatása a gazdasági állatok termelésére és az állati termékek minőségére. 1999. 27. sz. 3–19. o.

Schmidt János: A takarmányok minőségét befolyásoló tényezők és hatásuk az állati termékek minőségére. 1999. 30. sz. 20–27. o.

Stefler József: A vegyes-hasznosítású szarvasmarhák szerepe a jó minőségű termék-előállításban. 1998. 18. sz. 79–86. o.

- Stefler József – Horn Péter:* A magyar állattenyésztés kitörési pontjai. 1995. 11. sz. 168–175. o.
- Szabó Ferenc:* A marhahús termelés minőségi fejlesztése. 1999. 30. sz. 56–59. o.
- Szabó Ferenc – Szűcs Endre – Tőzsér János:* A marhahústermelés és húsmarha-tenyésztés helyzete valamint minőségi irányú fejlesztése Magyarországon. 1997. 17. sz. 54–75. o.
- Szabó János – Mucsi Imre:* A magyar állattenyésztés az agrárgazdaság jövőképében. 1995. 11. sz. 176–186. o.
- Szalay István:* A minőségorientált baromfitenyésztés. 1997. 17. sz. 23–37. o.
- Szalay István – Hidas András:* Minőségi fejlesztés a baromfiágazatban. 1999. 30. sz. 50–55. o.
- Szendró Zsolt:* Minőségi célok a házinyúl nemesítésben. 1998. 21. sz. 106–118. o.
- Szigeti Gábor – Rafai Pál – Zomborszky Melinda:* A takarmányok mikrobiológiai állapota és annak hatása az állattermék minőségére. 1999. 27. sz. 56–62. o.
- Zsemkó János:* Tenyésztési integráció a magyarországi juhágazatban. 1998. 21. sz. 103–105. o.
- Wittmann Mihály:* Új Minőség, új irányzatok a sertéstartásban és a hústermelésben. 1997. 17. sz. 4–22. o.

Biológiai alapok, biotechnológia

- Balla László:* A biológiai alapok felújítása a növénytermesztésben. 1995. 5. sz. 3–23. o.
- Balla László:* A biológiai alapok felújítása a növénytermesztésben. 1995. 10. sz. 37–38. o.
- Balla László:* A biológiai alapok szerepe a tájtermesztésben. 1995. 11. sz. 118–137. o.
- Bedő Zoltán:* A növénytermesztés minőségorientált fejlesztése. 1999. 30. sz. 14–19. o.
- Bedő Zoltán:* Nemesítési és agrotechnikai lehetőségek a takarmánynövények minőségének javítására. 1999. 27. sz. 20–29. o.
- Bedő Zoltán – Láng László – Vida Gyula – Juhász Angéla – Karsai Ildikó:* A minőségi tulajdonságok felértékelődése a búzanemesítésben. 1998. 23. sz. 19–30. o.
- Ertseyne Pergi Katalin:* A vetőmag-előállítás vertikumának fejlesztési lehetőségei a biológiai alapok minőségének javításában. 1997. 14. sz. 29–48. o.
- Fésüs László:* A biológiai alapok felújítása az állattenyésztésben. 1995. 5. sz. 24–36. o.
- Fésüs László:* A biológiai alapok felújítása az állattenyésztésben. 1995. 10. sz. 45–48. o.
- Heszky László:* A növénybiotechnológia. 1995. 5. sz. 37–55. o.
- Heszky László:* A növénybiotechnológia. 1995. 10. sz. 39. o.
- Orosz László:* Az állatbiotechnológia. 1995. 5. sz. 56–68. o.
- Orosz László:* Az állatbiotechnológia. 1995. 10. sz. 49–50. o.

Erdő- és vadgazdálkodás, faipar

- Barna Tamás – Király László – Köhalmy Tamás – Varga Ferenc:* Az erdő- és vadgazdálkodás. 1995. 7. sz. 5–35. o.
- Barna Tamás – Király László – Köhalmy Tamás – Varga Ferenc:* Az erdő- és vadgazdálkodás. 1995. 10. sz. 53–54. o.
- Bondor Antal:* A minőség mint érték kategória az erdőművelésben. 1997. 16. sz. 20–47. o.
- Németh József:* A faipar minőségi fejlesztése. 1997. 16. sz. 69–88. o.

- Rumpf. János:* Az erdőhasználat lehetőségei és feladatai a minőségfejlesztésben. 1997. 16. sz. 48–68. o.
- Solyomos Rezső:* Az erdő- és fagazdaság minőségfejlesztése. 1997. 16. sz. 3–19. o.
- Solyomos Rezső:* A minőség értelmezése és javítása az erdő- és fagazdaságban. 1999. 30. sz. 38–44. o.
- Szebeni László:* A minőségbiztosítási rendszer alkalmazása az erdő- és fagazdaságban. 1997. 16. sz. 89–108. o.

