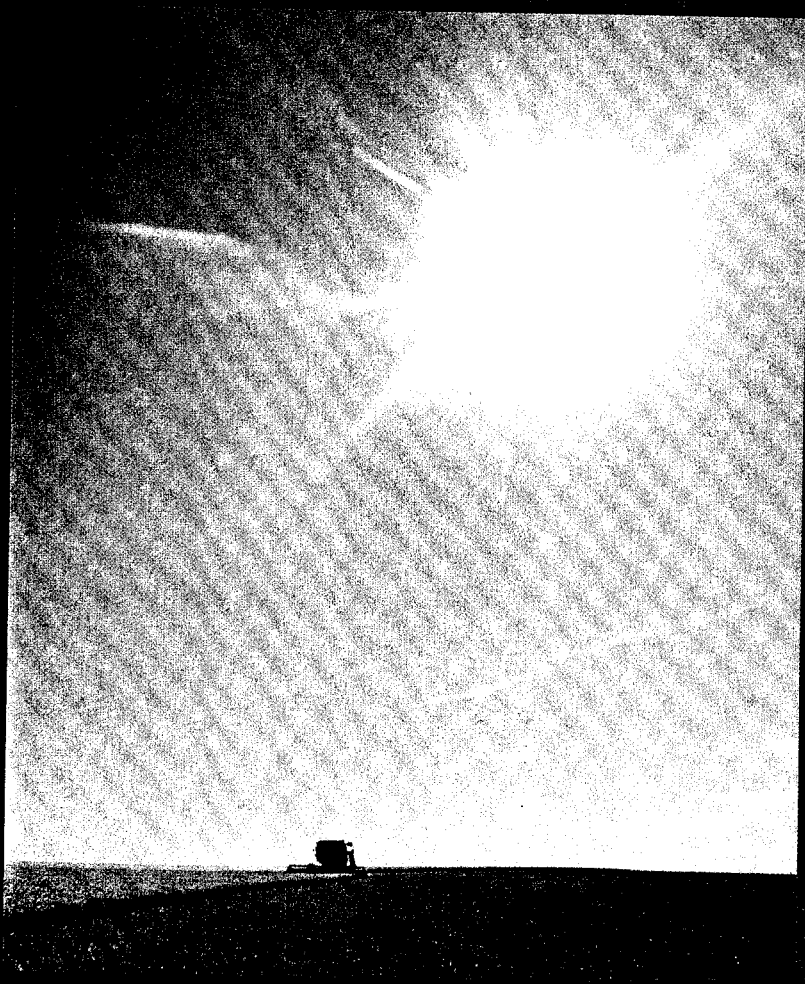


A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok

A VAHAVA jelentés



Szerkesztette:
Láng István
Csete László
Jolánkai Márton

Szaktudás Kiadó Ház

- Várallyay Gy. (2004): Prognosztizált klímaváltozások hatása a talajok vízraktározására. Szakértői tanulmány, kézirat.
- Várallyay Gy. (2004): Talaj az agroökoszisztémák alapeleme. „AGRO-21” Füzetek, 37. sz., 33-49. o.
- Vermes L. (2006): A Nemzeti Aszály Stratégia. „AGRO-21” Füzetek, 48. sz. 30-33. o.
- Vital Signs 2005. W. W. Norton and Company New York, London, 2005. 139. o.
- Zöld A. (2006): Épületszektor, épületek. „AGRO-21” Füzetek, 48. sz. 39-47. o.

2. A VAHAVA projekt keretében készült szakértői tanulmányok jegyzéke

- Anda Angéla*: A globális felmelegedés hatása a gazdasági növényekre.
- Antal László*: A társadalmi válasz lehetőségei a kánikulára és az egészséget veszélyeztető napsugárzásra.
- Balázs Sándor és munkatársai*: A globális klímaváltozással összefüggő hazai kutatások és az arra adandó válaszok a zöldségtermesztésben
- Barina Zoltán*: Magyarország flórájának és vegetációjának változásai a globális klímaváltozás tükrében.
- Bartholy Judit – Pongrácz Rita*: A napi csapadék extrém indexeinek globális és a Kárpát-medencére számított tendenciái a XX. században.
- Bartholy Judit – Pongrácz Rita*: A napi hőmérsékletek extrém indexeinek globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. és XXI. században.
- Bernáth Jenő – Z.-né Németh Éva*: A globális klímaváltozás hatása a gyógy- és aromanövények produkciójára, javaslatok a további intézkedésekre.
- Birkás Márta – Gyuricza Csaba*: Az aszály és belvízkár veszélyeztetette területek talajhasználati problémái.
- Bódis László – Sziebert Dénes*: Az időjárási tényezők hatása egyes szántóföldi növények fajtaválasztékára. 1971-2004.
- Borhidi Attila*: Magyarország éghajlati mutatóinak ökológiai értékelése a klímaváltozás tükrében.
- Botos Ernő – Hajdu Edit*: A globális klímaváltozás hatása a szőlő- és borszektorra.
- Bukovics István*: A klímaváltozás lehetséges hatásainak lakosság-(katasztrófa)-védelmi összefüggései.
- Debreceni Béláné*: Az időjárás éves változásainak hatása a trágyázási tartam kísérletek eredményeire.
- Dezsényi Zoltán*: A mezőgazdaságot érintő elemi károk tényezői, hatásai és a védekezés lehetőségei.
- Dezsényi Zoltán*: Az elemi károk biztosítási vonzatai Magyarországon /tényfeltáró áttekintés – hazai helyzetkép.
- Domonkos Péter*: Éghajlati idősorok homogenizálása.
- Dudits Dénes (szerk.)*: Szárazságtűrésre való nemesítés további lehetőségei a búzánál.

- Faragó Sándor*: A klímaváltozás valószínűsíthető hatásai a hazai vadgazdálkodásra.
- Fekete Gábor – Tuba Zoltán*: Természetes életközösségek, populációk tűrőképessége, illetve válaszáda klímaváltozás esetén.
- Gáborjányi Richárd és munkatársai*: A globális éghajlatváltozás várható hatásai a növényvédelemben.
- Gyurác Zsolt*: Madárvonulás és a klímaváltozás kapcsolata.
- Harnos Zsolt*: A klímaváltozás és annak a növénytermesztésre gyakorolt hatása.
- Jolánkai Márton*: A Dunai Alföld.
- Joó István*: A magyarországi vertikális felszínmozgások vizsgálata eredményeinek összefoglaló bemutatása, elemzése és a mozgások hosszabb távú mezőgazdálkodási aspektusai.
- Kerényi Attila – Lóki József*: A talajerózió és a vízerózió jellegének és mértékének lehetséges változásai a megváltozott klíma hatására.
- Késmárki István és munkatársai*: Dunántúl északi része.
- Kismányoky Tamás*: Dunántúl középső és déli része.
- Kovács Zoltán*: A globális klímaváltozás hatása a magyarországi dísznövénytermesztésre és felhasználásra.
- Kőrösiné Molnár Andrea és munkatársai*: A madarak hőtűrő képességének javítása és a hőstressz csökkentésének lehetőségei a baromfitartásban.
- Magyari Enikő*: Klíma- és vegetációváltozás a Kárpát-medencében az elmúlt 11 500 évben.
- Mátyás Csaba – Führer Ernő /szerk./*: A klímabizonytalanság hatása az erdőtakaróra és az erdőgazdálkodásra.
- Molnár Sándor*: Az üvegházhatású gázok hazai kibocsátásának vizsgálata ENPEP modell segítségével.
- Móroczné Cecei Katalin*: Klímaváltozás és a kritikus infrastruktúra kapcsolata.
- Neményi Miklós*: A valószínűsíthető klímaváltozás agrárműszaki vonatkozásai.
- Nováky Béla*: Az éghajlatváltozás hatása a felszíni és felszín alatti vizekre.
- Pálvölgyi Tamás*: Stratégiai környezeti vizsgálatok klíma elemei.
- Pepó Péter*: A globális klímaváltozás hatása a szántóföldi növénytermesztésre és javaslatok a további intézkedésekre. Tiszántúl.
- Rakonczai János – Kovács Ferenc*: A szárazodási folyamat területi és időbeli változásainak vizsgálata az Alföldön.
- Ronkay László*: Jelenkori faunaváltozások a Kárpát-medence belső területein: tények, jelenségek és értékelhetőségük. /lepkék, elsősorban Macroheterocera/
- Schubert András*: A „klímaváltozás – hatás – válaszadás” téma szakirodalmának elemzése.
- Sweitzer Ferenc*: Holocén éghajlatváltozások földtani és geomorfológiai vonatkozásai a Kárpát-medence belsejében.
- Soltész Miklós – Nyéki József – Szabó Zoltán*: A gyümölcsstermesztés első reagálási a globális klímaváltozásra és várható hatásaira.
- Solymosi Péter*: A klímaváltozás szerepének vizsgálata az új adventív növényfajok

betelepedésében és egyes termofil gyomfajok széles körű magyarországi térhódításában.

Szabó József: A tömegmozgások lehetséges változásai és hatásai klímaváltozás esetén.

Szabó Lajos és munkatársai: Észak-Magyarország.

Szalay István: A szélsőséges időjárási események hatása a baromfitenyésztésre.

Szirmai Viktória: A globális klímaváltozás társadalmi összefüggései.

Szlávik János: A klímaváltozás gazdasági összefüggései.

Várallyay György: Prognosztizált klímaváltozások hatása a talajok vízháztartására.

Varga-Haszonits Zoltán: Az éghajlatváltozás hatása a növénytermelésre.

Varga Zoltán: A globális klímaváltozás életföldrajzi hatásai és a természetvédelem.

Vass Gyula: A klímaváltozás lehetséges befolyása az ipari balesetek kockázatára.

Veisz Ottó – Bencze Szilvia: Gabonafélék abiotikus stressztűrése és a globális klímaváltozás.

Veisz Ottó: Kalászosok stressztűrő képességének vizsgálata.

3. Az „AGRO-21” Füzetekben a klímaváltozás témakörében megjelent tanulmányok jegyzéke

Éghajlat, időjárás

Bartholy Judit: A globális éghajlatváltozás valószínűsíthető klimatikus következményei Magyarországon. 48. sz.

Bartholy Judit – Pongrácz Rita: Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. 40. sz.

Bartholy Judit – Pongrácz Rita – Matyasovszky István – Schlanger Vera: A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. 33. sz.

Czelnai Rudolf: Klímaváltozás: IPCC konszenzus – hazai feladatok. 32. sz.

Czelnai Rudolf: Mi változik, ha változik a klíma? 40. sz.

Demény Attila: A globális szenciklus a stabilizotóp-összetételek tükrében. 38. sz.

Domonkos Péter: Éghajlati előrejelzés a 2005-2025 időszakra. 33. sz.

Fekete Imre: Újszerű megközelítés a hosszú távú előrejelzésben. 33. sz.

Geresdi István: A légköri aeroszolok közvetett éghajlati hatásai. 47. sz.

Haszpra László – Barcza Zoltán: A magyarországi légköri szén-dioxid mérések szerepe az éghajlati modellek megalapozásában. 38. sz.

Horváth Ákos: Viharok dinamikája és előre jelezhetősége a 2004. június 9-i időjárás tükrében. 35. sz.

Kerényi Attila – Csorba Péter: Módszertani alapvetés a hazai tájak klíma érzékenységének meghatározására a feltételezett klímaváltozásra tekintettel. 33. sz.

Lakatos László – Sümeghy Zoltán – Szabó Zoltán – Soltész Miklós – Nyéki József: Extrém időjárási események előfordulása és gyakoriságának változása a vegetációs időszakban. 45. sz.

A GLOBÁLIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSAI A NÖVÉNYVÉDELEMBEN

GÁBORJÁNYI RICHARD¹-BARNA BALÁZS²-BASKY ZSUZSA²-BENEDEK PÁL³-
HOLB IMRE⁴-JENSER GÁBOR²-KAZINCZI GABRIELLA¹-KÖVICS GYÖRGY⁴-
MIKULÁS JÓZSEF⁵-REISINGER PÉTER³-SZŐCS GÁBOR²

¹Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Növényvédelmi Intézet, Keszthely, ²MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Budapest, ³Nyugat - Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Mosonmagyaróvár, ⁴Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar, Növényvédelmi Tanszék, Debrecen, ⁵FVM Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet, Kecskefő

ÖSSZEFOGLALÁS

A légköri CO₂ koncentráció és az egyéb üvegházhatásért felelős gázok koncentrációjának növekedése miatt a Föld éghajlata melegszik és a klíma változik. Összeállításban a legfontosabb üvegházhatást kiváltó tényezők általános hatásait vizsgáljuk a növénypatogén mikroorganizmusokra, kártevő rovarokra és a gyomnövényekre, bemutatják a növény természetes ellenálló képességének útjait az abiotikus stressz-hatásokkal szemben. A megemelkedett CO₂ koncentráció és a globális hőmérséklet-növekedés megváltoztatja a károsítók viselkedését, egyrészt, mert a megváltozott légköri CO₂ tartalom miatt megváltozik fejlődési sebességük és a kiváltott tünetek ill. károk mértéke. Másrészt a megváltozott körülmények miatt megváltoznak maguk a növények is, amelyek ugyancsak változtatják a kórokozók fertőzőési jellemzőit, a rovarok fejlődését is. Az előbb említett két fő tényező károsítókra gyakorolt hatása szerteágazó, egyes esetekben stimuláló, más esetekben gátló hatásokra kell számítanunk. Emiatt a hatások eredőjét nehéz tudományosan is megalapozott módon megjósolni. Mindehhez hozzá kell tenni azt is, hogy az éghajlatváltozás a mezőgazdasági régiók eltolódását is maga után vonhatja, és ez kiváltja a természetű növények és azok károsítóinak változását is. Ennek következménye lehet az is, hogy az új területen megjelenő növénybetegségek és állati kártevők azokat a természetes növényi társulásokat is megváltoztathatják, amelyek azelőtt nem voltak kitéve a kultúrnövényeket károsító – számos esetben sokkal agresszívebb – fajoknak vagy változatoknak.

BEVEZETÉS

A globális felmelegedés és a velejáró ökológiai változások első figyelmeztető jelei már jó húsz éve feltűntek, 1996-ban azonban az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Kormányközi Éghajlat-változási Tanács) leszögezte a tényt: az utóbbi 50 évben a Föld átlaghőmérséklete 0,6 Celsius fokkal emelkedett, s a kontrollálatlan emberi tevékenység következménye 1,5-5,5 °C-os emelkedést érhet el a következő 100 évben (IPCC, 1996). A tanulmány elemezte az egyes földrészek várható változásait, a sivatagok térnyerését, az óceánok–tengerek vízszintemelkedését. A Golf-áramlat leállását a sarki gleccserekből származó olvadó víz és az esőzések fogják előidézni, az áramlat felhígul, vagyis sótartalma lecsökken, és az áramlat leáll. Önmagát gerjesztő folyamat indukálódik a sarki tengeri jég olvadásával, amely a napsugárzás 80-90%-át visszaveri, míg a tengervíz csupán 10-20%-át, így a jég tovább olvad. Az előző – 15 ezer évvel korábbi – jégkorszakban is a Föld átlaghőmérséklete csupán 3-5 Celsius-fokkal volt hidegebb a mainál (Kövics, 2004).

A légkörben a CO₂ és az egyéb üvegházhatást előidéző gázok mennyisége fokozatosan és egyre gyorsuló ütemben emelkedik az ipari forradalom óta:

- az üvegházhatásért felelős gázok koncentrációja emelkedett és jelentősen emelkedni fog;
- az éghajlat a légkör emelkedő CO₂ tartalma miatt változott és az elmúlt évszázadban a felszíni középhőmérséklet átlagosan 0,3-0,6 °C-al nőtt a világon és ez a folyamat várhatóan folytatódik;
- a klímaváltozást bemutató szimulációk igazolják, hogy az üvegházhatásért felelős gázok és aeroszolok várható kibocsátási értékei alapján a Föld középhőmérséklete átlagosan 1,4-5,8 °C-kal fog emelkedni 2100-ra (*IPCC, 2001; Kattenberg és mtsai., 1996*).

Optimizmusunkat egyáltalán nem erősítik olyan prognózisok, mint a Pentagon éghajlatváltozásra vonatkozó, 2004. tavaszán közzétett előrejelzései, melyek 2010-re apokaliptikus változások tudományosan megalapozott vízióját vetítik előre. A globális felmelegedés a káros gáz-emisszió sürgető megállítását halaszthatatlanná teszi, de George W. Bush az Amerikai Egyesült Államok elnöke ennek betartását (kiotói egyezmény) negligálja, pedig a legnagyobb CO₂ mennyiséget az USA (35%) bocsátja a környezetbe. Oroszországban Putyin elnök viszont 2004. novemberében aláírta az egyezményt. Az ökológiai károsítások – a fékező lokomotív tehetetlenségével hosszú fékúton továbbrobogva – katasztrófális következményekkel járhatnak, a „vészfékezés” nem halasztható tovább! A hazai 6 %-os kibocsátás-csökkentést „könnyű volt teljesíteni”, mert a hazai ipar összeomlása ebben időszakban következett be. Nem tekinthető azonban megnyugtatónak, erkölcsösnek pedig egyáltalán nem nevezhető az üzleti alapú, kvótákkal való kereskedelem (*Kövics, 2004*).