Élelmiszeripar

- Biacs Péter:* Az élelmiszerek minősége és biztonsága. 1999. 30. sz. 66–69. o.
- Cserhalmi Zsuzsanna – Horváth Erika – Magyar Katalin:* Az alapanyag feldolgozás és a piacra jutás minőségi ugrópontjai a baromfiipari termékeknél. 1998. 20. sz. 63–108. o.
- Czukur Bálint – Terts Andrásné:* A konzervipari termékek minőségfejlesztése. 1998. 19. sz. 18–28. o.
- Frank József:* A minőség szerepe az olajnövény vertikumban. 1998. 23. sz. 31–39. o.
- Gaál Béla:* Közösségi marketing és az új magyar élelmiszer-védjegy. 1998. 24. sz. 51–55. o.
- Györiné dr. Mile Irma – Szűcs László:* A minőség szerepe a Hajdú Gabona Rt-ben. 1998. 23. sz. 137–141. o.
- Halász Anna – Baráth Ágnes:* A sör- és szeszipari termékek minőségi fejlesztése. 1998. 19. sz. 136–157. o.
- Incze Kálmán – Zukál Endre – Szerdahelyi Károly – Erdős Zoltán:* Az alapanyag feldolgozás és a piacra jutás folyamatainak minőségi ugrópontjai a hősipari termékeknél. 1998. 21. sz. 5–32. o.
- Lakner Zoltán – Kóbor Kálmán:* A magyarországi élelmiszeripar jövőképe. 1995. 10. sz. 66–68. o.
- Molnár Pál – Bikfalvi Istvánné – Boross Ferenc – Hernádi Zoltán – Komáromy Attiláné – Lajos József:* A gyümölcslevek, üdítőitalok és ásványvizek minőségi fejlesztése. 1998. 19. sz. 107–135. o.
- Sebők András:* Az alapanyag-feldolgozás és piacra jutás folyamatainak minőségi ugrópontjai a gyorsfagyasztott termékeknél. 1998. 19. sz. 6–17. o.
- Szakály Sándor – Unger András:* Minőségfejlesztés a magyar tejgazdaságban. 1998. 21. sz. 52–64. o.
- Szalai Lajos:* A sütőipar minőségi irányú fejlesztése. 1998. 19. sz. 158–171. o.
- Vásárhelyiné dr. Perédi Katalin – Perédi József – Kővári Józsefné:* A növényolajipari termékek minőségfejlesztése. 1998. 19. sz. 79–106. o.
- Zsigmond András – Bors Ilona – Horváth Éva:* A cukoripari termékek minőségorientált kilátásai. 1998. 19. sz. 54–78. o.

Időjárás, éghajlat

- Antal Emánuel – Szesztay Károly:* A várható klímaváltozás és a környezet kölcsönhatásai. 1994. 1. sz. 8–40. o.
- Antal Emánuel – Szesztay Károly:* A várható klímaváltozás és a környezet kölcsönhatásai. 1994. 10. sz. 27–28. o.

- Cselőtei László – Szász Gábor – Kovács Géza János:* Az időjárás és a növénytermesztés. 1994. 1. sz. 50–87. o.
- Cselőtei László – Szász Gábor – Kovács Géza János:* Az időjárás és a növénytermesztés. 1994. 10. sz. 30–32. o.
- Diófási Lajos – Sélley Tamás:* Az aszály kártétele és az ellene való küzdelem a szőlőben. 1995. 11. sz. 156–167. o.
- Starosolszky Ödön:* A klímaváltozás és a hidrológia összefüggései a Kárpát-medencében. 1994. 1. sz. 41–49. o.
- Starosolszky Ödön:* A klímaváltozás és a hidrológia összefüggései a Kárpát-medencében. 1994. 10. sz. 29. o.
- Szász Gábor:* Az időjárás és a termés minősége közötti kapcsolat ökológiai aspektusai. 1998. 23. sz. 117–136. o.
- Varga-Haszonits Zoltán:* Az éghajlati változékonyság és a gazdasági növények termesztése. 1995. 11. sz. 46–78. o.

Informatika, módszertan

- Emberné Majzik Pirooska – Gerenday Ágnes – Harnos Zsolt – Keller Pintér János – Majzik Gáborné – Racskó Péter – Szalay Endre – Szenteleki Károly:* Agroökológiai integrált információs rendszer. 1995. 8. sz. 50–101. o.
- Emberné Majzik Pirooska – Gerenday Ágnes – Harnos Zsolt – Keller Pintér János – Majzik Gáborné – Racskó Péter – Szalay Endre – Szenteleki Károly:* Agroökológiai integrált információs rendszer. 1995. 10. sz. 80–81. o.
- Harnos Andrea:* Az időjárás és a növénytermesztés kapcsolatának modellezése. 1995. 11. sz. 5–45. o.
- Harnos Zsolt:* Az agrárgazdálkodást támogató informatikai és döntéstámogató rendszer. 1995. 8. sz. 3–14. o.
- Harnos Zsolt:* Az agrárgazdálkodást támogató informatikai és döntéstámogató rendszer. 1995. 10. sz. 77. o.
- Harnos Zsolt:* Az ökológiai alapú tájtermelés tervezésének módszertani eszközei. 1995. 8. sz. 15–49. o.
- Harnos Zsolt:* Az ökológiai alapú tájtermelés tervezésének módszertani eszközei. 1995. 10. sz. 78–79. o.
- Harnos Zsolt:* Informatika a minőségbiztosításban. 1999. 30. sz. 72–77. o.
- Harnos Zsolt – Szenteleki Károly:* Az informatika szerepe a minőség biztosításában. 1997. 13. sz. 77–86. o.
- Harnos Zsolt – Szenteleki Károly:* Informatika a szőlő-bor ágazat minőségbiztosításában. 1999. 28. sz. 80–89. o.
- Ladányi Márta:* Növénytermesztési modellek. 1995. 11. sz. 79–96. o.
- Racskó Péter:* Az állattenyésztési és állategészségügyi informatikai és döntéstámogató rendszer. 1995. 8. sz. 102–117. o.
- Racskó Péter:* Az állattenyésztési és állategészségügyi informatikai és döntéstámogató rendszer. 1995. 10. sz. 82–83. o.
- Varsányi Iván:* Az élelmiszerösszetéltel adatbankok létrehozásának valamint a nemzetközi információs hálózat kiépítésének háttere. 1995. 8. sz. 118–132. o.
- Varsányi Iván:* Az élelmiszerösszetéltel adatbankok létrehozásának valamint a nemzetközi információs hálózat kiépítésének háttere. 1995. 10. sz. 84–85. o.

Kertészeti ágazatok

- Bernáth Jenő*: A magyar kertészeti kutatás helyzete és perspektívái a minőségi kihívások tükrében. 1998. 26. sz. 5–11. o.
- Bernáth Jenő*: A tájtermesztés regionalitása és a minőség kapcsolata a gyógynövény ágazatban. 1998. 26. sz. 58–63. o.
- Bernáth Jenő – Zámboriné Németh Éva*: A gyógynövényágazat minőségi fejlesztésének irányai. 1997. 15. sz. 72–81. o.
- Bernáth Jenő – Jámborné Benczúr Erzsébet*: A minőségi fejlődés új kihívásai a dísz- és gyógynövény ágazatokban. 1998. 26. sz. 35–40. o.
- Botos Ernő*: Az eredetvédelem szerepe a magyar szőlő- és borszektor minőségi fejlesztésében. 1999. 28. sz. 61–72. o.
- Botos Ernő – Herpay Balázs*: A hazai minőségi szőlő- és bortermelés GATT-WTO konform támogatási rendszere. 1997. 15. sz. 82–99. o.
- Bubán Tamás*: Az integrált gyümölcsstermesztés megvalósítása Magyarországon. 1998. 25. sz. 25–35. o.
- Diófási Lajos*: A szőlő- és borágazat minőségi fejlesztésének stratégiája. 1999. 30. sz. 32–37. o.
- Diófási Lajos*: A termőhely, a fajta és a technológiai váltás feladatai a domb- és hegyvidéki minőségi borszőlő-termesztésben. 1999. 28. sz. 11–36. o.
- Ducsay Tamás – Szalka Péter – Jeszenszky Zoltánné*: A hatósági borellenőrzés várható fejlesztési irányai. 1999. 28. sz. 98–101. o.
- Eperjesi Imre*: A fehérbor készítési technológia fejlesztése Magyarországon. 1999. 28. sz. 37–46. o.
- Füstös Zsuzsanna – Kollár Gábor*: A minőségbiztosítás alkalmazásának sajátosságai a kertészeti árutermelésben. 1998. 26. sz. 82–84. o.
- Gerzson László – Prekuta János*: A hazai évelődísznövény-termesztés új kitörési lehetősége a tetőkert. 1998. 26. sz. 51–53. o.
- Hajdú Edit*: A minőségi csemegezőlő termesztésének lehetőségei Magyarországon. 1999. 28. sz. 102–145. o.
- Hrotkó Károly*: Az ültetési anyag minőségi követelményeinek változásai. 1999. 29. sz. 5–14. o.
- Hunyady Miklós*: A gyümölcszaporítóanyag termesztés minősége. 1998. 25. sz. 18–24. o.
- Hunyady Miklós*: A hazai gyümölcszaporítóanyag termesztés problémái és a tennivalók. 1999. 29. sz. 15–22. o.
- Jámborné Benmczúr Erzsébet*: A dísznövényágazat helyzete és fejlesztése. 1997. 15. sz. 89–91. o.
- Jámborné Benmczúr Erzsébet – Szántó Matild – Retkes József*: A dísznövényágazat minőségi dimenziói, fejlesztési stratégiája. 1998. 26. sz. 41–47. o.
- Kerek Mária Magdolna – Nyújtó Ferenc – Erdős Zoltán*: A kajsziarack és a szilva minőségi követelményei. 1998. 25. sz. 66–78. o.
- Kiewiet Barteld P.*: Az EU növényfajta jogrendszere és intézménye. 1999. 29. sz. 59–70. o.
- Kocsis László – Bakonyi László – Bakonyi Károly*: Szőlő alanyok szerepe a minőségi szőlő-termesztésben. 1999. 29. sz. 85–99. o.
- Kollányi László*: A környezeti feltételek és a fajta szerepe a bocsós-gyümölcsűek minőségi termesztésében. 1998. 25. sz. 87–93. o.
- Kovács Tibor*: Tokaj-Hegyalja szőlőtermesztésének és borászatának fejlesztése az európai uniós tagságig. 1999. 28. sz. 90–97. o.

- Kristóf Lászlóné:* A zöldségágazat minőségének analízise. 1997. 15. sz. 4–56. o.
- Kristóf Lászlóné:* Fajta és minőség a zöldségtermesztésben. 1998. 26. sz. 12–20. o.
- Kristóf Lászlóné:* A zöldségágazat minőségi fejlesztése. 1999. 30. sz. 28–31. o.
- Láng István:* Előszó. 1999. 29. sz. 4. o.
- Lévai Péter:* A szárazvirágok termesztésének feladatai. 1998. 26. sz. 48–50. o.
- Mikulás Ildikó:* A szőlő-borágazat európai uniós csatlakozására történő felkészülés, feladataink. 1999. 28. sz. 73–79. o.
- Nyéki József – Soltész Miklós – Szabó Zoltán:* A gyümölcsminőség tényezői a csonthéjasok integrált termesztésében. 1997. 15. sz. 57–71. o.
- Nyéki József – Szabó Zoltán – Soltész Miklós:* A gyümölcs fajtahasználat tendenciái és fejlesztési távlatai. 1998. 25. sz. 11–17. o.
- Pásti György – Török Zita:* A kékszőlő feldolgozás fejlesztése a minőség jegyében. 1999. 28. sz. 47–60. o.
- Pluhár Zsuzsanna:* A minőségbiztosítás szerepe és lehetőségei természetes állományokból történő drogelőállítás esetén. 1998. 26. sz. 64–73. o.
- Retkes József:* A cserpes dísnövények és a vágottvirágok minőségi analízise. 1997. 15. sz. 107–117. o.
- Soltész Miklós:* A minőségi gyümölcsstermesztés ugrópontjai. 1998. 25. sz. 5–10. o.
- Soltész Miklós:* Gyümölcsstermesztésünk jelene és jövője. 1999. 30. sz. 100–108. o.
- Soltész Miklós – Nyéki József – Szabó Zoltán:* Gyümölcsminőség – minőségi gyümölcsstermesztés. 1998. 25. sz. 97–105. o.
- Soltész Miklós – Nyéki József – Szabó Zoltán:* A gyümölcsminőség és a termésmennyiség kapcsolata. 1998. 25. sz. 94–96. o.
- Stenhauser András:* Az üvegházi vágottvirágok és vágottzöldek minőségi analízise. 1997. 15. sz. 100–106. o.
- Szabó Tibor:* A cseresznye és a meggy gyümölcsminőségét kifejező mutatók és jellemzők. 1998. 25. sz. 79–86. o.
- Szabó Zoltán – Nyéki József:* Fajtahasználat az EU gyümölcsstermelésében. 1999. 29. sz. 50–58. o.
- Szabó Zoltán – Nyéki József – Soltész Miklós:* Az őszibarack és a nektarin minőségét meghatározó tényezők. 1998. 25. sz. 54–65. o.
- Szabó Zoltán – Soltész Miklós – Nyéki József:* A csonthéjas gyümölcsűek integrált termesztésének lehetőségei. 1998. 25. sz. 47–53. o.
- Szabó Zoltán – Nyéki József – Soltész Miklós:* Csonthéjasok termesztésének helyzete és intenzitás növelésének lehetőségei. 1998. 25. sz. 36–46. o.
- Szántó Matild:* A hazai egy- és kétnyári virágpálánta-nevelés fejlesztési lehetőségei. 1998. 26. sz. 54–57. o.
- Szendrődy Győző:* A civil társadalom és a borkultúra. 1999. 28. sz. 115–121. o.
- Szönyegi Sándor – V. Németh Mária – Kölber Mária:* A vírusmentes gyümölcscsaporítóanyag hatósági ellenőrzése. 1999. 29. sz. 29–49. o.
- Terbe István:* Káliumellátás és a minőség kapcsolata a zöldségtermesztésben. 1998. 26. sz. 21–28. o.
- Tóth Imre – Horn Endre:* A törzsszőlő hálózat, a szaporítóanyag szerepe a szőlőtermesztés minőségi fejlesztésében. 1999. 29. sz. 71–84. o.
- Urbán András – Kuzniarski Viktorné – Nyers Ágnes:* A minőségi fejlesztés stratégiája a szőlő-bor ágazatban. 1999. 28. sz. 5–10. o.
- Varga György:* A vízellátás hatása a zöldségnövények termésének minőségére. 1998. 26. sz. 29–34. o.