Sokan felhívják a figyelmet arra, hogy a klímaváltozás nem egyértelműen azonosítható a globális felmelegedéssel. A klímaváltozás magában foglalja az időjárási szélsőségeket is, azaz nő az éghajlati változékonyság és az éghajlati szélsőségek egyre gyakoribbak és nagyobb mértékűek lesznek (*Wigley, 1985; Fowler–Hennessy, 1995; Hennessy–Pittock, 1995; Riha és mtsai., 1996; Mearns és mtsai., 1997*). Ha Európát szemléljük a globális változások szempontjából, Délen érzékletes lesz a sivatagosodás, bizonyos tengerparti területek víz alá kerülése, míg Észak- és Nyugat-Európában pedig lehűlés várható. Ne feledjük: stratégiai jelentőségű hazánk mezőgazdasági szerepe a Kárpát-medencében, ami még tovább nő, hiszen talán csak ez a régió őrizheti meg ideális ökológiai adottságait a változások közepette.

...Az előbbieken bemutatottak szerint az üvegházhatásért felelős gázok emelkedése miatt a jövőben is tovább erősödik az üvegházhatás, a Föld éghajlatának melegedése, azaz a klíma változása (*ICCP, 1996*). Ha ezt elfogadjuk, mint feltevést, akkor erre alapozva megvizsgálhatjuk, hogy az egyes tényezők változása miként befolyásolja a kultúrnövények egészségi állapotát. Összeállításunkban felhívjuk a figyelmet arra is, hogy a klímaváltozás milyen várható hatást gyakorolhat a növénykórokozók, kártevők és gyomnövények által okozott károk mértékére.

1. A HŐMÉRSÉKLET-EMELKEDÉS, A LÉGKÖRI SZÉNDIOXID ÉS ÓZON KONCENTRÁCIÓ, VALAMINT AZ UV SUGÁRZÁS VÁLTOZÁSAINAK VÁRHTÓ HATÁSA A NÖVÉNYBETEGSÉGEKRE

Számos tanulmány született annak előrejelzésére, hogy milyen hatást gyakorol a klímaváltozás a gazdaságra, és ezen belül a mezőgazdaságra (*Parry, 1992; Rosenzweig–Parry, 1994; Adams és mtsai., 1995; Fischer és mtsai., 1996; Rosenzweig–Hillel, 1998*). A környezeti változások növényvédelemre gyakorolt hatását rendkívül nehéz a jövő számára is

hasznosítható módon értékelni. Annak ellenére, hogy a növénykórokozók és az állati kártevők jelentős szerepet játszanak a mezőgazdaságban (*Oerke és mtsai., 1994*), mégis ez a terület arányaiban sokkal kevésbé kutatott, mint pl. a klímaváltozás emberi viselkedésmódra vagy humán megbetegedésekre gyakorolt hatása (*Coakley, 1995; Coakley és Scherm, 1996; Chakraborty és mtsai., 1998, 2000; Holb, 2004*).

Az emelkedő CO₂ szint közvetlen hatásai

A troposzféra CO₂ koncentrációja számítások szerint 350 ppm (v/v) = 0,035 % szintről 710 ppm = 0,071 % szintre emelkedik 2050-re. Számos tudományos munka számol be arról, hogy a megnövekedett légköri CO₂ szint a Föld biomassza produkciójának növekedését fogja kiváltani, mert a megváltozott körülmények között a növények vízfelhasználási hatékonysága javul (*Cure, 1986; Bazzaz, 1990; Baker és Allen, 1994*). Sokkal kevesebbet tudunk azonban arról, hogy a CO₂ koncentráció növekedése milyen közvetlen hatást fog gyakorolni a növénykórokozókra. Ennek megbecslésére néhány korábban végzett vizsgálat eredményeit mutatjuk be.

A fitopatogén baktériumokra vonatkozó vizsgálatok *Erwinia* és *Pseudomonas* fajokra terjedtek ki. *Wells (1974)* úgy tapasztalta, hogy a természetes CO₂ szint növelése 3 %-os légköri koncentrációig nem befolyásolta az *Erwinia* spp. és a *Pseudomonas fluorescens* baktériumok növekedési jellemzőit. Azonban, ha az *Erwinia* fajoknál 3 % fölé ill., a *Pseudomonas fluorescens* baktérium fajnál 10 % fölé emelte a légköri CO₂ tartalmat, akkor azok fejlődése és növekedése gátlást szenvedett.

A növénypatogén gombák csoportját megvizsgálva a légköri CO₂ tartalom szempontjából érdemes legalább három csoportot kialakítani. Az első csoportba sorolhatjuk a talajlakó gombákat, amelyek magas CO₂ koncentráció mellett élnek a talajban. A második csoportba kerülhetnek azok a fitopatogén gombafajok, amelyek a talaj felszíne feletti növényi részeket támadják, és ebből adódóan a jelenlegi légköri CO₂ koncentrációban élnek. Harmadikként említhetők a tárolási gombabetegségek, amelyek a tárolóban a növényi termék légzése miatt feldúsult, vagy szabályozott légtéri környezetben, megnövelt CO₂ szint mellett kell, hogy megéljenek.

A talajlakó gombák speciális légköri körülmények között élnek, mert nem ritka, hogy a talajok átlagos CO₂ tartalma 16-18 %, attól függően, hogy milyen mértékűek az itt lezajló szervesanyag-bomlási, gyökérlélegzési vagy egyéb mikrobiológiai folyamatok (*Papavizas és Davey, 1962*). Ezért a legtöbb talajlakó gombafaj képes nagy CO₂ szint változást is elviselni. Számos tipikus talajlakó gomba (pl. egyes *Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Sclerotium* és *Fusarium* fajok) jól alkalmazkodik a növekvő légköri CO₂ és a csökkenő légköri O₂ koncentrációhoz, sőt számos esetben jobban is szaporodik (*Volk, 1931; Gäumann, 1951; Stover és Freiberg, 1958*). Vizsgálatok szerint a növekvő CO₂ koncentráció gombaszaporodást serkentő hatása a gombák CO₂ megkötésében rejlik. Egyes gombafajok a széndioxidot kiegészítő szénforrásként is fel tudják használni úgy, hogy azt szerves savakba építik (pl. oxálcetsav, fumársav vagy citromsav), amelyek a Szent Györgyi - Krebs ciklusba jutva, energiatermelésre ill. növekedésre fordítódnak (*Tabak és Cooke, 1968, Wells és Uota, 1970*). Azonban számos ellenpélda is létezik. *Mitchell és Zentmeyer (1971)* kimutatták, hogy számos *Phytophthora* faj micélium-növekedése és oospóra-képződése jelentősen csökkent 5 % fölötti CO₂ tartalomnál. *Mitchell és Mitchell (1973)* bizonyították, hogy a *Rhizoctonia solani* és a *Pythium irregulare* növekedését gátolta az 5 % feletti CO₂ koncentráció. *Durbin (1959)* szemléletesen igazolta, hogy a *Rhizoctonia solani* izolátumok növekedési jellemzői javultak, ha a légtéri CO₂ koncentrációt 0,5 %-ig növelte. Ezt követően nem volt érzékelhető változás 0,5 és 5 % CO₂ koncentráció mellett, majd jelentős növekedési és szaporodási gátlás állt be 5 % feletti légtéri CO₂ koncentráció esetén. Számos, sokszor egymásnak ellentmondó eredmény is született az egyes gombafajok vizsgálatakor. Például a *Sclerotium rolfsii*

talajlakó gombával kapcsolatban *Griffin és Nair (1968)* arról számoltak be, hogy már a légköri koncentrációhoz közeli CO₂ szint is csökkentette a gomba micélium-növekedését. Néhány évvel később *Kritzman és mtsai. (1977)* azt közölték, hogy 0,5-2,5 % CO₂ koncentráció serkentő hatást váltott ki a *Sclerotium rolfsii* micélium-növekedésére és gátló hatást csak 3 % fölötti CO₂ koncentráció eredményezett. Hasonlóan ellentmondásos ugyanezen gombafajnál a szklerócium-képződés CO₂ igényére vonatkozó vizsgálat is. *Griffin és Nair (1968)* vizsgálatai szerint a 0,03-3,3 % CO₂ koncentráció serkentő, míg az 5 % feletti CO₂ koncentráció gátló hatású volt a *Sclerotium rolfsii* szklerócium-képződésére. Ugyanakkor *Punja és Jenkins (1984)* tanulmánya szerint nincs sem gátló, sem stimuláló hatás 0,5 és 9 % közötti CO₂ koncentráció esetén, és a szignifikánsan mérhető gátló hatás is csak 20 % CO₂ koncentrációnál tapasztalható.

A második csoportba sorolt gombafajok irodalmát áttanulmányozva megállapítható, hogy az 5 % feletti CO₂ koncentráció majdnem minden esetben gátló hatást gyakorolt a növény föld feletti részén élő gombafajokra. Számos ellenpélda is ismert, mint pl. az, hogy az *Alternaria tenuis* (= *A. alternata*) micélium növekedése 10 % feletti, míg a spóracsírázása csak 32 % feletti CO₂ koncentráció mellett szenvedett gátlást (*Wells és Uota, 1970*). Ugyanezen szerzőpáros megállapította, hogy a *Botrytis cinerea*, a *Cladosporium fulvum* (= *Fulvia fulva*) és a *Rhizopus stolonifer* spóracsírázása 4 % CO₂ koncentráció felett csökkent. *Svircev és mtsai. (1984)* vizsgálatai szerint a *Botrytis cinerea* faj esetében sokkal alacsonyabb (1,3 %) CO₂ koncentráció is jelentősen csökkentette a spóracsírázást. Más vizsgálatok azt igazolják, hogy a jelenlegi légköri CO₂ koncentrációknak is jelentős gátló hatása van az *Alternaria cassine*, *A. crassa*, *A. brassicae*, *A. macrospora*, *A. porri* és *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* fajok fejlődésére (*Cotty, 1987, Smart és mtsai., 1968; Svircev és mtsai., 1984*). A második gombacsoportba tartozó gombafajokról az eddigi legátfogóbb CO₂ koncentrációval kapcsolatos vizsgálatokat az 1920-as évek végén végezték el, amikor még fel sem merült a globális klímaváltozás kérdése ill. veszélye. *Gassner és Straib (1930)* a növekvő CO₂ koncentráció gabonafélék rozsdáira gyakorolt hatásait ismertették. Kísérleteikben különféle rozsdagomba fajokkal fertőztek búza, rozs és zab növényeket, majd 0,03, 0,15, 0,3, 0,75, 1,5, 4,5 és 6 %-os CO₂ koncentrációnak tették ki őket az első tünetek megjelenéséig. Az eredmények szerint a 0,15-0,75 % CO₂ koncentráció jelentős mértékben segítette a rozsdák fejlődését, itt mérték a leggyorsabb és a legnagyobb uredo-telep képződést. A fekete- és sárgarozsda számára optimális légköri CO₂ koncentráció magasabb volt (0,3-0,75 %), mint a koronás rozsda, vagy a rozs és a búza levélrozsdák optimális CO₂ koncentráció igénye (0,15-0,5 %). A 3-4,5 %-os CO₂ koncentráció még nem gyakorolt negatív hatást az uredospórák csírázására és a csíratömlők fejlődésére. Megállapítható, hogy az egyes rozsdafajok között jelentős különbségek mutatkoztak. A sárgarozsda spóráképzése pl. már 1,5 % CO₂ koncentráció fölött gátlódott, míg a fekete- és a vöröszsda esetében a 6 % fölötti CO₂ koncentráció mutatott statisztikailag is igazolható gátló hatást. Egy másik, egy évvel később publikált munkában *Volk (1931)* *Cladosporium fulvum* (= *Fulvia fulva*) és *Ustilago maydis* gombafajokkal fertőzött paradicsom, ill. kukorica növényeket. A fertőzött növényeket 0,5 és 5 %-os CO₂ koncentrációjú légtérbe helyezte el. A légtér 0,5 %-os CO₂ koncentrációja esetén a betegség tünetei korábban jelentek meg mindkét növényen, a betegség könnyebben terjedt, és a kórokozók sporulációja is intenzívebb volt, mint a normál CO₂ koncentrációjú légtérben. Azonban az 5 %-os CO₂ koncentráció mind a növényi növekedést, mind a betegségek fejlődését gátolta. Más vizsgálatokban a levegő széndioxiddal történő dúsítása (2-20 %) nem volt hatással sem a saláta leveleinek *Sclerotinia minor* (*Imolehin és Grogan, 1980*), sem a ciklámen *Botrytis cinerea* által okozott megbetegedésére (*Zornbach és Schickendaz, 1987*).

A harmadik csoportba tartozó tárolási gombabetegségekkel kapcsolatos korai tanulmányokban több szerző is kimutatta, hogy a magas CO₂ tartalom és az alacsony O₂ tartalom gátló hatással van a tárolt gyümölcsök és zöldségek megbetegedésére (*Brown, 1922*;

Brooks és mtsai., 1932). Egy másik korai tanulmányban Klaus (1943) a burgonyagumók *Alternaria solani* fertőződését vizsgálta megemelt CO₂ koncentráció mellett. Eredményei szerint a 12 % alatti CO₂ koncentráció nem befolyásolta az alternáriás megbetegedések mértékét a tárolás során, bár laboratóriumi vizsgálataiban a micélium-fejlődés már 5 %-os CO₂ koncentrációnál jelentősen gátlódott. Más vizsgálatok azt mutatták, hogy a szabályozott légterű tárolókban, szélsőségesen magas CO₂ koncentráció mellett, csökkent a gyümölcsök, zöldségek és vágott virágok megbetegedésének mértéke (Lockhart és mtsai., 1969; Couey és Wells, 1970; Philips, 1985). Erre a témakörre azonban ennél részletesebben nem térünk ki, mert úgy gondoljuk, hogy a szabályozott légterű körülmények nem szolgáltatnak megfelelő információt az éghajlatváltozás növényi betegségekre gyakorolt hatásának megítéléséhez.

A legtöbb vizsgálatban, amelyeket az előbbieken bemutattunk, nagy CO₂ koncentráció mellett folytatták a kísérletet. Ezért a jelenlegi CO₂ koncentráció-emelkedés hatásaival kapcsolatban nem adnak egyértelmű irányutatást. Ennek ellenére azt a következtetést mindenképpen le lehet vonni ezekből a kísérletekből, hogy a 0,035 %-os jelenlegi CO₂ koncentráció 0,071 %-ra emelkedése valószínűleg nem fog jelentősebb közvetlen hatást gyakorolni a növénykórokozókra. Bár, ahogy azt egyes eredmények mutatják, bizonyos kórokozók esetében kismértékű betegséget serkentő hatás bekövetkezhet.

Az emelkedő CO₂ szint közvetett hatásai

A CO₂ szint emelkedésének növényi károsítókra gyakorolt közvetett hatása feltehetően sokkal nagyobb mértékű lesz, mint az előbbieken tárgyalt közvetlen hatások. A CO₂ szint emelkedése a növényben bekövetkező változásokon keresztül fog hatni a kórokozókra és állati kártevőkre. Hogy melyek ezek a közvetett hatások és milyen következményekkel járhatnak a kórokozókra, azt a következő néhány példán keresztül mutatjuk be.

A légkör növekvő CO₂ szintje önmagában is nagy hatást gyakorol a növények növekedésére, még ha nincs is klímaváltozás. Az atmoszférikus CO₂ a növények egyedüli szénforrását képezi. Az atmoszférában a CO₂ koncentráció alacsony (0,035 %). A légköri CO₂ szint növekedése valószínűsíthetően elősegíti a növények fejlődését és biomassza-termelését, bár az egyes növényfajok reagálása jelentősen eltérő lehet (Poorter, 1993). A növekvő biomassza-termelés miatt növekedni fog a megbetegedésre alkalmas föld alatti és föld feletti növényi részek tömege. A föld feletti növénytömegben nedvesebb mikroklíma alakul ki, ami segíteni fogja a páradús körülményeket kedvelő károsítók felszaporodását. A növényi részek elhalásával a talajon, ill. a talajban megnövekszik a növénymaradványok tömege. A növénymaradványok nagyobb tömege az itt áttelelő kórokozók és állati kártevők lehetséges túlélési esélyeit növelheti meg.