- Vinis Gizella – Feketéné Csikor Julianna:* A dísnövénytermesztés fajtakérdései, a nemesítés, a szabványosítás és díszfaiskolai termesztés. 1997. 15. sz. 92–99. o.
- Voigt Erzsébet – Kállay Tamásné:* A vírusmentes gyömolcscsaporítóanyag előállítás bázis ültetvényeinek létesítése és fenntartása Érden. 1999. 29. sz. 23–28. o.
- Zámboriné Németh Éva:* A minőségi drogelőállítás biológiai alapjai. 1998. 26. sz. 74–81. o.

Műszaki fejlesztés

- Barótfi István:* Az agrártermelői infrastruktúra komplex fejlesztése. 1995. 6. sz. 51–70. o.
- Barótfi István:* Az agrártermelői infrastruktúra komplex fejlesztése. 1995. 10. sz. 57–58. o.
- Hajdú József:* Minőség és technológiai fejlesztés. 1999. 30. sz. 82–99. o.
- Kocsis Károly:* Környezetbarát energiatermelés és felhasználás az agrárgazdaságban. 1995. 6. sz. 3–50. o.
- Kocsis Károly:* Környezetbarát energiatermelés és felhasználás az agrárgazdaságban. 1995. 10. sz. 55–56. o.
- Tóth László:* A gépesítés fejlesztésének irányai a mezőgazdaságban. 1995. 6. sz. 72–99. o.
- Tóth László:* A gépesítés fejlesztésének irányai a mezőgazdaságban. 1995. 10. sz. 59. o.

Szántóföldi növénytermelés

- Ángyán József:* Környezetbarát gazdálkodási rendszer- és struktúraváltás a szántóföldi növénytermesztésben. 1995. 7. sz. 36–79. o.
- Balázs Klára – Gáborjányi Richard – Klement Zoltán – Kozár Ferenc – Kőmives Tamás – Solymosi Péter – Vajna László:* Minőségorientált növényvédelmi rendszerek a szántóföldi növénytermesztésben. 1998. 24. sz. 28–44. o.
- Barcsák Zoltán:* A gyepgazdálkodás. 1994. 4. sz. 68–81. o.
- Barcsák Zoltán:* A gyepgazdálkodás. 1995. 10. sz. 51–52. o.
- Bedő Zoltán – Láng László:* A minőségbúza termesztése és nemesítése. 1997. 14. sz. 8–28. o.
- Bocz Ernő:* A debreceni minőségi kutatások története. 1998. 23. sz. 104–116. o.
- Füleky György:* A talajvédelem és a környezetkímélő tápanyaggazdálkodás. 1994. 1. sz. 88–99. o.
- Füleky György:* A talajvédelem és a környezetkímélő tápanyaggazdálkodás. 1994. 10. sz. 40. o.
- Gáborjányi Richard:* A korszerű növényvédelem fejlődési irányai. 1994. 3. sz. 70–83. o.
- Gáborjányi Richard:* A korszerű növényvédelem fejlődési irányai. 1994. 10. sz. 41–42. o.
- Győri Zoltán:* A növényi termékek minősítése a hazai és a külföldi gyakorlat tükrében. 1998. 23. sz. 88–103. o.
- Kismányoky Tamás:* Növénytermelési rendszerek. 1995. 11. sz. 97–107. o.
- Loch Jakab:* A növényminőség kutatások helyzete és eredményei a Debreceni Agrártudományi Egyetemen. 1998. 23. sz. 15–18. o.
- Menyhért Zoltán – Lehota József:* A minőségi, a környezeti és piaci követelmények a szántóföldi növénytermesztésben. 1994. 3. sz. 19–41. o.
- Menyhért Zoltán – Lehota József:* A minőségi, a környezeti és piaci követelmények a szántóföldi növénytermesztésben. 1994. 10. sz. 35–36. o.

- Németh Tamás*: A tápanyagellátás hatása a szántóföldi növények minőségére és környezetére. 1997. 14. sz. 49–89. o.
- Petrasovits Imre*: Az integrált vízgazdálkodás és a földhasználat jövőképe. 1994. 3. sz. 42–69. o.
- Petrasovits Imre*: Az integrált vízgazdálkodás és a földhasználat jövőképe. 1994. 10. sz. 33–34. o.
- Ruzsányi László – Lesznyák Mátýásné*: A minőség javításának lehetőségei, feltételei a cukorrépa termesztésben. 1998. 23. 69–87. o.
- Pepó Péter*: A gabonatermesztési technológiák és a minőség. 1998. 23. sz. 40–68. o.

Táplálkozás, élelmiszerhigiéna, állategészségügy

- Biró György*: A táplálkozás minőségi jellemzése és összefüggése az élelmiszerek minőségével. 1997. 13. sz. 108–124. o.
- Mesterházy Ákos*: A szántóföldi növények mikrobiális patogén szennyezésének csökkentése, humán egészségügyi minőségének javítása. 1997. 14. sz. 90–130. o.
- Mészáros János – Tanyi János*: A fertőző betegségek elleni védekezés hatékonyságának fokozása. 1998. 20. sz. 41–53. o.
- Nagy Béla – Bitay Zoltán – Kovács Sándor – Szigeti Gábor – Edel Willem – Wray Clifford*: A baromfi salmonellosis elleni védekezés integrált minőségbiztosítási rendszere. 1998. 20. sz. 54–62. o.
- Sas Barnabás*: Az Európai Unió élelmiszer-ellenőrzése, szabályozása és a kapcsolódó hazai teendők. 1998. 22. sz. 74–80. o.
- Sulyok Gábor – Kovács Sándor – Sas Barnabás*: A baromfi exportüzemek élelmiszerhigiéniai EU harmonizációja. 1998. 20. sz. 34–40. o.

**AZ MTA ÖSSZEFOGÁSÁBAN KUTATOTT TÉMAKÖRÖKBEN
MEGJELENT KÖNYVEK JEGYZÉKE**

1. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón

(Szerk.: Láng István – Csete László – Harnos Zsolt)

Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1983.

Közreműködő szakértők és szerzők:

Antal József, Balázs Sándor, Besenyei Lajos, Bocz Ernő, Borhidi Attila, Csete László, Czelnai Rudolf, Debreczeni Béla, Enyedi György, Farkas Gyula, Góczán László, Györffy Béla, Gyuró Ferenc, Harnos Zsolt, Jakucs Pál, Járó Zoltán, Kapás Sándor, Keresztesi Béla, Kovács Géza, Kovács György, Kovács Imre, Kovács Kálmán, Kozma Pál, Kurnik Ernő, Ladunga István, Láng Géza, Láng István, Lőrincz József, Lukács Béla, Major Pál, Márton János, Mészáros Sándor, Molnár Béla, Nagy Bálint, Paksy Gábor, Pécsi Márton, Petrasovits Imre, Rabár Ferenc, Rajki Sándor, Rakonczay Zoltán, Simonné Kiss Ilbolya, Stefanovits Pál, Szabolcs István, Szalai Sándor, Szániel Imre, Szász Gábor, Szilárd György, Szitó Balázs, Tétényi Péter, Tomcsányi Pál, Várallyay György, Varga-Haszonits Zoltán, Vályi István, Varga János, Vigh Péter, Vinczeffy Imre, V. Nagy Imre.

Tartalom

Előszó	5
A felmérés és az eredmények összefoglaló ismertetése	7
1. A felmérés tömör áttekintése	7
Magyarország területének minősítése az agroökológiai tényezők szerint	9
A növénytermelés hozamprognózisai	11
A társadalmi elvárásokhoz és célokhoz igazodó vetésszerkezetek meghatározása	13
2. Fontosabb megállapítások összefoglalása	14
3. A további lehetőségek és feladatok	22
Magyarország agroökológiai jellemzése	26
1. Az agroökológiai körzetek	26
A körzetek kialakításának célja és elve	26
Az agroökológiai körzetek jellemzése	28
2. A talajtani felmérés összegezése	33
3. A meteorológiai felmérés ismertetése	37
A vegetációs periódus alatti káros meteorológiai hatások becslése	40
Az éghajlati potenciál	42
4. A hidrológiai felmérés	43
Az öntözés várható alakulása	43

A talajvízállás felmérése	49
A belvízhelyzet körzetenkénti alakulása	52
5. A melioráció prognózisa	54
A meliorációs felmérés alapelvei	55
A földfelszíni melioráció becslése	56
6. A termőterület csökkentése	59
7. Környezet- és természetvédelem	61
A környezetvédelem	62
A természetvédelem	62
A növénytermelés prognózisa	64
1. Szántóföldi növénytermelés	65
A szakértői prognózis	67
A szántóföldi növények genetikai prognózisa	69
A klimatikus évtípusok jellemzése	71
A termésátlagok múltbeli alakulása	73
A szántóföldi növénytermelés prognózisa	80
A termésátlagok fejlődési pályáinak vizsgálata	93
A prognózisok értékelése	96
2. A rét-legelő prognózisa	101
3. A zöldségtermelés prognózisa	106
4. A gyümölcsstermelés prognózisa	120
5. A szőlőtermelés prognózisa	130
A termésbiztonság és a hozamok növelésének ökológiai feltételei	132
Az ország szőlőtermelő tájainak ökológiai jellemzése	134
Biológiai tényezők	137
Az ökológiai potenciált növelő meliorációs telepítési és technikai tényezők	139
A fejlesztés alternatívái, javaslatok a kiemelten kezelt területre	140
6. Az erdőgazdálkodás várható alakulása	144
Az erdők ökológiai, termőhelyi adottságai	144
Az erdők mai állapota	146
Az erdőterület fejlesztése	147
Az erdők több célú hasznosítása	149
7. A gyógynövénytermelés alakulása	151
A társadalmi szükségletek prognózisa	154
1. A lakosság fogyasztásának várható alakulása	154
2. A mezőgazdaság termelői fogyasztása	159
3. A külkereskedelmi igények távlatai	161
4. A társadalmi szükségletek változatai	165
A szántóföldi növénytermelés szerkezetének optimalizálása	169
1. A matematikai modell	171
2. A modell adatbázisa és feltételrendszere	174
Területi korlátok	174
Termékszerkezet	175
A termelés struktúráját szabályozó feltételek	176
Meliorációs feltételek	178