A magasabb CO₂ szint egy másik hatása, hogy megváltozik a növények C:N aránya, és a nagyobb légtéri CO₂ koncentráció a növényi szövetek csökkenő nitrogéntartalmával járhat együtt. Ez a változás befolyásolhatja egyes növénykórokozók és szívó-szájszervű rovarok kártételét. A C:N arány változása miatt a szénhidrát-kedvelő gombafajok (pl. rozsdák, lisztharmatok) nagyobb mértékű kártétele várható (Manning és Tiedemann, 1995). A legtöbb levélbetegséget előidéző gombafaj a levél egy meghatározott nitrogéntartalma esetén képes tömeges megbetegedést előidézni. Ha magas a levelek nitrogéntartalma, akkor az pl. a búzát megbetegítő *Septoria tritici* gomba tömeges kártételét idézheti elő, míg a *Septoria nodorum* (= *Stagonospora nodorum*) gombafaj fertőzése gátolt lesz. Azaz a két kórokozó gombafaj közül a *Septoria tritici* tömeges fellépése várható kedvező fertőzési körülmények esetén. A szúró-szívó szájszervű kártevőkre gyakorolt hatás példaként említhetők a – vírusbetegségek terjesztésében gyakran vektorként szerepet játszó – levéltetvek. Ismert, hogy a levéltetvek a szipókájukkal felszívott növényi nedv nitrogéntartamú részét hasznosítják, és a cukrok jelentős részét kiürítik (Rossing és van de Wiel, 1990). Ha a növény nitrogéntartalma alacsony, a levéltetvek cukor-szekréciója megnövekedik, több mézharmat és több

korompenész képződik, azaz a kártétel fokozódik. Ugyanakkor számítani lehet arra is, hogy a növények megváltozott C:N aránya miatt a tápnövény már nem lesz olyan vonzó a tetvek számára (Tripp és mtsai., 1992). Az, hogy a két hatás összegződése – különösen a vírusbetegségeket terjesztő további tényezővel együttesen – milyen lesz, a kártételi szint eredőjének becslésére nehezen vállalkozhatunk.

A légtéri CO₂ koncentráció növekedés egy harmadik hatása a növények vízhasznosításában bekövetkező változás lehet. A légkör alacsony CO₂ tartalma miatt, a növény a fotoszintézis során egységnyi CO₂ fixálásakor sok vizet párologtat el, mert a széndioxid megkötéséhez a sztómákat sokáig kell nyitva tartania. Következésképp a növények vízvesztése és a CO₂ megkötés közötti hányados nagyon nagy (Wong, 1979). A légkör emelkedő széndioxid szintje javítja a növények vízvesztése és a CO₂ megkötés közötti hányadost, azaz a vízhasznosulás javul, ami azt eredményezheti, hogy a növények fejlődése kedvezőbb lesz még a vízhiányosabb környezeti feltételek mellett is (Gifford, 1979). Ezzel összefüggésben végzett vizsgálatok igazolták, hogy az emelkedő CO₂ szint vízháztartást javító hatása ellensúlyozhatja akár a fonálférgék által okozott károkat is (Schans, 1991).

Egy negyedik hatás a sztómák működésében beálló változás. Többéves kutatások igazolják, hogy az emelkedő CO₂ szint miatt a növények gázcsere-nyílásaikat részlegesen lezárják (Raschke, 1975; Morison, 1987). Ez a részleges sztómazáródás akadályozhatja a sztómán keresztül behatoló gombás és baktérium kórokozók (peronoszpórák, *Pseudomonas* baktériumfajok) bejutását (Royle és Thomas, 1971; Ramos és Volin, 1987). A sztómazáródás hasonló akadályozó funkcióját feltételezhetjük a rozsdagombák, vagy néhány nekrotrof gombafaj esetében is.

A globális hőmérséklet-növekedés hatása a növénykórokozók által okozott károk mértékére

A bevezetőben említettük, hogy a jelenlegi tendenciák mellett átlagosan 1,4-5,8 °C-os globális hőmérséklet-emelkedés várható 2100-ra (IPCC, 1996, 2001). Ez a hőmérséklet-emelkedés módosíthatja a gazdanövény élettani állapotát és betegség-ellenálló képességét. A hőmérséklet által kiváltott fogékonysággal és a hőmérsékletre érzékeny génekkel kapcsolatban jelentős számú irodalom áll rendelkezésre (Dyck és Johnson, 1983; Gerechter-Amitai és mtsai., 1984; Sanden és Moore, 1978). Például a 20 °C feletti hőmérséklet inaktíválhatja a szárrozsda rezisztenciát a *Pg3* és *Pg4* génekkel rendelkező zabfajtáknál (Martens és mtsai., 1967). Ezzel szemben a hőmérséklet emelkedésével a növényi sejtfalak lignifikálódása nőhet, ami növeli a gombakórokozókkal szembeni ellenállóságukat (Wilson és mtsai., 1991). A két példa jól mutatja, hogy a hőmérséklet-emelkedés miatt bekövetkező gazdanövény fogékonysági változások a gazdanövény – kórokozó kölcsönhatás természetétől és a rezisztencia mechanizmusától egyaránt függ.

A növények a kórokozók tünetmentes hordozói lehetnek (Dinoor, 1974; Katan, 1971) és a betegség csak akkor jelenik meg, ha a növényt stressz éri (pl. szárazabb, melegebb körülmények közé kerül). Különösen erdőt alkotó fajoknál van ennek nagyobb jelentősége. A klimatikus stressz, mint pl. a szárazság növelheti egyes, ún. gyengültségi parazita gombafajok (pl. az *Armillaria* spp.) fertőzését, amelyek megszokott körülmények között nem különösebben patogének, de a gyengült növényeket megtámadják (Rishbeth, 1991; Lonsdale és Gibbs, 1996). A hirtelen bekövetkező magas hőmérséklet növelheti pl. az ananász *Scleroderris* által okozott rákos megbetegedését (Karlman és mtsai., 1994; Lonsdale és Gibbs, 1996). Ha azonban csak az előbbi típusú példákban próbálunk meg a jövőre vonatkozó előrejelzéseket adni, akkor hibás következtetésekre juthatunk, mert figyelmen kívül hagyjuk azokat a tényezőket, melyek fokozhatják az ökoszisztémák éghajlatváltozással szembeni rugalmasságát (Loehle, 1996).

Az emelkedő CO₂ szint és a globális hőmérséklet emelkedés hatásai a kórokozók földrajzi elterjedésére

A megemelkedett légköri CO₂ szint önmagában is kiválthat kismértékű változást a növénykórokozók elterjedésében. Ennek egyik oka az, hogy a megnövekedő CO₂ szint miatt javul a vízháztartás, ami lehetővé teheti, hogy egyes növények szárazabb körülmények között megélhessenek. Ez feltehetően kiváltja az adott növényfaj kórokozóinak mozgását is.

Sokkal valószínűsíthetőbb és erősebb területi, ill. földrajzi változás várható amiatt, hogy a megemelkedett CO₂ szint globális hőmérséklet-emelkedést eredményez. A hőmérséklet változás kiválthatja az éghajlati zónák eltolódását, ez pedig a Föld számos országában megváltozó körülményeket teremt a fitopatogén kórokozók számára. A felmelegedés miatt a mezőgazdasági éghajlati zónák a pólusok felé tolódnak, és a növények is új területekre vándorolnak. A kórokozók és kártevők követik majd a növényeket. Az új területen megjelenő kórokozók és kártevők azokat a természetes növényi társulásokat is megtámadhatják, amelyek azelőtt nem voltak kitéve a kultúrnövényeket károsító – számos esetben sokkal agresszívebb – fajoknak vagy változatoknak. A széles tápnövénykörrel rendelkező kártevők, ill. fakultatív parazita kórokozók többségénél várható ez a folyamat, de nem kizárt, hogy az obligát paraziták szintén szélesíthetik gazdanövényeik körét (*Eshed és Dinoor, 1981; Savile és Urban, 1982*). Az, hogy az előbb említett változás milyen mértékű lesz, az függ a kórokozók és kártevők terjedésének mechanizmusától, a környezet alkalmasságától, és a gazda-parazita kapcsolat új környezetben végbemenő, előre nehezen jósolható változásától. Nagy a valószínűsége annak is, hogy a kórokozók és a kártevők mennyiségi arányai és jelentőségük is változik. A felmelegedés miatt olyan melegkedvelő kórokozók és kártevők léphetnek fel nagyobb számban, amelyek ismertek az adott területen, de eddig nem igényeltek különösebb védekezést. Ha a fagyhatár északra tolódik az északi félgömbön, a magasabb téli hőmérséklet miatt a kórokozók és kártevők nagyobb számban tudnak majd áttelelni (*Poorter és mtsai., 1991, Sutherst és mtsai., 1995*).

Az ózon hatása a növénybetegségekre

A szénmonoxid, a nitrogén oxidok (NO_x) és az illékony szerves vegyületek légköri növekedése, az időjárási jelenségek rétegében, a troposzférában az ózon mennyiségének emelkedését eredményezi. Az Amerikai Egyesült Államok északkeleti területein 1993-ban a megengedettnél magasabb ózon-értékeket mértek (1200 ppb 1 órán keresztül) (*Nescaum, 1993*). Egy lengyelországi tanulmány szerint az ózon egyes kelet-európai országokban is egyre jelentősebb problémákat idéz elő (*Bytnerowicz és mtsai., 1993*). Németországban és Franciaországban végzett hosszú-távú mérések is igazolták, hogy az ózon koncentrációja jelentősen emelkedett az elmúlt 100 évben (*Feister és Warmbt, 1987; Volz és Kley, 1988*). *Ashmore és Bell* (1991), *Krupa és Kickert* (1989), valamint *Penkett* (1988) teljes körű áttekintést adnak a troposzférában található ózonszint emelkedéséről és ennek a klímaváltozásban betöltött lehetséges szerepéről. *Chameides és mtsai.* (1994) becslései szerint a világ gabonatermő területeinek 10-35 %-a olyan ózonkoncentrációnak van kitéve, amely jelentős termésmennyiség csökkenést is eredményezhet. Ha nem sikerül csökkenteni a nitrogénoxidok és illékony szerves vegyületek kibocsátását, akkor 2025-re az ózonkoncentráció a jelenlegi érték háromszorosára is növekedhet. A megnövekedett ózonkoncentráció a növények növekedésére és termőképességére gyakorolt hatása többé-kevésbé ismert, azonban a növényi betegségekre gyakorolt hatás csak becsülhető.

A vírusfertőzött növények részben védettek az ózon károsító hatásával szemben. Ezt elsősorban bab és dohány növények esetében figyelték meg laboratóriumi és szántóföldi körülmények között (*Davis és Smith, 1974, 1976; Reinert és mtsai., 1988*). Az ózon baktériumos betegségekre gyakorolt hatásáról írt tanulmányokban azt találták, hogy ha a

fertőzést megelőzően ózonnal kezeltek bab, lucerna és szamóca növényeket, akkor a baktériumos fertőzés mértéke csökkent (Howell és Graham, 1977; Laurence és Wood, 1978ab). Számos közlemény ismert a gombák okozta betegségek és az ózon közötti összefüggésekről. A munkák jelentős része kétséget kizáróan bizonyította, hogy az ózon megváltoztathatja a növények betegségekkel szembeni fogékonyságát. A gombák ózonnal szembeni viselkedését azok életmódjához kötik. Feltételezések szerint az az ózonkoncentráció, ami a növényekre káros, az káros az obligát biotróf kórokozókra is, viszont serkentik a nekrotrofok fejlődését. A következtetés azon alapul, hogy a nekrotrofok elsősorban elhalt, ill. legyengült szöveteken élnek, míg a biotrófok az élő, egészséges növényi szöveteket részesítik előnyben (Manning és mtsai., 1969ab). Meg kell azonban jegyezni, hogy számos tanulmányban találhatunk kivételt a fenti általános következtetés alól.

Manning et al. (1969ab) arról számolnak be, hogy az ózonsérülés növelte a burgonyalevelek *Botrytis cinerea* által előidézett fertőződését. Burgonyánál *Alternaria solani*-val is folytattak hasonló eredményekre vezető vizsgálatokat (Bisessar, 1982; Holley és mtsai., 1985). Az általános megfigyelés az volt, hogy az ózonsérülések fertőzési kapuként szolgáltak a gomba számára, és így megnövelték a fertőzés mértékét és a betegség kialakulását. Gabonaféléken végzett vizsgálatok szerint levélfoltosságot előidéző gombák (pl. a *Drechslera* fajok, a *Gerlachia nivalis* [= *Microdochium nivale*], az *Ascohyta* fajok és a *Septoria nodorum* [= *Stagonospora nodorum*]) fertőzősségi mértéke az ózonszint emelkedésével fokozódott (Fehrmann és mtsai., 1986). Ismertek azonban olyan esetek is, amikor az ózonnak nem volt kimutatható hatása a levélbetegségekre, pl. a *Helminthosporium maydis*-ra (= *Bipolaris maydis*) kukoricánál (Heagle, 1977), a *Marssonina brunnea*-ra a keleti nyárfánál (Coleman és mtsai., 1987) és a *Botrytis cinerea*-ra szőlőnél (Tiedemann és Fehrmann, 1986; Tiedemann és mtsai., 1990).

A széndioxidral ellentétben az ózon nem hatol át a talaj felszínén (Turner és mtsai., 1973). Manning és mtsai. (1971b) azt tapasztalták, hogy az ózon fokozta a hajtás és a gyökér öregedését, és növelte egyes lebontó gombafajok kolonizálását mind a gyökéren, mind a hipokotilon. A *Heterobasidion annosum* által kiváltott gyökérrothadás fenyőfákon fokozódott ózon hatására (James és mtsai., 1980, 1982). Skelly és mtsai. (1983) vizsgálatai szerint, ha a fehérfenyőt ózon-stressz érte, szintén növekedett a *Verticicladiella procera* által okozott gyökérfertőzés mértéke. Más vizsgálatokban, ha a paradicsom növényeket ózon-hatásnak tették ki, akkor későbbre tolódott a fuzáriumos hervadás megjelenése, bár szója és káposzta esetében nem volt mérhető összefüggés a betegség fellépése és az ózonkoncentráció emelkedése között (Manning és mtsai., 1971a; Manning és Vardaro, 1976; Damicone és mtsai., 1987).

In vitro tanulmányokban kimutatták, hogy a pigmentált gombafajokra, (a *Helminthosporium sativum*-ra [= *Bipolaris sorokiniana*] és az *Alternaria oleracea*-ra [= *A. brassicicola*]) nem volt káros hatású a négyórás 0,1, 0,4 vagy 0,6 ppm ózonkoncentráció, míg ugyanezen kitétség teljesen meggátolta a *Colletotrichum lagenarium* (= *C. orbiculare*) növekedését és sporulációját (Treshow és mtsai., 1969). Egy másik tanulmány szerint a négyórás, 0,1 ppm, illetve a kétórás 1 ppm ózonkoncentráció az *Alternaria solani* konídiumtartók csúcsi sejtjeinek szétesését idézték elő. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy amint megszűnt a stresszhatás, a konídiumtartók gyorsan meggyógyultak, és a megszokott módon képezték a konídiumokat (Rich és Tomlinson, 1986). *Botrytis cinerea*-n végzett tanulmányban három egymást követő napon napi 7 órán keresztül 0,15 ppm ózonkoncentrációnak tették ki a mikroorganizmust, aminek következtében jelentősen csökkent a micélium növekedése. Ha azonban a kezelést követően egy napig szűrt levegőjű környezetben tartották a mikróbát, akkor felgyorsult a micélium-növekedés és elérte a normális növekedési sebességet. (Tiedemann és Fehrmann, 1986). A 0,05 ppm koncentrációjú ózon csökkentette a *Fomes annosus* (= *Heterobasidion annosum*) spóra-képzését, azonban a hifa növekedést és a spóra-

csírázást csak 0,1 ppm fölötti koncentráció gátolta (James és mtsai., 1982). A gabonafélék rozsdagombái nem voltak érzékenyek a magas ózonkoncentrációval szemben. Sem a zab koronásrozsa, sem a búza szárrozsa fertőző képessége nem változott 0,2 ppm ózon-kitettség hatására (Heagle, 1970; Heagle és Key, 1973ab).

Néhány esetben a gombák nagyon gyorsan kiheverték az ózon-kitettséget. Szoros negatív korreláció van a nedves időjárás és az ózon-koncentráció között (Guicherit és van Dop, 1977). Nedves idő esetén, ami kedvez a gombák vegetatív növekedésének, az ózonkoncentráció általában alacsony, így a gombákra gyakorolt negatív hatás is csökkent.

Az UV-sugárzás hatása a növénybetegségekre

Számos tanulmány született a megnövekedett UV-sugárzás növényekre gyakorolt hatásáról (Teramura, 1983; Krupa és Kickert, 1989; Tevini és Teramura, 1989; Runeckles és Krupa, 1994). Azonban csak kevés közlemény foglalkozik az UV-sugárzás növénybetegségekre gyakorolt lehetséges hatásaival (Nagy és mtsai., 2000; Nagy és Fischl, 2002ab, 2003).