A cél megfogalmazása	179
3. A növénytermelés szerkezetének optimalizálására végzett számítások értékelése ..	180
A növénytermelés országos hozama	187
A növénytermelés országos szerkezete	190
A termelési szerkezet területi sajátosságai	195
4. A szántóföldi növénytermelés klímaérzékenysége	215
5. Tápanyag- és műtrágyaprognózis	219
Az agroökológiai potenciál hasznosításának társadalmi és gazdasági lehetőségei, feltételei	225
1. Az emberi tényező és a gazdasági feltételek növekvő szerepe	226
2. A területi fejlesztés	227
3. Az agroökológiai potenciál hasznosíthatósága a vállalatokban, üzemekben	228
4. A korlátozó tényezők hatásainak mérséklése	229
5. A növényi produkció sokoldalú hasznosítása	230
6. Az adatbázis és az alkalmazott módszer hasznosítása	232
Utószó	233
A felmérésben és prognózisban részt vevő intézmények	234

2. A biomassza hasznosításának lehetőségei

(Szerk.: Láng István – Harnos Zsolt – Csete László – Kralovánszky U. Pál – Tökés Ottó)
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1985.

Közreműködő szakértők és szerzők:

Antoni Ferenc, Bagi József, Bana Sándor, Bánházi Gyula, Biacs Péter, Csáki Csaba, Csendes Béla, Csete László, Csizmadia Ernő, Dobó László, Dull Ferenc, Fái János, Farkas Gyula, Fazekas Béla, Gábor András, Gyimesi János, Hardy Gyula, Harnos Zsolt, Héger József, Hollósi János, Horn Artúr, Izinger Pál, Jakucs Pál, Kapás Sándor, Keresztesi Béla, Keserű János, Kincses Gyula, Király Zoltán, Korányi György, Kovács Géza, Kozma Ferenc, Kozma Pál, Kószegi László, Kralovánszky U. Pál, Kurnik Ernő, Láng István, Lévai Tamás, Madas András, Magyar Gábor, Márton János, Nagy Árpád, Nagy Bálint, Németh Lajos, Nyers József, Pálovics Béláné, Papp Ferenc, Papp István, Papp László, Rabár Ferenc, Sipos Aladár, Solymos Rezső, Stefanovits Pál, Szabolcsi Gertrúd, Szabó György, Szalai Sándor, Tétényi Péter, Tigyi József, Tóth János, Tökés Ottó, Vályi István, Varsányi Iván, Vass Károly, Vass István.

Tartalom

Bevezetés	5
1. A biomasszaprogram felépítése, módszertana	13
1.1. A modellrendszer elvi alapjai	14
1.2. A modellrendszer felépítése	16
1.3. A matematikai modell	25

2. A biomassza-termelés, -hasznosítás jelenlegi helyzete	29
2.1. Elsődleges biomassza	30
2.1.1. Növénytermesztés	31
2.1.2. A növényi eredetű szerves anyagok felhasználása	35
2.1.3. Erdő	43
2.2. Másodlagos biomassza – állattenyésztés	50
2.2.1. A másodlagos biomassza hasznosítása	56
2.3. A harmadlagos biomassza	57
2.3.1. Az élelmiszeripari transzformáció	57
2.3.2. A könnyűipar ágazatai	60
2.3.3. A fapelhasználás összetétele és forrásai	60
2.4. Anyag- és energiaforgalom	64
2.4.1. A biomassza-termelés és -transzformáció folyamata	64
2.4.2. A szén ciklus	66
2.4.3. A nitrogén ciklus törvényszerűségei	69
2.4.4. A foszfor- és kálium ciklus törvényszerűségei	72
2.4.5. Az NPK-tápanyagellátás a hazai növénytermesztésben	73
2.4.6. Energiaforgalom	79
3. A biomassza termelésének fejlesztési lehetőségei	84
3.1. A növénytermesztés és az erdőgazdálkodás fejlesztési lehetőségei	85
3.2. Az állattenyésztés fejlesztésének lehetőségei	88
3.2.1. Fejlesztési alternatívák	92
3.2.2. Az állatállomány-összetétel változásának következményei	94
3.2.3. Az állati termékek termelésének hatékonysága	101
3.2.4. Az állatállomány szerkezeti módosításának realitása	103
4. A biomassza hasznosításának lehetőségei	108
4.1. Az élelmiszer-fogyasztás alakulása	108
4.1.1. Az élelmiszeripar fejlesztése	109
4.1.2. Az élelmiszeripari melléktermékek hasznosítása	121
4.2. Takarmányozás	126
4.2.1. A takarmányozás hatékonyságának javulása	130
4.2.2. A takarmányok tartósítása, tárolása	131
4.2.3. A takarmányozás hatékonyságát befolyásoló tényezők az egyes állatfajoknál	34
4.3. A biomassza energetikai hasznosítása	140
4.3.1. Tüzelés	141
4.3.2. Brikettálás	144
4.3.3. Pirolizálás, gázosítás	145
4.3.4. Biogáz-előállítás	145
4.4. A biomassza vegyipari transzformációja és a vegyipari termékek hasznosítása	149
4.4.1. Biomassza alapanyagú vegyipari termékek előállítása és ipari hasznosítása	150
4.4.2. A biomassza alapú metanol- és etanoltermelés gazdaságossági feltételei	157
4.4.3. Az alkoholok és a növényi olajok hajtóanyagként való felhasználása	158
4.4.4. A biomassza hasznosítás lehetőségei az aroma-, a gyógyszer- és a háztartás-vegyipar területén	167