Az első, növénypatogén gombákkal végzett vizsgálatokat az 1930-as években végezték (Dillon-Weston, 1931). A korai tanulmányokban nem határozták meg pontosan a fény hullámhosszát, csak a színét. Az esetek döntő többségében az UV-sugárzási spektrumokat sem vizsgálták, így nehezen összehasonlíthatók a későbbi tanulmányokkal. Az UV-sugárzás gombákra gyakorolt hatásáról pontosabb tanulmányok az 1960-as évektől készültek. Az ekkor végzett vizsgálatok fő célja az volt, hogy a vetőmaggal terjedő gombák azonosításának módszereit fejlesszék ki, illetve, hogy serkentsék a gombák sporulációját. A fény, különösen az UV tartomány, fontosságát számos tanulmány igazolta a gombák sporulációjában. Fontos azonban tisztázni, hogy a tanulmányok többsége a hosszabb hullámhosszú, 320 és 450 nm közötti, UV tartományt vizsgálta.

Leach (1962) 34 gombafaj *in vitro* tenyészetét vizsgálta 320-400 nm hullámhosszú fényben és meghatározta a sporulációra gyakorolt hatásokat. Néhány fajnak, mint pl. a *Helminthosporium oryzae*-nak (= *Bipolaris oryzae*) az UV fény-kitettséget követően sötét periódusra is szüksége volt a tömeges spóráképzéshez. A *H. sativum* (= *Bipolaris sorokiniana*) és a *Kabatiella caulivora* (= *Aureobasidium caulivorum*) hasonlóan jól sporulált sötétben az UV fénykitettséget követően. Egy későbbi tanulmányban elkülönítettek ún. közvetlenül sporuláló, és az állandó hőmérsékleten sporuláló fajokat. Az előbbieknél (*Alternaria dauci*, *A. tomato* /= *A. tenuissima*/, *Stemphylium botryosum*) a foto-sporogenezisnek két jól elkülönülő szakasza volt: az egyik az UV fény által indukált konídiumtartó képződési fázis, a másik a sporuláció végső szakasza, amelyet az UV fény erősen gátolt, a sötétség viszont serkentett. A másik csoportba tartozó fajok (pl. a *Fusarium nivale* /= *Microdochium nivale*/, a *Cercospora herpotrichoides* /= *Ramulispora herpotrichoides* var. *herpotrichoides*/ és a *Helminthosporium catenarium* /= *Drechslera catenaria*/) folyamatos UV sugárzás mellett is beérlelték spóráikat (Leach, 1967).

A 340 nm alatti hullámhosszú UV fény az *Alternaria tomato* /= *A. tenuissima*/ tenyészetekben fokozta a sporulációt. A 390 és 515 nm hullámhosszú kék fény azonban teljes mértékben gátolta a spóráképzést (Aragaki, 1962). Az UV fény sporulációt serkentő, és a kék fény sporulációt gátló ellentétes hatásáról más tanulmány is beszámolt (Honda és mtsai., 1968). A fehér fény közömbösítheti az UV fény serkentő hatását. Ezt mutatta be az a kísérlet, amelyben igazolták, hogy az UV fényt igénylő *Alternaria dauci*, *A. porri* és *A. solani* nem sporulált folyamatos fehér fényben annak ellenére, hogy azt az UV fényvel együtt alkalmazták. Más fajoknál (pl. az *Alternaria brassicae*, a *Botrytis squamosa* és a *Stemphylium botryosum*) a sporulációt nem befolyásolta a kék fény, egyformán sporuláltak fehér és UV fényben (Sasaki és Honda, 1985).

Az *Alternaria cichorii* (Vakalounakis és Christias, 1981) és az *A. tomato* /= *A. tenuissima*/ (Kumagai, 1982) esetében is leírták az UV fény (<340 nm) sporulációt serkentő és a kék fény

(360-530 nm) sporulációt gátló hatását. A *Botrytis cinerea* esetében is jelentős sporulációt serkentő hatás volt tapasztalható alacsonyabb hullámhossz-tartományban (305-240 nm) (Hite, 1973).

A természetes napfény spektruma is tartalmazza az UV hullámhosszú fénytartományt. Bizonyították, hogy a napfény sporulációra gyakorolt hatása hasonló az UV fény hatásaihoz abban az esetben, ha a napfény nem tartalmazza a gátló hatású kék fényt (Leach, 1962, 1971). Ebből következik, hogy a gombák az intenzív, alacsony hullámhosszú fényre a szaporodás megkezdésével válaszolnak. Ökofiziológiai szempontból ez nagyon is ésszerű, hiszen az UV sugárzást majdnem mindig száraz, következésképp a folyamatos vegetatív növekedéshez kedvezőtlen körülmények kísérik. Másrészt az UV tartomány nyilvánvalóan közvetlenül káros lehet az érzékeny fejlődési stádiumokra, mint pl. a konídiumok csírázása (Owens és Krizek, 1980), vagy a vékonyfalú, nem pigmentált askospórákra (Caesar és Pearson, 1983). Így a gomba megvédi magát a kiszáradástól és káros sugárzási hatásoktól azáltal, hogy UV fény jelenlétében hamar sporulál. Az újonnan képződött spórák pedig (különösen, ha sejtfaluk melanint tartalmaz), hatékony eszközei lehetnek a gombák túlélésének (Bell és Wheeler, 1986).

Az UV-fény gombák szaporodására gyakorolt hatása felvetette azt a kérdést, hogy hasznos lenne-e az üvegházak tetejét UV-szűrős műanyag fóliával beborítani, hogy csökkentsék a növényi levélbetegségek előfordulását. Az ezzel kapcsolatos tanulmányok igazolták, hogy az UV-fényt elnyelő fóliák használata csökkentette a *Sclerotinia sclerotiorum*, a *Botrytis cinerea*, *B. squamosa* vagy az *Alternaria* fajok által okozott megbetegedések mértékét. Az UV-A és UV-B hullámhosszok kiszűrésével jelentősen csökkent a sporuláció, és csökkent a másodlagos fertőzések valószínűsége is (Honda és mtsai., 1977; Honda és Yunoki, 1977; Sasaki és Honda, 1985).

Későbbi vizsgálatokban igazolták, hogy a megemelkedett UV-sugárzás hatására nőtt a *Colletotrichum lagenarium* (= *C. orbiculare*) vagy a *Cladosporium cucumericum* okozta megbetegedések mértéke uborkánál. Azonban a jelenség csak akkor volt tapasztalható, ha a növények a fertőzés előtt kaptak fénykezelést (Orth és mtsai., 1990). Rózsánál az UV-sugárzás négyszeres dózisa a fertőzést követő 6. és 18. óra között csökkentette a *Diplocarpon rosae* okozta megbetegedés mértékét (Semeniuk és Stewart, 1981). Biggs et al. (1984) a fajta-rezisztencia, az ültetés utáni napok és az ózonkoncentráció csökkentésének (ezáltal az UV-B sugárzás növekedésének) hatását vizsgálták a búza vörösrózsa fertőzöttségére (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*). Megállapították, hogy az UV sugárzás a rezisztens 'Florida 301' fajtán nem, míg a fogékony 'Red Hart' fajtán növelte a levelek rozsdafertőzöttségét.

A globális klímaváltozások várható hatásai a baktériumos, illetve a vírusos betegségek elterjedésére

Hazánkban az elmúlt években több új vírusbetegséget írtak le, ugyanakkor több jelentősége lényegesen csökkent. A globális éghajlatváltozás közvetlen hatásai a vírusbetegségek megjelenésére illetve visszaszorulására nem mutathatók ki egyértelműen, hiszen a vírusok obligát paraziták révén csak a termesztett és vadon élő gazdanövények terjedésével és a vektor szervezetek, leginkább a rovarok, populációdinamikájával kapcsolatosak. Egyes vírusok megjelenése vagy térhódítása, mint a burgonya Y vírus gumó nekrotikus gyűrűsfoltosság törzse (*Potato Y-virus tuber necrotic ringspot strain, PVY^{NTN}*), a cukkini sárga mozaik vírus (*Zucchini yellow mosaic virus, ZYMV*), a paradicsom bronzfoltosság vírus (*Tomato spotted wilt virus, TSWV*), vagy a pepino mozaik vírus (*Pepino mosaic virus, PepMV*) nem a környezet megváltozása, hanem a mezőgazdasági növények nemzetközi kereskedelmének fokozódása és új vektorok (pl. *Frankliniella occidentalis* vagy *Diabrotica virgifera*) behurcolása okozza (Beczner és mtsai., 1984; Tóbiás és mtsai., 1996; Gáborjányi

és mtsai., 1989;1995; Forray és mtsai., 2004).

Az említett esetektől eltekintve azonban néhány esetben gyanítható az éghajlatváltozás közvetlen hatása is. A mézelőfű (*Asclepias syriaca*) tömeges hazai elterjedésével annak vírusbetegségei is elterjedtek (Salamon és mtsai., 1989). A kukorica csíkos mozaik vírust (*Maize dwarf mosaic virus*, MDMV) 1963-ban írták le először (Szirmai és Pajzsné, 1963). A kórokozó áttelelését és természetes fertőzési forrását biztosító fenyércirok (*Sorghum halepense*) az elmúlt két évtizedben lett tömeges Magyarországon, északi irányú terjedése az évek során jól nyomonkövethető. Mindezek eredményeként az MDMV a szántóföldek leggyakoribb víruskórokozójává vált. A betegséget a kukorica levéltetvei nagy határfokkal terjesztik. Egyik vektora a *Ropalosiphon maydis* nem telet át hazánkban, délről berepülve azonban részt vesz a betegség elterjedésében. Melegebb tavaszokon és nyarakon erősebb lehet a levéltetű invázió és a fertőzés mértéke (Gáborjányi és Hoang, 1991; Hoang és Gáborjányi, 1991).

A TSWV több mint harminc éve hazánkban a szatmári és szabolcsi dohányföldéken okoz tetemes károkat. Elterjedését a dohánytripsz (*Thrips tabaci*) biztosította, a tripszek lárvái táplálkozás közben veszik fel a kórokozót, ami a lárvákban is felszaporodik, de csak a tavasszal megjelenő kifejlett egyedek adják tovább a vírust. A kemény telek ritkították a tripszek populációját, határt szabtak a kórokozó elterjedésének. A nyugati virágotripsz behurcolásával azonban új és igen aktív vektor került hozzánk, a TSWV robbanásszerűen terjedt el az ország főlíasiátraiban és üvegházaiban. A *Frankliniella occidentalis* azonban nem telet át szabadföldön a hazai időjárási viszonyok mellett, de áttelel a főlíasiátrákban vagy azok közvetlen közelében, részben a zöldség- és dísznövényeken, részben az áttelelő és az évelő gyomokon. A TSWV hazai elterjedése tehát nagymértékben függ az időjárási tényezőktől, a hőmérséklet tartós emelkedésével azonban szerepe jelentősen megnőhet (Gáborjányi és mtsai., 1993;1995; Jenser és mtsai., 1995; 2003).

...Érdekes összefüggés tapasztalható a gabonaféléket károsító árpa sárga törpülés vírus (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV) és a búza törpülés vírusa (*Wheat dwarf virus*, WDV) között. A BYDV-t 1967-ben mutatta ki Szirmai nemesítési területen, majd rövidesen jelentős károkat okozó vírus lett hazánkban. A levéltű fajok nagy száma terjeszti a BYDV-t, ezek populációja azonban az időjárás függvénye. Az enyhe telek, és az ezt követő enyhe tavasz kedvez a levéltetvek elterjedésének és vektor-tevékenységének, így ezekben az években a BYDV dominánssá válhat, hasonlóan a nyugat-európai országokhoz. Ezzel ellentétben a meleg és száraz nyarak, valamint a hideg telek megtizedelik a levéltetveket, aminek hatása a fertőzöttség mértékében is megmutatkozik (Szirmai és mtsai, 1989) A BYDV-al tünetileg teljesen azonos a WDV fertőzése. Ezt a kórokozót 1989 ben mutatták ki először Magyarországon (Bisztray és mtsai, 1989, Gáborjányi és mtsai., 1989). A búza törpülés betegségét kabócák (pl. a csíkos gabonakabóca, *Psammotettix alienus*) terjesztik szintén perzisztens átviteli formában. A vektornak több, négy-öt nemzedéke is kifejlődik az év során, a meleg nyarak azonban nem pusztítják el a kabócákat, sőt elősegítik azok terjedését. Mindezek következménye, hogy a hűvös nyarak a BYDV fertőzésének, míg a meleg, száraz, kontinentális nyarak a WDV fertőzésének kedveznek. Több évben folyamatosan végzett felmérések az időjárástól függő ingadozásokat regisztrálják e két vírus kórokozó elterjedtségében (Papp és mtsai., 1996; Mesterházy és mtsai., 2002).

A vírusvektor levéltetvek esetében a melegebb éghajlat a vírusbetegségek nagyobb gyakoriságát vonja maga után, főleg olyan területeken, ahol a vírusok megjelenése a levéltetvek átteleléséhez és tavaszi repüléséhez kötődik (Harrington és mtsai., 1995). Nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt sem, hogy a károsítók alkalmazkodó képessége óriási, és valószínű, hogy genetikai variabilitásuknak csak azt a kis részét ismerjük, amivel az emberiség a növénytermesztés kezdetei óta szembesülhetett. Az minden esetre tény, hogy a

kórokozóknak és kártevőknek számos ökotípusa létezik, de keveset tudunk arról, hogy ezek hogyan reagálnak a megváltozott környezeti feltételekre.

Hazánk kedvező éghajlata eddig meggátolta egyes vírusbetegségek előnyomulását. Ha a vírusvektor áttelelése nem biztosított, a kórokozó távol tartható. A mediterrán térségben jelentős károkat okoz a paradicsom sárga levélgöndörödés vírusa (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV), amelyet üvegházi molytetvek terjesztenek. Ezek legfontosabb terjesztője a *Bemisia tabaci*, ami nem él meg éghajlati körülményeink között. Hasonlóképp a kukorica érdes levelűség vírus (*Maize rough dwarf virus*, MRDMV) vektora, a *Dalbulbulus maydis* sem honos. Várható azonban, hogy az éghajlat változásával mindkét vektor megjelenik a vele kapcsolatos vírusbetegségekkel együtt.

...A baktériumok fertőzése és térhódítása is elsősorban a nemzetközi kereskedelem és áruforgalom függvénye, és nem írható a változó hőmérséklet rovására. Az almástermésűek tűzelhalását okozó *Erwinia amylovora* első európai megjelenésétől számítva több évtized telt el, mire a kórokozót hazánkban is ki lehetett mutatni (Hevesi, 1996). A baktériumos tűzelhalás nyugatról terjedt kelet felé, és tekintettel arra, hogy a gyümölcsfák fertőzésének elsősorban a hűvös, csapadékos időjárás a megfelelő, terjedése semmiképp nem hozható összefüggésbe a térség éghajlatának melegedésével. Ellenkező példát szolgáltat azonban a burgonya baktériumos hervadás (és barna rothadás) betegség hazai megjelenése. A kórokozó *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* a holland vetőburgonya szállítmányokkal került hazánkba (Németh és mtsai., 2002), de a fertőzéskor kedvező meleg időjárás lehetővé tette elszaporodását. Bár karantén rendszabályokkal a betegséget visszaszorították, a meleg nyarak mindig lehetőséget fognak biztosítani az évről-évre megújuló fertőzéseknek.

...A fitoplazmák hazai elterjedése is évről-évre változik, különösen a meleg nyarak idején okoz járványszerű megbetegedéseket a paprika, paradicsom és dohány ültetvényekben a fitoplazmákat terjesztő kabóca vektorok tömeges elszaporodása miatt (Gáborjányi és mtsai., 1998; Viczián és mtsai., 1998). A szőlő és gyümölcs ültetvényekben az utóbbi években megerősödő sztolbur, illetve a csonthéjasok európai sárgulás betegségét okozó (European stone fruit yellows, ESFY) fitoplazma fertőzés is feltehetően a vírusterjesztő kabócák tevékenységén alapul.

Következtetések

Az előbbieken bemutatottak alapján megállapítható, hogy a magasabb hőmérséklet és a légköri CO₂ szint emelkedése, valamint az ezekkel összefüggő kártételi változás becslése összetett feladat. Vannak olyan hatások, amelyek pozitívan, és vannak olyanok, amelyek negatívan hatnak a károsító ágensekre. Az azonban biztonsággal megállapítható – még jelentős klímaváltozás bekövetkezte esetén is –, hogy ahol a kultúrnövény jól fogja magát érezni, ott a mikroklíma feltehetően kedvező lesz a növény legtöbb kórokozójának, ill. kártevőjének is. A nitrogén-ellátottság, az állománysűrűség, és a növényállomány típusa olyan módosító tényezők, amelyek hatnak a károsítók szaporodására és ezen keresztül az általuk okozott kár mértékére is. A mezoklíma meg fogja határozni a kórokozók nyári túlélését és áttelelését. Bár e tekintetben is hihetetlenül nagy a kórokozók és kártevők alkalmazkodóképessége, melynek tényleges potenciáit még nem ismerhetjük.

...A gombák nagyon toleránsak a légtér jelenlegi ózon-koncentrációjával szemben. Szignifikáns hatást csak a fejlődő hifák, illetve csíratömlők esetében tudtak kimutatni, ha a jelenlegi légköri koncentrációnál jóval magasabb ózon-koncentrációnak tették ki azokat. Sőt, néhány esetben a gombák nagyon gyorsan kiheverték az ózon-kitettséget. Emellett azt is figyelembe kell vennünk, hogy szoros negatív korreláció van a nedves időjárás és az ózon-koncentráció között (Guicherit és van Dop, 1977). Nedves idő esetén, ami kedvez a gombák vegetatív növekedésének, az ózonkoncentráció általában alacsony, így a gombákra gyakorolt

negatív hatás is csökken.

A szén-dioxidhoz és az ózonhoz hasonlóan a megnövekedett UV-B sugárzás növényi betegségekre gyakorolt fő hatásai nem vonatkoztathatók el a gazdanövényben bekövetkező változások eredményeitől sem. A fő morfológiai változások gyakorlatilag minden növény esetében a csökkent növekedés, a flavonoidok fokozott termelése, a felgyorsult érés és szaporodás (*Ziska és mtsai., 1992*), az oldható fehérjék növekedése a levélben, és a membránlipidek mennyiségének csökkenése (*Teramura, 1983*). Egyes vizsgálatok szerint a flavonoidok fontos szerepet játszanak, mint a magas UV-sugárzásnak kitett növények védőanyagai (*Caldwell és mtsai., 1983; Tevin és mtsai., 1991; Gislefoss és mtsai., 1992*).

2. A KLÍMAVÁLTOZÁS FELTÉTELEZETT HATÁSA A ROVAROKRA

Ahhoz, hogy a klímaváltozásnak a rovarokra kifejtett hatását és ennek következményeit előre tudjuk jelezni, mindenekelőtt a klímaváltozás várható mértékével és irányulásával kell tisztában lennünk. Sajnos a klimatológiai előrejelzésekben a mai napig messze vagyunk a közmegegyezéstől. A különböző álláspontok között mély szakadék tátong, és a heves viták ellenére sem várható, hogy a klimatológusoknak rövid időn belül olyan prognózist sikerüljön kidolgozniuk, amelyre az entomológiai előrejelzések fenntartás nélkül ráépíthetők lennének. Ilyen helyzetben azt a munkamenetet választhatjuk, hogy a lehetséges, főbb klímaváltozási típusokra külön-külön állítunk fel rovar-tani távelőjelzést.

Miért van szükség rovar-tani távprognózisra?

Felmerül a kérdés, hogyha a klimatológiai távprognózisok különbözőek, akkor ezekre építve szintén többféle rovar-tani távprognózist kell-e kidolgozni? A választ mindennapjaink katasztrófa-, ill. veszélyhelyzetei adják meg. A napjainkban újból és újból, váratlanul kialakuló sáskajárások Afrikában éhínséget okoznak. Ezekért elsősorban az afrikai vándosáska (=pusztai sáska, *Schistocerca gregaria*) váratlan felszaporodásai a felelősek. Közép-Európában a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) terjeszkedése a kukoricatermesztést sújtja, a vadgesztenyelevel-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) rohamos előretörése pedig a városi fák lekopaszításával hívta fel magára a figyelmet. Ezen a néhány, a közvélemény számára is kézzel foghatóan érzékelhető gondokon kívül az entomológusok máris egy sor további olyan fajt tartanak nyilván, amelyek terjeszkedése és/vagy felszaporodása, ha váratlanul ér bennünket, komoly következményekkel járhat. Azért van szükség tehát a rovar-tani távprognózisra, a klímaváltozás hatásának előrejelzésére, hogy idejében felkészülhessünk a veszélyre, és legyen esélyünk csökkenteni annak mértékét.

Mire támaszkodhat a rovar-tani távprognózis?

Arra vonatkozóan, hogy az időjárási tényezők hogyan befolyásolják a rovarpopulációk szaporodását, életciklusát vagy a migrációját, seregnyi szakirodalmi adat gyűlt össze. A várható klímaváltozási sémáknak megfelelően ezekre a rovar-tani adatokra építhetünk. Jellegükönél fogva ezek a rovar-tani adatok alapvetően két fő csoportba sorolhatók:

- szabadföldi monitoring programok keretében szerzett adatsorok (idősorok), és
- laboratóriumi kísérleti eredményekből származó adatok.

Az első csoportba tartoznak azok a hosszú időn át, sok esetben több évtizeden keresztül folyamatosan végzett felvételezések, amelyeket pontosan definiált módszerekkel végeztek. Ide tartozik például a fénycsapdázás, amely standardizálható, automata gyűjtési módszer. Az így nyert adatokat (pl. napi fogási adatok az egyes befogott rovarfajok példányszámáról) a megfigyelési helyen és időben mért meteorológiai adatokkal matematikai-statisztikai vagy

újabbán térinformatikai módszerekkel egybevetve nyílik lehetőség arra, hogy az időjárás változása és a rovárnépeség alakulása közti összefüggésekre rávilágítsunk. Hazánk e téren különösen gazdag eredményekkel büszkélkedhet: az országot behálózó erdészeti- és növényvédelmi fénycsapda-rendszer jóvoltából. Nemzetközileg is kiemelkedő, sok évtizedes adatsorokkal rendelkezünk, elsősorban a lepkék, de számos más rovaresoport vontakozásában is. De nemcsak a kártevő rovarfajokról, hanem azok természetes ellenségeik közül is számos, számunkra hasznos fajról, így pl. fátyolkákról, futóbogarakról rendelkezünk részletes adatokkal. Újabbán további standardizált felvételezési módszerek egészítik ki az eszköztárat: pl. a feromoncsapdás rajzásmenet vizsgálatok. Az MTA Növényvédelmi Kutatóintézete által gyártott, minőségellenőrzött feromoncsapdák (Csalomon-csapdacsalád) segítségével közel 100 kártevő (elsősorban lepkék, továbbá számos bogárfaj, valamint néhány egyéb rovarrendbe tartozó kártevő) megjelenése, rajzásmenete követhető nyomon. A szabadföldi monitoring programok segítségével nyert adatsorok hallatlan előnye, hogy az időjárás (hosszútávon a klíma) változásának rovarokra gyakorolt hatását a maga teljességében, közvetlenül tükrözik. Az adatokból a jövő tendenciáira történő következtetést megnehezíti azonban, hogy az egyes időjárási tényezők hatását csak többváltozós, meglehetősen összetett matematikai módszerekkel lehet elemezni, és – tekintettel a múltbéli adatok egyedi, megismételhetetlen jellegére – az így nyert eredmények pontossága sem ellenőrizhető megnyugtatóan. Ezen segítene, ha az egyes megfigyelési pontokon egyidejűleg több (fény)csapdát lehetne működtetni. Ennek jelenleg anyagi korlátai vannak, amit érdemes lenne újra értékelni, hiszen a várható haszon, a megbízhatóbb előrejelzés, nyilvánvalóan sokszorosan megtéríti a monitoring hálózat kiszélesítésének költségeit.

Az egyes külső tényezőknek a rovarok fejlődési és/vagy szaporodási ütemére vonatkozó laboratóriumi mérések szakirodalma rendkívül gazdag. Ilymódon az egyes tényezők, pl. a hőmérséklet, páratartalom, nappalhossz hatását külön-külön, vagy a kísérleti elrendezés szerinti kombinációban, nagy pontossággal, bármikor megismételhető módon ki lehet mérni. Így például válasz kaphatunk arra, hogy optimális hőmérsékleten, a hazai nappalhosszúsági értékek mellett egy nálunk még nem honos kártevőnek, ha betelepül, maximálisan hány nemzedéke fejlődhetne ki egy év folyamán (ami nyilvánvaló összefüggésben van azzal, hogy mekkora kárt okozhat). A korlátokat azonban ez esetben is látnunk kell. Az irodalmi adatok jelentős része régi keletű. A kísérleteket nem a klímaváltozás kérdéssel felvetésének vizsgálatára tervezték, így sokszor a vizsgálatokat olyan paraméterekkel végezték, ami nem adekvát a klímaváltozás várható mértékével (pl. 10°C-os hőmérsékleti különbség mellett). Továbbá, a laboratóriumi modellkísérlet eredményét nem lehet kritikátlanul extrapolálni a soktényezős szabadföldi viszonyokra. Azt is látnunk kell, hogy az idő, eszköz, és nem utolsó sorban pénzigényes méréseket minden bizonnyal csupán néhány kiválasztott, kiemelt jelentőségű, ill. indikátor rovarfajon lesz módunkban elvégezni, mégpedig csak olyanokon, amelyek laboratóriumi tömegtenyésztése megoldható. Az előnyök azonban itt is, mint a szabadföldi monitoring esetében, megéri a befektetést.

A világ- és a hazai irodalmi háttér jellegéről

Meglepő, hogy a klímaváltozás és lehetséges következményeivel foglalkozó bőséges szakirodalom milyen kis hányada foglalkozik a rovarokkal. Így például a Web of Science adatbázisából amíg a “climate change” keresés 15861 találatot, addig a “climate change and insects” csupán 223 találatot eredményezett (internetes keresés EISZ szerveren keresztül, 2004 október 1). Pedig a rovarvilágban bekövetkezett változások, mint arra fentebb utaltunk, közvetlenül befolyásolhatják mindennapjaink életét. Továbbá, a rovarvilág fajai közül

érzékeny indikátor fajokat lehet kiválasztani. Persze a klímaváltozás rovarvontatkozásával foglalkozó tudományos munkák száma így is jelentős. A legfontosabb nemzetközi és hazai munkákról *Kozár és mtsai. (2004)* számolnak be. A hazai irodalom elsősorban növény- és erdővédelmi vonatkozásokat vizsgál, és fény-, illetve egyes esetekben feromoncsapdás vizsgálatokra épít.

Közép-Európai példák rovarfajok elterjedésére a klímaváltozás tükrében

A klímaváltozás egyes komponensei a rovarfajokra különféleképpen hatnak, így a különféle klimatikus tényezők változása más és más fajok elterjedési területének (área) kiterjesztését segíthetik elő. Az alábbi példákat *Kozár és mtsai. (2004)* nyomán csoportosítjuk.

(1) Meleg nyarak hatására terjedő fajok

Az egyik leglátványosabb, szemünk előtt zajló eset a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) gyors térhódítása. A Macedóniában, az Ohridi tónál felfedezett új faj, amely akkor még csak ártatlan molylepkének tűnt, érdekes módon egy másodlagos, felső-ausztriai göcből (*Puchberger, 1990*) robbanásszerűen terjedt szét, elpusztítva a vadgesztenye fasorok teljes lombzatát. 1992-ben Alsó-Ausztriában 90%-os lombvesztést okozott (*Holzschuh és Krehan, 1992 (nincs ilyen irodalom az irodalomjegyzékben)*). 1993-as délnémetországi károsításáról tudósít *Butin és Führer (1994)*, valamint megjelenik hazánkban is (*Szabóky, 1994*). Az időközben a Benelux államokig és Svédország déli csücskéig hatolt molylepke terjedését, városképet romboló károsítását azóta is a lakosság és a média élénk figyelemmel kíséri. A hazánkban kifejlesztett, és sikerrel alkalmazott növényvédelmi stratégia feromoncsapdás rajzás-nyomonkövetés alapján végzett, szelektív rovarölő szerekkel (kitinszintézis-gátlók) történő permetezésein alapul (*Szőcs és mtsai., 2003*).

Ebbe a csoportba tartozik a lakosság figyelmét elkerülő, de a mezőgazdasági termelőknek komoly gondot okozó gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*). Korábban ez a Balkán térségéből csak alkalomszerűen idevetődő, polifág vándorlepke hazánkban nem okozott nagyobb területeken jelentős károkat, míg 1993 forró nyarán olymértékben özönlött be a Kárpát-medencébe, hogy a kukoricatermést országszerte súlyosan károsította (*Gyulai, 1994, Szeőke, 1994; Zarecky és Vörös, 1994*). A rákövetkező évben a kártevő első lepkenemzedékének megjelenését az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetében kifejlesztett feromoncsapdával sikerült legkorábban jelezni (*Szőcs és mtsai., 1994; 1995*). Külön figyelmet érdemel, hogy máig ismeretlen okok miatt a gyapottok-bagolylepke első nemzedékének rajzását feromoncsapdával kiválóan ki lehet mutatni, ellenben a fénycsapda nem ekkor fogja (*Szeőke és mtsai., 1995; Szeőke és Vollár, személyes közlés, 2003*). A további nemzedékek rajzását mind feromon-, mindpedig fénycsapdával lehet nyomonkövetni. A kártevő sikeresen telepedett meg, és azóta is évről-évre jelentős károkat okoz nemcsak kukoricában, hanem számos más növénykultúrában is (pl. paprika, paradicsom, dohány, lucerna, komló, szőlő, dísznövények, *Vörös, 2002*). A magas páratartalom és a csapadék növeli a mortalitást, és ezáltal csökkenti a populáció méretét, amely inszektáriumi nevelési kísérletek, ill. szabadföldi vizsgálatok során nyert megállapítást (*Vörös, 2002*).

Ugyancsak a veszélyes kártevők közé sorolható a földközi-tengeri gyümölcsleány (*Ceratitis capitata*), amely egyes forrónyarú években tűnik fel nálunk (*Kozár és mtsai., 2004*).

Az utóbbi időben az uborka levéltetű (*Aphis gossypii*) nagymértékű felszaporodása figyelhető meg a tökféléken (*Basky és mtsai., 2001*). Ezen túlmenően a faj tápnövényköre is kibővült, a közelmúltban almán jelentkezett a kártételi szintet elérő populációja. A mediterráneumban őshonos oleander levéltetű (*Aphis nerii*) megjelenésének is a közelmúltban lehettünk tanúi. A faj egyedei az utóbbi években gyakran megtalálhatók az *Asclepias syriaca*-n és az oleanderen (*Haltrich 1996; Haltrich és Vas, 1996*).

(2) Hűvös nyarak hatása a rovarok terjedésére

Nemcsak a felmelegedés, de a klíma időszakos hűvösebbre fordulása is hatással van a rovarokra. Ilyenkor a hűvösebbet kedvelő, atlanti fajok terjedésével számolhatunk. Ide sorolható az atlanti búzatripsz (*Limothrips cerealium*) és a gabona aknázólegyek terjedése (Kozár és mtsai., 2004).

(3) Enyhe telek hatására terjedő rovarok

Az enyhe telek teszik lehetővé egyes mediterrán fajok számára, hogy elterjedési határaikat észak felé kiterjesszék. Erre jó példa az eperfa-pajzstetű (*Pseudoulacaspis pentagona*) hazai előrenyomulása, amelyet Kozár munkássága révén jól ismerünk. A faj elterjedése ugrásszerűen történt, amely időben jól egyezett a magasabb téli hőmérsékletekkel (Kozár és mtsai., 2004).

(4) Száraz (arid) klimatikus viszonyok hatása a rovarok terjedésére

Mintegy 15 éve észleltük az orosz búza levéltetű (*Diuraphis noxia*) megjelenését Magyarországon (Basky és Eastop, 1991). A faj a Földközi tenger erdős sztyeppe vidékén őshonos (Mokrzhetski, 1901). Innen került a hetvenes években Dél-Afrikába (Walters és mtsai., 1980), majd a nyolcvanas évek közepén megjelent Észak-Amerikában is (Stoetzel, 1987). Az orosz búza levéltetű megjelenését 1990-ben észlelték Magyarországon a Nagy-Alföld fő búzatermesztő területein. A faj folyamatosan terjed észak felé, ma már jelen van Csehországban, Szlovákiában, Németországban és Lengyelországban is (Stary, 2000; Thieme és mtsai., 2001). Annak ellenére, hogy a búza súlyos kártevője az orosz búza levéltetű 15 éve jelen van Magyarországon, eddig még nem vált számottevő kártevővé hazánkban. Azokon a területeken, ahol az orosz búza levéltetű megjelenését követően a búza súlyos kártevőjévé vált, a gabona állománysűrűsége alacsony (Basky és Hopper, 2000). Dél-Afrikában 20-120 kg/ha vetőmagnormával vetik a búzát, Amerikában pedig 120 kg/ha-os az alkalmazott vetőmag-mennyiség. A csekély vetőmagnorma kis állománysűrűségű búzatablákat eredményez. A ritka növényállomány kedvező feltételeket teremt az arid körülményekhez alkalmazkodott kártevő szaporodásához. Ez a faj hazánkban azért nem vált súlyos kártevővé, mert a hazai termesztési gyakorlatban 220 kg/ha vetőmagmennyiséggel vetik a búzát, és ez olyan sűrű állományt eredményez, amelynek a mikroklimája kedvezőtlen a száraz erdős sztyeppe vidékről származó orosz búza levéltetű szaporodásához (Basky, 2003).