4.5. A fakitermelés és -felhasználás alakulása	171
4.5.1. A fakitermelés várható alakulása	171
4.5.2. A faszükséglet várható alakulása	173
4.5.3. Az erdei dendromassza hasznosításának lehetőségei	174
4.5.4. Az erdei denromassza jobb hasznosításának feltételei	179
5. A biomassza-termelés és -hasznosítás ipari, biotechnológiai és környezetvédelmi feltételei	181
5.1. A hazai termelőeszköz-gyártó ipar feladatai a biomassza termelés és -hasznosítás rendszerében	181
5.1.1. Fő irányok a biomassza-termelés és -feldolgozás ipari háttérének fejlesztésében	183
5.1.2. A fejlesztés főbb területei a VII. ötéves tervben (1986–1990)	189
5.2. Biotechnológia	190
5.2.1. A hazai helyzet áttekintése	190
5.2.2. A biotechnológia fejlesztésének irányai	191
5.2.3. A biomassza hasznosítása biotechnológiai eljárásokkal	197
5.3. A biomassza-termelés és -hasznosítás környezeti problémái	199
5.3.1. A talajhoz igazodó műtrágyázás szükségessége	199
5.3.2. A növényvédelem és a talaj kapcsolata	202
5.3.3. Mezőgazdasági, kommunális, ipari eredetű szerves anyagok és termékek hasznosítási lehetőségei	203
5.3.4. A felszín közeli vizek minőségi problémái	205
5.3.5. Kommunális hulladékok	207
6. A biomassza-termelés és -hasznosítás alakulására végzett számítások összefoglalása	210
6.1. A modell feltételei	210
6.1.1. A számítások eredményei – I. variáns	212
6.1.2. A II. varián értékelése	222
6.1.3. A III. variáns értékelése	226
7. Fontosabb megállapítások, javaslatok	233

3. Az alkalmazkodó mezőgazdaság
(Szerk.: Csete László – Láng István)
AGRICOLA Kiadó, Budapest, 1992.

Tartalom

Bevezetés (Láng István)	6
I. Az alkalmazkodás felfogása (Láng István – Csete László)	8
1. Az alkalmazkodás szükségessége	8
2. Mi az alkalmazkodás?	9

II. A módszertani kutatások eredményei (Harnos Zsolt)	12
1. Az alkalmazkodó mezőgazdaság módszertani meghatározása	12
A területi és üzemi marginalitás	13
A termőképesség mérése, értékelése	15
2. Az alkalmazkodó mezőgazdaság rendszere	16
3. Az alkalmazkodás és az időjárás	17
A hőmérséklet és csapadék eloszlásának vizsgálata	18
A termés – időjárás kapcsolata	20
Termésátlag-növekedési pályák	21
A kockázat elemzése és mérése	22
Az adaptív termés előrejelzése	24
Az adatok homogenizálása, területi csoportosítás	25
A megfigyelések osztályozása diszkriminancia-analízissel	26
A többváltozós lineáris regresszió	28
Irodalom	43
III. Talajviszonyok és az alkalmazkodás (Várallyay György)	45
1. Magyarország talajai és érzékenységük	45
Adatbázis és információanyag	45
Magyarország talajai	47
Talajaink termékenysége és környezeti érzékenysége	48
2. A talaj vízgazdálkodása, mint az alkalmazkodás tényezője	52
Víz, mint fejlesztéskorlátozó tényező	52
Talajtermékenység és a talaj vízgazdálkodása	53
3. Növényi tápanyagellátás, mint az alkalmazkodás tényezője	57
A műtrágyázás előnyös és hátrányos következményei	57
4. Talajszennyezés mint kockázati tényező	61
5. Talajhasználat és az alkalmazkodás néhány összefüggése	62
Másmintás földhasználat	62
Művelési ágak	63
Vetésszerkezet	63
Területszervezés, agrotechnika	64
Táblázatok	67
Ábrák	72
Irodalom	77
IV. Az alkalmazkodó mezőgazdaság fejlesztésének anyagi, műszaki és technológiai lehetőségei (Dimény Imre – Hajdú József)	81
1. Az anyag- és energiaellátottság hatása az alkalmazkodásra	81
A szaporítóanyag-felhasználás	82
Növényvédőszer-felhasználás	83
A tápanyaggazdálkodás	83
A takarmánygazdálkodás	84
Az energiagazdálkodás	85
2. A technika és technológia szerepe	85
Lehetőségek, feladatok	86
3. Az alkalmazkodás infrastruktúrális követelményei	88
4. Építési és építészeti megoldások	90

Az istállószerkezetek átalakítása	91
Ábrák	92
Táblázatok	103
V. Az alkalmazkodás társadalmi, politikai és gazdasági vonatkozásai (Csete László – Barcza Gabriella)	
1. Az alkalmazkodást segítő agrárpolitika	104
A kiindulási helyzet	105
Mihez kell alkalmazkodni?	110
Nemzetközi agrárpolitikai tanulságok	111
A versenyképességet erősítő agrárpolitika	115
Az alkalmazkodó agrárpolitika célrendszere	119
2. A tulajdon-, a birtok- és az üzemi viszonyok	124
A tulajdonrendezés és a piacgazdaság előfeltétele	124
Magángazdaságok Magyarországon	126
A magántulajdonosok szövetkezése	129
A termelőszövetkezetek átalakulása	133
Az állami gazdaságok	136
Az erdőgazdaságok	138
3. A szociális piacgazdaság és az alkalmazkodás	140
A szociális piacgazdaság lényege	140
A szociális piacgazdaság kialakulása	141
A szabályozás és tervezés	142
A piaci szereplők és szerveződése	143
A vállalkozásra készülés	145
A piacgazdaság szervezetei	146
A piaci versenyről	147
Az agrárpiaci sajátosságok	148
4. Ökonómia vagy ökológia?	152
Az ökológiai orientációjú piacgazdaság	154
Néhány tanulságos példa	155
A hazai alkalmazkodó rendszer erősítése	158
5. A mezőgazdasági adottságok komparatív vizsgálata és az alkalmazkodás	160
A komparatív vizsgálatokról	160
A felszíni és talajhasznosítási viszonyok	162
Kedvező a földellátottság	163
A termőtalaj, az éghajlat és a vízellátottság	165
A termelési feltételek és színvonal egybevetése	168
A piaci esélyek egybevetése	174
A társadalmi és gazdasági jellegű komparatív problémák	176
Néhány tanulság	181
6. Az alkalmazkodás kulcsa a szakember	184
Az oktatás és képzés	184
A kutatás	186
Az agrárértelmiség szerepe	187
A falusi települések, tanyák	188
A falusi népesség	189
Ábrák	190

Táblázatok	198
Forrásmunkák jegyzéke	204
Zárszó (Láng István)	208

4. Minőség és agrárstratégia

(Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián.)