(5) Déli irányú terjeszkedés

Napjainkban leginkább déli elterjedésű rovarok észak felé terjedését említik a klímaváltozás bizonyítékául az északi féltekén. Rá kell mutatnunk azonban arra, hogy – bár ez a jelenség gyakorinak tűnik – ezzel egyidejűleg északi elterjedésű fajok déli irányú terjeszkedése is előfordul, ugyancsak az északi féltekén. Ezek az esetek azonban jelenleg kevés figyelmet kapnak, mert nem vágnak egybe a globális felmelegedés divatos elméletével. Ilyen típusú kutatásokra ezért manapság sokkal nehezebb támogatást szerezni, mint az általános felfogást igazoló esetekre, a délről észak felé irányuló rovar terjedésre. Bizonyítékul ehelyütt egyetlen rovarfaj, egy jól repülő, közepes testméretű szitakötő, a *Sympetrum pedemontanum* esetét említjük meg. Ez a rovar euro-szibériai elterjedésű, boreomontán állat, Európában hegységek (pl. a Kárpátok) ritka lakójaként volt ismeretes. Országunkban valamikor csak a Bükk hegységben mutatták ki (Jávorkút) (Steinmann, 1959; Ujhelyi, 1955, 1957). Az ötvenes évek végén azonban megtalálták síkvidéken is (Csaroda), igaz, ez az élőhely jégkori reliktum biotópokhoz hasonlatosan a környezetétől eltérő, hűvös klímájú (Bodor, 1965). A hatvanas évek elején jelentős népességű előfordulását bizonyították a Bakony északi peremén, síkvidéki lelőhelyeken (Tapolcafő, Pápa) (Benedek, 1961, 1965). Azóta pedig a Kisalföld

több nyugati, délnyugati pontján, továbbá a Szigetköz térségében is megtelepedett, s az utóbbi 5-6 évben a Tisza tó környékén, sőt a Nagykunság északi peremén is megtalálták (*Ambrus és mtsai., 1992*), *Benedek nem publikált*). Ez a rovar tehát – minként az adatokból látható – határozottan észak-déli, illetve magasabb hegyekből sík vidéki élőhelyek felé terjedést mutat, most, a felmelegedés viszonyai között is. Megítélésünk szerint nagyon fontos lenne az ehhez hasonló esetek felderítése és tanulmányozása, hogy a délről északra irányuló terjedés eseteivel összevetve, a mainál megalapozottabb következtetéseket vonhassunk le a globális klímaváltozás hatásairól az állatok elterjedésére.

Közép-európai példák rovarfajok nemzedékszámának megváltozására

Azon rovarfajoknak, amelyek egyetlen fejlődési stádiumának sincs feltétlen diapauzája, az időjárási tényezők függvényében mérsékelt égövön is egy év folyamán több nemzedéke fejlődhet ki. Esetükben tehát a nemzedékszámot az aktuális hőmérsékleti viszonyok és a nappalhosszúság (valamint további tényezők, így például a relatív páratartalom) együttesen, összetett kölcsönhatásban alakítják ki. A megváltozott klíma ezeknek a fajoknak a nemzedékszám változását vonhatja maga után. Legismertebb – és talán egyben a legvitatottabb – példa a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) esete. A hazánkban régebben egynemzedékesnek tartott faj második nemzedékének megjelenésére hazánk déli területein 1953-ban figyeltek fel először (*Nagy, 1993*). A legújabb közlemények a kétnemzedékes fejlődésmenetű típus hazai elterjedési határának jelentős mértékű északra tolódásáról számolnak be, kiegészítve azzal, hogy a kétnemzedékű típus populációs koefficiense a második nemzedék javára az utóbbi időben jelentősen eltolódott (*Keszthelyi és mtsai., 2004; Vörös, 2002*).

Az almamolynak (*Cydia pomonella*) magyarországi körülmények között két nemzedéke van, esetenként egy csonka harmadik nemzedék is kifejlődhet. Az 1930-as 1950-es években végzett felvételezések adatai szerint rajzásának jellegzetesen két csúcsa van. A második nemzedék egyedszáma attól is függ, hogy az első nemzedék hernyói a július végi, augusztus eleji napi megvilágítás időtartamától függően milyen arányban vonulnak diapauzába, telelőre. A korábbinál valamivel magasabb nyári hőmérséklet esetén az első nemzedék hernyóinak kisebb százaléka vonul nyugalmi állapotba, így a második nemzedék lepkéi folyamatosan nagy egyedszámban repülnek augusztus és szeptember folyamán is. Az 1990-es évek elején az almaültetvényekben rendszeresen végzett vizsgálatok adatai szerint az almamoly korábban megfigyelt két rajzáscsúcsa egybeolvadt, és a lepkék repülése szeptemberben is tart. Ez feltételezhetően a nyáron észlelt magasabb hőmérsékletek diapauza kialakulását mérséklő hatásának tudható be (*Jenser, nem publikált*).

További, határozatlan nemzedékszámú, de télen diapauzáló rovarok, mint a lombosfa-fehérmoly (*Leucoptera malifoliella*), füstösszárnyú körte-levélbolha (*Cacopsylla pyri*) esetében is fennáll annak a lehetősége, hogy az augusztusi magasabb hőmérséklet hatására a populáció pontosan nem ismert, nagyobb hányada csak későbbi időpontban vonul nyugalmi állapotba, augusztus-szeptemberben újabb nemzedékük jelenhet meg (*Jenser, nem publikált*).

Célszerű lenne módszeresen tanulmányozni, hogy a nyári hőmérsékleti viszonyok mennyiben és miként módosíthatják a megvilágítás időtartama által kiváltott diapauzát, miként befolyásolják egyes kártevő fajok populáció-dinamikáját.

Milyen további kutatás-fejlesztésre lenne szükség ahhoz, hogy a rovar tömeg-szaporodásokat időben előre tudjuk jelezni?

- A meglévő, szabadföldi monitoring-hálózatok kiszélesítése

A világviszonylatban is kiemelkedő, több évtizedes fénycsapdás adatsoraink egy-egy vizsgálati helyen egyetlen csapda adataira épülnek. Az adatok értékét hatványozná, ha egy

helyen és egy időben több csapda üzemeltetésére nyílna mód (ismétlés). Mindez persze korántsem technikai kérdés, hanem maga után vonja a befogott rovaranyagot megbízhatóan meghatározni képes, képzett taxonómusok számát, illetve a rovaranyag feldolgozására fordított munkaórák sokaságát. Megbízható előrejelzés azonban csak a fajgazdag rovarvilág részletekbe menő elemzésétől várható. A biodivezitás vizsgálatának és az indikátor fajok monitorozásának szükségességére *Kozár és mtsai.* (2004) mutattak rá. A vizsgálatok megtervezése, a fent említett taxonómiai szaktudás mellett megköveteli a szóban forgó fajok ökológiájának ismeretét is. Különösen fontos megvilágításba kerül ez a problémakör az automata csapdázási módszerekkel nem gyűjthető rovarfajok vonatkozásában.

- Klímakamrás laboratóriumi mérések:

Kézenfekvő, és egyben sürgető is, hogy a jövőbeli lehetséges klímaváltozás hatását előre megvizsgáljuk laboratóriumi körülmények között, klímakamrában, egyes kiszemelt rovarfajokon. Illusztrációként álljon itt egy példa: klímakamrában megvizsgálhatjuk, hogy egy nálunk még nem előforduló, de várhatóan tömegesen bevándorló kártevő rovarfaj fejlődési ideje hogyan változik a hőmérséklet és a fotoperiódus függvényében? Elvileg hazánkban hány nemzedék kifejlődésére kell számolnunk? Ilyen típusú vizsgálatokra egy konkrét adat a múltból: a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) hernyó stádiuma laboratóriumi körülmények között 30°C-os átlaghőmérsékleten kevesebb, mint 10 nap volt, míg 20°C-on több, mint 20 nap (*Cayrol, 1972*) A szabadföldön várható nemzedékszám (megfelelő óvatossággal) megbecsülhető.

- További kérdések

Hogyan változnak a tápnövény egyes tulajdonságai (pl. beltartalmi érték) különböző hőmérsékleten, és ez mennyiben befolyásolja a rajta tenyésztett rovar fejlődését? Ilyen és sok-sok hasonló jellegű laboratóriumi mérés adhatna választ megannyi nyugtalanító, növényvédelmi vonatkozású kérdésre.

3. AZ IDŐJÁRÁS-VÁLTOZÁS HATÁSAI A HERBOLÓGIA TERÜLETÉN

A gyomállomány fajszerkezetének változásai az elmúlt évtizedekben

A hazai gyomflóra összetételére ható legfontosabb tényezők az alábbiak:

- a herbicidek szelekciós nyomása,
- a monokultúra fokozódása,
- a különböző agrotechnikai eljárások,
- a tulajdonviszonyokban bekövetkezett változások,
- a gyomnövények biológiai sajátosságai,
- a növénytermesztés színvonala.

Hazánk gyomflórájának változását 1947-től a négy Országos Gyomfelvételezés adatai alapján követhetjük nyomon (1. táblázat). Ennek alapján a következő főbb tendenciák állapíthatók meg:

1. táblázat. Az I-IV Országos Gyomfelvételezések eredményei hazánkban

Gyomfaj neve	I. Országos Gyomfelvételezés (1947-1953)		II. Országos Gyomfelvételezés (1969-1971)		III. Országos Gyomfelvételezés (1987-1988)		IV. Országos Gyomfelvételezés (1996-1997)	
	Fontos-sági sorrend	Borítási %	Fontos-sági sorrend	Borítási %	Fontos-sági sorrend	Borítási %	Fontos-sági sorrend	Borítási %
1. táblázat. Az I-IV Országos Gyomfelvételezések eredményei hazánkban								

<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	21	0,39	8	0,87	4	2,57	1	5,37
<i>Echinochloa crus-galli</i>	9	0,86	1	3,73	1	4,42	2	3,9
<i>Amaranthus retroflexus</i>	17	0,51	5	1,47	3	3,06	3	3,63
<i>Chenopodium album</i>	3	1,53	3	2,06	2	3,08	4	2,80
<i>Cirsium arvense</i>	2	2,00	7	1,12	8	0,71	5	1,81
<i>Convolvulus arvensis</i>	1	7,93	2	2,51	5	1,94	6	1,66
<i>Matricaria inodora</i>	66	0,07	26	0,23	6	1,30	7	1,49
<i>Datura stramonium</i>	179	0,001	59	0,06	19	0,38	8	1,10
<i>Amaranthus chlorostachys</i>	105	0,02	18	0,39	13	0,57	9	0,94
<i>Sorghum halepense</i>	-	-	94.	0,03	18	0,40	10	0,78
<i>Galium aparine</i>	138	0,01	50	0,09	12	0,59	11	0,73
<i>Elymus repens</i>	27	0,28	12	0,51	20	0,38	12	0,65
<i>Helianthus annuus</i>	206	0,00	119	0,01	16	0,42	13	0,59
<i>Bilderdykia convolvulus</i>	14	0,71	6	1,14	11	0,60	14	0,58
<i>Panicum mileaceum</i>	199	0,00	192	0,00	23	0,29	15	0,56
<i>Xanthium strumarium</i>	130	0,01	113	0,01	24	0,27	16	0,55
<i>Polygonum lapathifolium</i>	29	0,25	16	0,40	10	0,60	17	0,53
<i>Setaria glauca</i>	7	1,11	4	1,95	7	0,72	18	0,50
<i>Sinapis arvensis</i>	22	0,37	13	0,48	9	0,63	19	0,47
<i>Apera spica-venti</i>	56	0,08	36	0,14	14	0,46	20	0,47

1988-ig az egyes felvételezési pontokon jelentősen csökkent a felvételezett fajok száma. Az 1996-97-es felvételezések viszont ismét a fajszám növekedését mutatják. 1988-ig jelentősen csökkent az évelők borítása és előretörték a magról kelő egy- és kétszikűek. A legújabb felvételezés viszont azt mutatja, hogy különösen a *Cirsium arvense* és *Elymus repens*, de más évelő fajok borítása is ugrásszerűen növekedett. Az 1987-88-as felvételezés 24 legfontosabb gyomnövénye közül 6 hátrébb szorult, 8 faj pedig előretört, sőt három faj bekerült a legfontosabbak közé. Jelentősen növekedett az összborítás, ami azt jelzi, hogy a szántóterületek gyommag készlete emelkedik (Tóth és Spilák 1998; Hunyadi és mtsai., 2000).

A felvételezések adatai alapján a gyomállomány fajspektruma beszűkült, egyes gyomfajok veszélyessége azonban fokozódott. Figyelemre méltók egyes fajok esetében a fajon belüli változások, pl. a nád vízi ökotípusa pusztul, szántóföldi ökotípusa viszont terjed hazánkban. Ez hosszú távon a globális felmelegedéssel összefüggő száraz körülményekhez jobban alkalmazkodó fajok, ökotípusok előretörését prognosztizálja.

Elvégezték a veszélyes gyomfajok szántóföldi elterjedésének országos felmérését is. Ezeket a gyomfajokat „piszkos tizenkettő” néven ismerik, melyek száma ma már 24-re növekedett. A „Veszélyes 24”-ből 13 faj a IV. Országos Gyomfelvételezés alapján legfontosabbnak tartott húsz gyomfaj között szerepel. A „Veszélyes 24”-be azok a gyomfajok tartoznak, amelyek gazdasági kártétele gyors szaporodási ütemükből, különleges biológiai sajátosságaikból adódóan fokozott mértékű, és az ellenük történő védekezés emiatt nehéz, vagy jelentősen megnöveli a termesztési költségeket. Az ide tartozó fajok a következők: az évelő egyszikűek közül a nád (*Phragmites australis*), siskanád tippán (*Calamagrostis epigeos*), tarackbúza (*Elymus repens*), fenyércirok (*Sorghum halepense*); évelő kétszikűek: mezei aszat (*Cirsium arvense*), selyemkóró (*Asclepias syriaca*), hamvas szeder (*Rubus caesius*), apró szulák (*Convolvulus arvensis*); egyéves egyszikűek: kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli*), parlagi ecsetpázsit (*Alopecurus myosuroides*), nagy szélitippán (*Apera spica-venti*), vadzab (*Avena fatua*), kölesfajok (*Panicum spp.*); egyéves kétszikűek: selyemmályva (*Abutilon theophrasti*), parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), csattanó maszlag (*Datura stramonium*), ragadós galaj (*Galium aparine*), szerbtövis fajok (*Xanthium spp.*), fekete csucsor (*Solanum nigrum*), fehér libatop (*Chenopodium album*), szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*), ebszikfű (*Matricaria inodora*), betyárkóró (*Conyza canadensis*), egynyári szélű (*Mercurialis annua*).

Ha a négy Országos Gyomfelvételezés adatait összevetjük, akkor azt tapasztaljuk, hogy az előző felmérésekhez képest a 10-200 szoros borításnövekedést elért fajok szinte kivétel nélkül a melegigényesek közül kerülnek ki (Szóke, 2001). Ezek a fajok az első, az 50-es években végzett felvételezések szerint még csak az ország melegebb, déli részein voltak megtalálhatók. Most is ott fordulnak elő tömegesen, de terjedésük az északi térségek felé a felmérések alapján bizonyítható (2.táblázat). Az egzotikus, trópusi, szubtrópusi eredetű fajok elterjedési területeinek észak felé történő eltolódása világszerte tapasztalt jelenség (Patterson, 1995).

Két hasonló származású, meleg termőhelyről származó és ökológiai igényű faj, a pipacs (*Papaver rhoeas*) és a konkoly (*Agrostemma githago*) biológiai sajátosságaiban mutatkozó eltérések magyarázatul szolgálhatnak jelenlegi elterjedésük és fontosságuk megítéléséhez. Mindkettő fokozott érzékenységet mutat a herbicidekkel szemben, a konkoly magjainak azonban nincsen nyugalmi állapota, ami azt jelenti, hogy a magvak a talajba kerülésüket követően azonnal csíráznak. Ezzel szemben a pipacs magjai hosszú (10-20 évig tartó) magnyugalmi állapottal jellemezhetők, ezért a talajok állandó magkészletét gyarapítják, ami a faj számára a hosszú távú fennmaradást biztosítja. A pipacs maghozama jelentős (20 ezer mag/növény), a konkoly növényenkénti magtermelése csekély (150 mag/növény). Más fajokkal társulásban a pipacs jelentős versenyképességgel rendelkezik, míg a konkoly versenyképessége gyenge, ami különösen a fényért folytatott versengésben nyilvánul meg. A vetőmagvak a nagyobb méretű konkoly magvaktól könnyen elkülöníthetők, míg az apró magvú pipacs magjai gyakran szennyezik a termést. Ezek a biológiai sajátosságokban megnyilvánuló különbségek eredményezték azt, hogy ma már a konkoly felkerült a védett növények listájára, míg a pipacs ma is a jelentős gyomnövényeink közé tartozik (Czímber, 2004).

2. táblázat. Egyes melegigényes gyomfajok térhódítása az országos gyomfelvételezések alapján

Gyomfaj	I.(1950-1952)		II. (1969-1971)		III. (1987-1988)		IV. (1996-1997)	
	sorrend	borítás%	sorrend	borítás%	sorrend	borítás%	sorrend	borítás%
<i>Abutilon theophrasti</i>	-	-	-	-	61	0,05	24	0,31
<i>Asclepias syriaca</i>	-	-	289	0,001	113	0,009	91	0,016
<i>Datura stramonium</i>	179	0,001	59	0,06	19	0,38	8	1,10
<i>Xanthium italicum</i>	-	-	257	0,002	43	0,12	28	0,23
<i>Xanthium strumarium</i>	130	0,013	113	0,015	24	0,27	16	0,55
<i>Xanthium spinosum</i>	-	-	341	0,003	102	0,011	73	0,037
<i>Amaranthus chlorostachys</i>	105	0,02	18	0,39	13	0,57	9	0,94
<i>Panicum miliaceum</i>	199	0,003	192	0,005	23	0,29	15	0,56
<i>Iva xanthiifolia</i>	-	-	-	-	78	0,286	83	0,022
<i>Sorghum halepense</i>	-	-	94	0,025	18	0,4	10	0,78
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	21	0,39	8	0,87	4	2,57	1	5,37

Glemnitz és mtsai. (2000), valamint Radics és mtsai. (2000) a gyomflóra összetételének változását vizsgálták egy európai (észak-déli) klímagrádiens mentén. Vizsgálataik célkitűzései között szerepelt, hogy megállapítsák a gyomflóra összetételében megmutatkozó különbségeket és az adott régióra vonatkozó jellegzetességeket, továbbá az egyes klimatikus tényezők hatását a gyomflóra összetételére. Vizsgálati eredményeik a klímaváltozás hatásainak elemzéséhez nyújtanak alapadatokat. Legfontosabb megállapításaik a következők: a fajszám délről (mediterrán) észak felé (boreális klíma) haladva 405-ről 49-re csökkent. Az északi és a déli térségekben az adott klímát jellemző fajok fordultak elő a legnagyobb gyakorisággal. Ugyanakkor a klimatikus adottságoktól függetlenül egész Európában gyakoriak voltak a következő fajok: *Polygonum aviculare*, *Fallopia convolvulus*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*. Domináns volt az egyéves gyomfajok előfordulása, míg az

évelők előfordulási gyakorisága között a különböző klimatikus zónákban nem volt különbség. A tavasszal és nyár elején csírázó fajok száma az átlag hőmérséklet süllyedésével csökkent.

Czímber és mtsai. (2004) vizsgálatai szerint hazánkban a Szigetközben a klímaváltozás hatására a gyomflóra összetételét illetően a következő változások prognosztizálhatók:

- a Közép-Európában régen vagy újonnan bevándoroltnak ismert fajok száma nő, a melegebb régiók (elsősorban a mediterrán) irányából;
- a melegebb klímát kedvelő fajok Közép-Európában elsőként az erősen zavart termőhelyi viszonyok között (szeméttelpek) jelennek meg;
- az áttelelő (az Újvárosi életforma-rendszer szerinti T₁ és T₂-es) egyéves fajok borítása az átlaghőmérséklet emelkedésével a jövőben várhatóan növekedni fog, az új mediterrán fajok megtelepedését viszont a hazai erős téli fagyok korlátozhatják;
- a kapás kultúrákban a melegkedvelő, szárazságtűrő fajok borítása növekedni fog (pl. a Középső-Szigetközben), ezek már ma is, mint C₄-es fotoszintézist folytató fajok a legnagyobb borításúak (Poaceae, Asteraceae, Amaranthaceae, Chenopodiaceae családok fajai);
- a gyomnövényzet mennyiségi (borítás) változásait a kultúrnövények versenyképessége is befolyásolja.

A hazai legfontosabb gyomfajok csoportosítása hőigény szerint

A 4. Országos Gyomfelvételezés alapján az első húsz legfontosabb gyomnövény hőigény szerinti csoportosítása *Soó (1973)* alapján a következő: a hőközömbös (T₀) kategóriába tartozik a fajok döntő többsége, mintegy 65 %-a. Hidegtűrő (T₂) a fajok 11, és kevésbé hidegtűrő (T₃) a fajok 24%-a. A fajok között nincsen melegkedvelő (T₄) és melegigényes (T₅) csoportba tartozó.

Némileg ellentmond ennek az egyéves (Terophyton) gyomfajok Újvárosi-féle életformarendszer szerint történő csoportosításának eredménye, mely a csírázás hőmérséklet-igényét veszi figyelembe. Eszerint a fajok 88 %-a a tavasszal csírázó, nyárutói egyévesek csoportjába tartozik, melyek optimális csírázási hőmérséklete 18-30°C (T₄-es életforma). Az egyéves fajok 12 %-a T₂-es életformájú, azaz ősszel és tavasszal is egyaránt csírázó, a csírázáshoz alacsonyabb hőmérsékletet igénylő nyáreleji egyéves. A „Veszélyes 24” gyomfajai közül hőközömbös a fajok 57 %-a, hidegtűrő a fajok 9,5 %-a, kevésbé hidegtűrő a fajok 24, és melegkedvelő a fajok 9,5 %-a. Az első húsz legfontosabb gyomfajhoz hasonlóan itt is legnagyobb aránnyal a hőközömbös (T₀) fajok képviseltetik magukat, de a már kifejezetten melegkedvelők (T₄) (pl. selyemmályva) is megjelennek. A „Veszélyes 24” egyéveseinek csoportosítása az Újvárosi-féle életforma rendszer szerint: T₄-es (75 %), T₃-as (tavasszal csírázó nyár eleji egyéves, 12,5 %), T₂-es (12,5 %).

A hazai legfontosabb gyomfajok csoportosítása vízigény szerint

A hazai húsz legfontosabb gyomfaj vízigény szerinti csoportosítása a következő: F₀ (talaj víztartalmával szemben közömbös fajok: 35 %); F₂, F₂₋₃ és F₃ (közepes vízigényű) fajok: 53 %; F₃₋₄ (nyirkos termőhelyen élők: 12 %). Legnagyobb arányban a közepes vízigényű fajok szerepelnek (53 %), az F₁ ökológiai csoportba tartozók (száraz termőhelyen élők) nincsenek köztük. A „Veszélyes 24” gyomfajainak vízigény szerinti csoportosítása: közepes vízigényű a fajok 62 %-a, a talaj víztartalmával szemben közömbös a fajok 33 %-a. A nyirkos termőhelyen élők (F₃₋₄ csoport) mindössze 5 %-ot képviselnek.

Fentiekből az a következtetés vonható le, hogy a legutóbbi Országos Gyomfelvételezés (1996-1997) adatai, illetve a „Veszélyes 24” gyomfajainak hő- és vízigény szerinti elemzése

alapján nem mutatható ki a nagy hő- és szárazságtűrő fajok fokozott elterjedése, hazánkban ugyanis ezeknek a gyomfajoknak a döntő többsége hőigény alapján közömbös, vízigény alapján pedig közepes igényű. Elterjedésük okai tehát nincsenek szoros korrelációban a globális felmelegedés indukálta változásokkal, hanem egyéb tényezők függvényei. A felmelegedés gyomflórára gyakorolt hatásával kapcsolatosan figyelemre méltó azonban az a tény, hogy az egyéveseken belül a csírázásukhoz magas hőmérsékletet igénylő nyárutói egyéves fajok dominálnak.

A gyomfajok életforma-analízisének során egyértelmű az egyéves fajok fokozódó előretörése (az első húsz legfontosabb gyomfaj 80 %-a, a „Veszélyes 24” fajainak 67 %-a egyéves életformájú) az évelőkkel szemben. Az ilyen irányú életforma eltolódás a hazai természetes növénytársulásokban is megfigyelhető, amelyet *Borhidi (1995)* a globális felmelegedés következményének tulajdonít.

A Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat tervezi az újabb (5.) Országos Gyomfelvételezést, amely felmérő munka eredményeinek hasonló elemzése további támpontot adhat a felmelegedés és a gyomflóra-változás összefüggéseivel kapcsolatosan.

A gyomflóra elemzése származás (géncentrum) és a fotoszintézis típusa szerint

Géncentrumok

Ezzel kapcsolatosan a feltett kérdésünk a következő: bizonyítható-e a melegebb termőhelyről származó gyomok fokozódó elterjedése és a C₄-es típusú fotoszintézist folytató fajok előretörése? Az első legfontosabb húsz és a „Veszélyes 24” gyomfajainak (összesen 31 faj) származás (géncentrum) alapján történő csoportosítása a következő: észak-amerikaiak az *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus retroflexus*, *Conyza canadensis*, *Asclepias syriaca*, *Matricaria inodora*, *Datura stramonium*; közép-ázsiai a *Cannabis sativa*; európai-cirkumpoláris az *Elymus repens*; észak-amerikai – mexikói a *Helianthus annuus*; eurázsiai a *Xanthium strumarium*, *Apera spica-venti*; dél-eurázsiai az *Echinochloa crus-galli*, *Convolvulus arvensis*, *Alopecurus myosuroides*, *Sorghum halepense*; dél-eurázsiai, kínai a *Panicum mileaceum*, *Abutilon theophrasti*; eurázsiai-mediterrán a *Chenopodium album*, *Mercurialis annua*, *Rubus caesius*, *Avena fatua*, *Calamagrostis epigeos*; dél-eurázsiai-mediterrán a *Bilderdykia convolvulus*, *Setaria glauca*, *Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum*; délkelet-európai – kelet-mediterrán a *Cirsium arvense*; mérsékelt-cirkumpoláris – mediterrán a *Galium aparine*, *Polygonum lapathifolium*; szubtrópusi a *Phragmites australis*, *Amaranthus chlorostachys*.

A csoportosításból látható, hogy a fajok többsége – csaknem kétharmada – meleg termőhelyről származik (dél-eurázsiai, mediterrán, szubtrópusi géncentrummal), ugyanakkor az észak-amerikai kontinensről is származnak melegigényes fajok (pl. *Ambrosia artemisiifolia*, *Asclepias syriaca*, *Datura stramonium*). A hazai teljes flórát alkotó mintegy 2400 faj közül 10-12 %-os a mediterrán flóraelemek aránya, míg az *Ujvárosi (1973)* által leírt 800 hazai gyomfaj vonatkozásában ez a hányad megkétszereződik (25 %, *Czimer, 2004*).

Nem szabad figyelmen kívül hagyni azonban azt a tényt sem, hogy a meleg termőhelyről származó fajok közül ma számos – magasfokú alkalmazkodó képességének köszönhetően – kozmopolitává vált, vagyis a világ minden részén elterjedt, és jelentős gazdasági károkat okoz. Némely meleg termőhelyről származó faj jelenlegi legnagyobb elterjedési területe pedig éppen a mérsékelt éghajlati öv (pl. nád).

A fotoszintézis típusai

A C₄-es típusú fotoszintézist folytató fajok számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek a C₃-as fotoszintézist folytató fajokhoz képest, ami különösen stressz-helyzetekben (forróság, szárazság, nagy fényintenzitás) érvényesül. Kiemelendő ezek közül a magas fotoszintetikus

produktivitásuk, és az a tény, hogy egységnyi szárazanyag képzéshez jóval kevesebb vizet használnak fel. A fontosabb gyomfajok közül C₄-es fotoszintézist folytatnak pl. a *Sorghum halepense*, az *Amaranthus* fajok, az *Echinochloa crus-galli*, a *Digitaria sanguinalis*, a *Setaria* fajok, a *Panicum* fajok, a *Xanthium* fajok, a *Cynodon dactylon*, a *Portulaca oleracea*, a *Cenchrus pauciflorus*. A világ 18 legveszélyesebbnek tartott gyomfaja közül 14 faj C₄-es (Holm és mtsai., 1977). Ezzel szemben a Föld élelmiszer-ellátásában szerepet játszó 15 legfontosabb kultúrfaj közül mindössze 3 faj C₄-es (Harlan, 1975; Prescott-Allen és Prescott-Allen, 1990).

A hőmérséklet emelkedésére a C₄-es fotoszintézist folytató fajok érzékenyebben reagálnak. Egyes fajok növekedését már 3-5°C-os nappali/éjszakai hőmérsékletemelkedés is képes serkenteni (pl. *Amaranthus chlorostachys*), ami a fajok versenyképességének fokozódását vonja maga után (Kozár és mtsai., 1996; Solymosi, 2002).

Ugyanakkor számos C₃-as fotoszintézisű gyomfajunk is jelentősen elterjedt és súlyos gazdasági károkat okoz (pl. *D. stramonium*, *A. artemisiifolia*, *C. album*, *C. arvense*). Az elmúlt évtizedek kutatásai arra is ráirányították a figyelmet, hogy a globális felmelegedéssel összefüggő légköri CO₂ koncentráció emelkedésével a C₃-as növények biomassza produkciója nagyobb mértékben növekedett (130 %), mint a C₄-es fajoké (115 %) (Carter és Peterson, 1983; Patterson, 1995).

Tekintettel arra, hogy gyomnövényeink többsége C₄-es típusú fotoszintézist folytat, a kultúrnövények nagyobb része pedig C₃-as típusú, a gyomnövények és a kultúrnövények közötti versengésben ez a kultúrfajok számára kedvezőbb. Egy üvegházi kísérletben például a légköri CO₂ koncentráció 350 ppm-ről 675 ppm-re történő növelésével a C₃-as fotoszintézist folytató szója versenyképessége növekedett a C₄-es fenyércirokhoz képest (Patterson-Flint 1980). Amíg tehát a klímaváltozással kapcsolatos CO₂ koncentráció emelkedés a C₃-as, a hőmérséklet- és a szárazságstressz fokozódása a C₄-es fajoknak kedvez.

A légköri CO₂ koncentráció emelkedésének további lehetséges következményei:

- a fokozódó fotoszintézis következtében az évelő gyomfajoknál a vegetatív szaporodást és áttelelést szolgáló föld alatti szaporítóképletek (tarack, rizóma, szaporítógyökér) össztömege növekszik, ezért az ellenük történő védekezés nehezebbé válik;
- a levélfelületi tulajdonságok megváltozása és a keményítő felhalmozódása a C₃-as növények leveleiben akadályozó tényezője lehet a vegyszeres gyomirtás hatékonyságának, másrészt a magasabb hőmérséklet és az ezzel együtt járó intenzívebb metabolikus aktivitás fokozhatja a herbicidek felvételét és transzlokációját a gyomnövényekben;
- a legújabb munkák arra hívják fel a figyelmet, hogy a magasabb CO₂ koncentráció fokozza egyes fajok, pl. a parlagfű pollentermelésének mértékét.

A melegebb termőhelyről származó gyomok fokozódó elterjedése és a C₄-es típusú fotoszintézist folytató fajok előretörése tehát bizonyítható, és a jövőre nézve is prognosztizálható. Az eddigi felmérések eredményei azonban arra utalnak, hogy a hazai gyomflóra változásnak a klímaváltozás (globális felmelegedés) csak az egyik, de nem a legfontosabb oka. Például az egyaránt melegigényes parlagfű, köles és disznóparéj fajok tömeges felszaporodására ható tényezők közül fontosabb a monokultúras termesztési módban alkalmazott egyoldalú herbicidhasználat következtében kialakult rezisztens biotípusok térnyerése, az eredményes gyomirtási technológiák kis száma és magas költsége, az előnyös biológiai tulajdonságok érvényesülése (pl. allelopátia) stb.

Az időjárás-változás hatása a gyomfajok biológiai sajátosságaira

A további elemzés szempontjából célszerűnek tartjuk az időjárás-változás gyomvegetációra,

a gyomnövények biológiai sajátosságaira gyakorolt hatásának olyan irányú elemzését, melyben a különböző évszakoknál bekövetkező alternatív változások hatását elemezzük, hiszen a gyomnövények növénytermesztési-növényvédelmi szempontból fontos fenológiai fázisai, és a gyomnövények elleni védekezésekben még jelenleg is a legfontosabb szerepet játszó herbicid kezelések az év bizonyos szakaszához, és a gyomnövények/kultúrnövények fenofázisaihoz kötöttek.

Az évszakok feltételezett változásai alapján várható következmények

(1) Hideg vagy enyhe tél

Hideg tél esetén fennáll a veszélye a T_1 és T_2 -es életformájú (összel csírázó) fajok csíranövényei pusztulásának. Amennyiben talajmenti fagyok is várhatók – az évelő fajok közül – a talajszintben telelők (Hemikriptophyton) áttelelő szervképleteinek elpusztulása várható. Valószínűleg a mélyebb talajrétegekben telelő és jelentősebb veszélyt jelentő Geophyta életformájú fajokra (G_1 és G_3) a hideg tél nincs hatással, hiszen ezek mélyebb talajrétegekből – ahol már nincsen fagy – képesek regenerálódni. Enyhe tél esetén az áttelelő T_1 és T_2 -es fajok tömeges megjelenése várható tavasszal, elsősorban az őszi vetésű kultúrákban (őszi búza, repce), és elképzelhető, hogy néhány nyárutói egyéves (T_4 -es) faj is csírázik őszel és áttelel, így tavasszal szintén korai kompetíciós partnerként jöhet számításba őszi vetésű és évelő kultúrákban. Tavaszi kultúrákban az esetlegesen áttelelő T_4 -eseknek nincsen jelentősége, hiszen a tavaszi vetés előkészítés során a csíranövények elpusztulnak.