Sorozat szerkesztő: Glatz Ferenc, kötetszerkesztő: Láng István – Csete László)
Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 1999.

Tartalom

Bevezetés	11
------------------------	-----------

I. rész

A MINŐSÉG MINT KITÖRÉSI LEHETŐSÉG

<i>Csete László – Láng István: Az agrárstratégia minőségi dimenziói</i>	15
<i>Molnárné Stadler Katalin – Sembery Péter: Minőségbiztosítás a mezőgazdaságban</i>	39
<i>Lehota József – Lakner Zoltán – Tomcsányi Pál: Fogyasztás, marketing és minőség az agrárgazdaságban</i>	59
<i>Harnos Zsolt: Az informatika szerepe a minőségbiztosításban</i>	83
<i>Szendrő Péter: A minőségi agrárfejlődés humán infrastruktúrája</i>	97

II. rész

MINŐSÉGI NÖVÉNYTERMELÉS

<i>Bedő Zoltán – Jolánkai Márton – Ruzsányi László: A szántóföldi növénytermelés minőségi orientációja</i>	117
<i>Soltész Miklós – Nyéki József – Szabó Zoltán: A gyümölcságazat minőségi fejlesztésének stratégiai céljai</i>	143
<i>Urbán András: A szőlőtermesztési és borászati ágazat minőségi fejlesztési stratégiája</i>	155
<i>Kristóf Lászlóné: A zöldségágazat minőségi fejlesztésének stratégiája</i>	165
<i>Jámborné Benczúr Erzsébet – Szántó Matild – Retkes József: A disznóvagyazat minőségi fejlesztésének stratégiája</i>	175
<i>Bernáth Jenő – Zámboriné Német Éva: A gyógy- és illóolajos növényágazat minőségi dimenziói, fejlesztésének stratégiája</i>	185
<i>Solymos Rezső: Az erdőgazdaság és -hasznosítás minőségi nyomvonalai</i>	201

III. rész

ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS MINŐSÉG

<i>Kovács József: A sertésenyésztés és hústermelés minőségi irányváltása</i>	223
--	-----

<i>Szalay István</i> : A baromfiágazat fejlődésének minőségi ugrópontjai	237
<i>Szabó Ferenc – Márton István</i> : A marhahústermelés minőségi fejlesztése	255
<i>Kukovics Sándor – Jávor András – Nábrádi András</i> : Juhászat a minőségi átalakulás útján	271

IV. rész

ÉLELMISZERMINŐSÉG – MINŐSÉGI ÉLELMISZERIPAR

<i>Fehér István – Bánáti Diána</i> : Minőségpolitika az élelmiszeriparban és az EU csatlakozás	303
<i>Keleti Emil – Rácz Endre</i> : Élelmiszer-minőség és minőségpolitika	313
<i>Biacs Péter – Váradi Mária</i> : Minőség-ellenőrzés és minőségbiztosítás az élelmiszeripari ágazatokban	333
<i>Biró György</i> : Az élelmiszerek minőségének összefüggése a táplálkozás minőségének jellemzőivel	351
<i>Uzonyi Györgyné</i> : Az élelmiszer-fogyasztók védelme az Európai Unióban	367
Summaries	381
A kötet szerzői	393
A kötet lektorai	395

V. rész

FÜGGELÉK

Az agrárium helyzete és jövője. A minőség dimenziói a magyarországi agrárgazdaságban c. kutatási program tanulmányainak jegyzéke	399
Az agrárium helyzete és jövője. A minőség dimenziói a magyarországi agrárgazdaságban „AGRO-QUALITÁS 21” c. program tudományos tanácskozásainak jegyzéke ..	407



E SZÁMUNK SZERZŐI

- Anda Angéla**, a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Meteorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel.: 83/311-290/149 mellék, Fax: 83/311-233, E-mail: anda-a@georgikon.hu)
- Csete László**, c. egyetemi tanár, az „Agro-21” Kutatási Programiroda vezetője (1061 Budapest, Andrásy út 23., Tel./Fax: 342-7571, E-mail: budcentre@ella.hu)
- Harnos Noémi**, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete tudományos főmunkatársa (2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2., Tel.: 22/569-508, Fax: 22-460-213, 06/30-256-0072, E-mail: noemi@mail.mgki.hu)
- Ivány Károly**, a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Genetika és Növénynevelési Tanszék egyetemi docense, tanszékvezető (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel.: 83/311-290/289 mellék, Fax: 83/311-233, E-mail: fgt@georgikon.hu)
- Jolánkai Márton**, a SZIE Növénytermesztési Intézet egyetemi tanára, intézetigazgató (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel: 28/522-067, Fax: 28/410-804, E-mail: mjolankai@fau.gau.hu)
- Kovács Alfréd**, a SZIE Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar Szarvasmarha és Juhtenyésztési Tanszék egyetemi docense (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28/522-000/1637 mellék, Fax: 28/410-804, E-mail: kovacs@fau.gau.hu)
- Láng István**, akadémikus, a kutatási projekt vezetője, Magyar Tudományos Akadémia (1051 Budapest, Arany János u. 1., Tel.: 269-2656, Fax: 269-2655, E-mail: ilang @ office.mta.hu)
- Szabó Ferenc**, a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Állattenyésztési Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető, dékán (8360 Keszthely, Deák F. u. 16., Tel.: 83/312-330/106 mellék, Fax: 83/315-105, E-mail: szf@georgikon.hu)
- Szentpétery Zsolt**, a SZIE Gépészmérnöki Kar Műszaki Gazdaságtani Tanszék egyetemi docense (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28/522-000/1544 mellék, Fax: 28/410-804, E-mail: szentpet.mugt@mgk.gau.hu)
- Szöllősi Gergely**, a SZIE Növénytermesztési Intézet PhD hallgatója (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1., Tel.: 28/522-067, Fax: 28/410-804, E-mail: lee@freemail.hu)
- Varga-Haszonits Zoltán**, a NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, professzor emeritus (9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2., Tel.: 292-2101, E-mail: vargahz@axelero.hu)