(2) Hűvös vagy meleg tavasz

A tavaszi időjárás befolyásolhatja a periodicitást az egyéveseknél (csírázás szezonális menete) és az évelő gyomoknál (regenerálódás aktivitása) egyaránt. Ha hűvös a tavasz, akkor az egyéveseknél a csírázás, és évelőknél a kihajtás késik, vontatottá válik. Meleg tavaszon – különösen, ha ahhoz megfelelő mennyiségű csapadék is társul – a tavasszal csírázó gyomok „robbanásszerű” előretörése és az évelők intenzív regenerálódása tapasztalható.

Az ekkor végzett herbicides alapkezelések hatékonyságát inkább a csapadékviszonyok, és nem a hőmérséklet befolyásolja. Az alapkezelésekhez elengedhetetlen a megfelelő mértékű (10-20 mm) bemosó csapadék, száraz tavaszon a hatékonyság nem megfelelő. A túl sok csapadék azonban mélyebb rétegekbe moshatja be a talajherbicideket, ami fitotoxicitást okozhat olyan kultúrnövényeknél, melyek helyzeti szelektivitást mutatnak egyes herbicidekkel (pl. triazinok, karbamidszármazékok) szemben. A korai állomány (posztemergens) kezeléseknél a hűvös tavaszon a kultúrnövény vontatottabban fejlődik, ami miatt a herbicidkezelések következtében azon esetleges toxicitás tünetek mutatkozhatnak.

(3) Hűvös vagy forró nyár

Globális felmelegedést feltételezve elsősorban a forró, száraz nyár hatását kell elemeznünk. A magas hőmérséklet, a nagy fényintenzitás, és a szárazság a növény számára stresszt jelent. Ez azt jelenti, hogy stressz-helyzetben a gyomnövények vegetatív fázisukat jelentősen lerövidítik azért, hogy magot hozhassanak. Ez az egyéves gyomoknál a hatékony túlélési stratégiát szolgálja. Előtérbe kerülnek a stressz-helyzethez jobban alkalmazkodó C_4 -es fotoszintézist folytató gyomnövények. Tekintettel arra, hogy a C_4 -esek CO_2 fixálásának primer kulcsenzime a foszfo-enol-piroszőlősav (PEP) karboxiláz, és ennek CO_2 megkötő képessége több mint 30-szorosa a C_3 -nál szerepet játszó ribulóz-difoszfát karboxiláz (RuDP-karboxiláz) CO_2 megkötő képességének, a C_4 -esek képesek arra is, hogy a fénylégzés (fotorespiráció) során felszabaduló CO_2 -ot megkössék. Ez pedig azt jelenti, hogy stressz-helyzetben (szárazság, magas hőmérséklet és nagy fényintenzitás) nem szorulnak a sztómákon keresztül történő CO_2 utánpótlásra. A zárt sztóma pedig a CO_2 fixálás mellett egyidejűleg jelentősen csökkenti a

párologtatásból adódó vízveszteséget.

A szárazságtűrő fajok közül a vízveszteségüket különböző stratégiákkal korlátozó ún. arid aktív fajok (pozsgások) közül nincsen jelentős gyomfaj a mérsékelt övben. Az arid toleránsok közül – melyek nagymennyiségű vizet is elveszíthetnek irreverzibilis károsodás nélkül – a magas szubletális víztelítettségi deficittel rendelkezők szaporodhatnak fel szárazság esetén. Ilyen pl. a pirók ujjasmuhar, parlagfű (*Almádi 1976; Kazinczi és Hunyadi, 1992, Mikulás és mtsai., 1990*).

Szárazság-stressz alatt megnő a fajok gyökér/hajtás aránya. A mélyebbre hatoló, nagyobb kiterjedésű gyökérrendszer lehetővé teszi a mélyebb talajrétegekből történő vízfelvételt, a relatív kisebb hajtásfelület pedig csökkenti a transpirációból adódó vízveszteséget. A magas hőmérséklet következtében a fotoszintézis hatékonysága is megnövekszik, ami a növekedési indexek közül a NAR (nettó asszimilációs ráta) mértékével fejezhető ki, vagyis az egységnyi levélterületre eső szárazanyag produkció mértékével. Amennyiben a csökkenő asszimilációs levélfelület ellenére a vegetációs periódus végén is jelentős a szárazanyag gyarapodás, ez egy adott faj versenyképességét fokozhatja egy olyan másik fajjal szemben, amely nagyobb termetű és gyorsabb növekedésű (*Kazinczi és mtsai., 1998*).

Stressz helyzetben (szárazság, forróság) a *Grime*-féle (1979) csoportosítás szerint az ún. stressz-toleráns fajok dominálhatnak, melyeknél a relatív növekedési ütem (Relative Growth Rate, RGR) maximális értéke (RGR_{max}) alacsony. A stressz-toleráns fajok növekedési üteme lassú, termetük alacsony, így nem merítik ki túl korán a talaj tartalék vízkészletét, ezért az adott faj számára kedvezőtlen ökológiai tényezők közepette is fennmarad (*Pons, 1979*). Adataink vannak arra nézve, hogy a szárazság-stressz alatt fejlődő anyanövényekről származó magvak nyugalmi állapota intenzívebb, mint a jó vízellátottságú helyen élő növényekről származó magvaké (pl. egynyári szélfűnél). A magnyugalmi állapot a gyomnövények fontos élettani jellemzője, mely az ellenük történő védekezéseket megnehezíti, ugyanakkor a gyomfajok számára hatékony „túlélési stratégiát” jelent. Más tanulmányok ellenkező hatásról számolnak be, pl. a fűféléknél, vagyis arról, hogy a szárazság-stressz alatt fejlődő magvak nincsenek nyugalmi állapotban (*Kazinczi és Magyar, 2003*).

Száraz-meleg hatására egyes évelő fajoknál ún. nyári nyugalmi állapot indukálódhat, ennek során a vegetatív rügyek nem hajtanak ki, és az anyagcsere minimálisra csökken. Az évelő fajoknál a vegetatív rügyek nyugalmi állapota az ellenük történő hatékony védekezés gátló tényezője, hiszen a regenerálódás mértéke és az évelő fajok ellen hatásos felszívódó herbicidek hatékonysága között szoros pozitív korreláció van. A megfelelő csapadékellátottság lehetővé teszi egyes gyomfajok számára a folyamatos, elhúzódó csírázást, ami az ellenük történő védekezést megnehezíti, ugyanis az alapkezelések hatékonysága a kései csírázás idejére már megszűnik, az állománykezeléseknek pedig nincsen hosszantartó hatása.

A hő- és szárazság-stressz ellen egyes fajok morfológiailag is védekeznek, és ún. „xeromorf” jellegzetességek alakulhatnak ki. Ebben az esetben pl. az egységnyi levélterületre vonatkoztatott sztómák száma csökken, megnövekszik a vízvezető kapacitás (több edénynyaláb, levélerezet sűrűségének megnövekedése), csökken a levélfelület, vastagabb a kutikula stb. Ezen morfológiai változások jelentősen befolyásolhatják a herbicidek felszívódásának és hatékonyságának mértékét is.

4. Hűvös vagy meleg ősz

Az őszi időjárás befolyásolja a gyomnövények maghozamát és évelő növényeknél a tápanyagtranszport irányát és mértékét. A hűvös ősz és különösen a korai fagyok következtében az évelő fajoknál előbb beáll az ún. belső nyugalmi állapot, ezért a föld alatti áttelelő szaporítóképletekhez a raktározandó asszimiláták a floem-transzporttal nem jutnak el megfelelő mennyiségben, a növény kevesebb tápanyagot raktároz, ami a következő évi

tavaszi kihajtás mértékét jelentősen befolyásolja. A meleg őszi növeli a maghozamot és ezáltal – megfelelő védekezés hiányában – a mezőgazdasági területek talajának gyommaggal történő telítődését. Az évelő gyomfajok föld alatti szaporítóképleteinek tartalék tápanyagokkal történő „őszi feltöltődésére” a meleg őszi szintén kedvező hatással van.

A száraz hideg őszi a T₂-es életformájú fajok (ősszel és tavasszal egyaránt csírázó nyári eleji egyévesek) csírázása elmaradhat, így azok csak a következő év tavaszán csíráznak. A később, tavasszal csírázó T₂-esek maghozama azonban jóval alacsonyabb, mint az őszi csírázóké. Szabadföldi kísérleteink szerint pl. az *Apera spica-venti* faj októberben csírázó egyedei több mint 60 ezer magot hoztak növényenként, míg a következő év márciusában kelőknél csupán 19 ezer volt a növényenkénti maghozam (Kazinczi, 1993).

Növényi invázió

A világszerte tapasztalható növényi invázió, a biológiai sokszínűség fennmaradásának legkomolyabb veszélyeztetője. A rendszerint más kontinensről származó, ún. inváziós növényfajok („özönnövények”) tömeges elterjedésükkel homogenálják, megváltoztatják a meghódított közösség fajösszetételét és működését (szukcessziós viszonyait). A fajok száma és a diverzitás jelentősen csökken. Az inváziós fajok egy része, mint veszélyes gyomnövény, ún. „özöngyom” (selyemkóró, parlagfű, mandulapalka, alkörmös, selyemmályva, magas aranyvessző, japán keserűfű fajok stb.) jelentős gazdasági kártételt és komoly természetvédelmi problémát is okoz (Solymosi és mtsai., 2001; Béres, 2004; Botta és mtsai., 2004; Bagi, 2004; Balogh, 2004; Dancza és mtsai., 2004). Intenzív vegetatív növekedésüknek, erőteljes generatív szaporodásuknak, és egyéb előnyös biológiai tulajdonságaiknak köszönhetően kultúrnövény-társulásokban a kultúrnövények jelentős kompetíciós partnerei.

A magyar flóra 2400 fajából az adventívek részaránya csekély, mindössze 3 %. Ez kevesebb, mint 100 fajt foglal magában, gazdasági kártételük százalékos részarányuknál azonban nagyságrendekkel nagyobb (Solymosi, 2002; Mihály és Botta-Dukát, 2004). A helyzetet néha súlyosbítja az, hogy egyes fajok képesek kereszteződni. Ez történt az ártéri keserűfű (*Fallopia sachalinensis*) és az óriás japán keserűfű (*F. japonica*) fajok esetében is, fajhibridként létrehozva a cseh-japán keserűfüvet (*F. x bohémica*), mely agresszivitásában messze felülmúlja a szülőfajokat (Balogh, 1998).

Az inváziós fajok közvetlen kártételén túlmenően jelentős közvetett gazdasági kártételük is ismert. Ez abban nyilvánul meg, hogy különböző kártevők és kórokozók alternatív gazdáiként azok áttelelésében és terjesztésében jelentős szerepet játszhatnak. Virologiai szempontból a kultúrfajokra patogén, jelentős termésminőségi és -mennyiségi veszteséget okozó vírusok gazdáiként, és a vírusvektorok tápnövényeiként a növényvírusok terjesztésében és áttelelésében is jelentős szerepük van (fertőzési lánc). Jó példa erre a selyemkóró-lucerna mozaik vírus, az uborka mozaik vírus természetes flóraelemek gazda-vírus kapcsolatai (Salamon és mtsai., 1989; Kazinczi és mtsai., 2002).

Az invázió legfőbb okai a következők: mezőgazdasági import-növekedés, globális felmelegedés, a természetes korlátozó tényezők (károsítók) hiánya. Üvegházi körülmények között a parlagfüvet eddig egyetlen vírussal sem sikerült megbetegíteni. A faj virofób tulajdonsága hozzájárulhat jelenlegi nagyarányú elterjedéséhez (Bicsák és mtsai., 2002). A globális felmelegedés hatására bekövetkező „fajvándorlás” első jeleit az 1980-as évek elején tapasztalták. 1982-ben találták meg a nagy porcosmurkot (*Ammi majus*) egy székesfehérvári sárgarépa vetésben (Czímber és mtsai., 1990). 1984-ben mutatták ki a dél-franciaországi származású bouchon disznóparéjt (*Amaranthus bouchonii*, Solymosi és Priszter, 1984). 1990-ben mediterrán növényfajok (*Bupleurum longifolium*, *Centaurea diluta*, *Ononis*

alopecuroides, *Scorpiurus muricatus*) jelentek meg kanáriköles vetésben Eger környékén (Németh, 1990). 1992-ben egy kalocsai paprika ültetvényben megtalálták a felemás levelű zsidócseresznyét (*Physalis heterophylla*). Észak-Afrika trópusi-szubtrópusi területein őshonos mandulapalka (*Cyperus esculentus*) hazai első előfordulását 1993-ban regisztrálták (Dancza, 1994), ami napjainkban már négy tájegységben 13 település határában fordul elő jelentős gazdasági kárt okozva, elsősorban kukorica állományban. Legnagyobb területen Somogy megyében fordul elő, ahol mintegy 3000 hektáron gyomosít (Hoffmanné és mtsai., 2004).

A legutóbbi években is számos közlemény számol be a melegigényes (trópusi, szubtrópusi, mediterrán eredetű) fajok hazai megjelenéséről és elterjedéséről, pl. Somlyay és Lőkös (2000) a négylevelű sokmagvú gyom (*Polycarpon tetraphyllum*), Dancza és Király (2000) a vesszős aggófű (*Senecio inaequidens*), Balogh és mtsai., (2001) a sárga bohócvirág (*Mimulus guttatus*) jelenlétét regisztrálta a hazai flórában.

Néhány melegigényes faj hazai megjelenését csupán szórványosan észlelték, azonban elterjedésükről, további fennmaradásukról nem rendelkezünk adatokkal. Például a feltehetően vetőmaggal hazánkba került porcosmurok (*Ammi majus*) egy időben előzönlötte a sárgarépa vetéseket, azonban mégsem tudott felszaporodni és elterjedni, mert hazánk klímája alatt nem tud magot érlelni. Ezzel szemben a fehér kányaszászsa (*Diplotaxis eruroides*) jelentős maghozama révén ma is terjed. Érdekességképpen jegyezzük meg, hogy e faj kiváló mézelő, ezért különösen kora tavasszal és késő ősszel a méhek számára átmeneti méhlegelőnek alkalmas (Czímber és mtsai., 1990; Czímber, 2004).

4. A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A NÖVÉNYEK STRESSZ-ELLENÁLLÓSÁGA

A klímaváltozás a növényekre különböző stressz-hatásokkal járhat, amelyekkel szemben a növénynek védekezniük kell. A globális klímaváltozás hazánkban elsősorban szárazság-stresszt, hő-stresszt, esetleg hideg/fagy-stresszt, UV- és fény-stresszt idézhet elő, de az is ismert, hogy a légköri CO₂ koncentrációja soha nem volt ilyen magas, és várhatóan közel duplájára nő ebben az évszázadban, ami a növények fotoszintetikus kapacitásának csökkenéséhez vezethet (Long és mtsai., 2004). Mindezekkel a stresszeket kiváltó tényezőkkel (stresszorokkal) szemben a növények különböző hatásfokkal védekeznek, stressz-ellenálló képességüknek megfelelően. Ahhoz, hogy sikerrel felkészülhessünk a klímaváltozás káros hatásainak kivédésére, elsősorban a növényi stressz-ellenállóság pontos mechanizmusait kell megismernünk.

A klímaváltozás okozta stresszek közvetve befolyásolják a biotikus stresszekkel (kórokozókkal, kártevőkkel) szembeni ellenállóságot is. A stresszelt, károsodott növények fogékonyabbak lesznek az ún. gyengültségi (opportunist) parazitákkal szemben, de a predispozíciós hatás biotróf kórokozókkal szemben is érvényesülhet. Ugyanakkor az is igaz, hogy egy gyengébb stressz fokozhatja a növény ellenállóságát egy következő, erősebb abiotikus vagy biotikus stresszel szemben. Ilyen jelenség játszódik le például a palánták edzésekor. Figyelembe kell venni azt is, hogy termesztett növényeink tulajdonképpen szinte állandóan ki vannak téve valamilyen kisebb-nagyobb stressznek. Ezért a növények folyamatosan edződnek, adaptálódnak, és a tartós stressz hatására a jobban adaptálódott genotípusok szelektálódnak ki (Szigeti, 2003).

Az extrém klimatikus hatásokra adott növényi válaszreakciók a stressz érzékelésével a szenzorban kezdődnek, ezután a jelátvivő rendszerek aktiválódnak, amely génexpressziós, majd anyagcsere-változásokat eredményez. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a klímaváltozás szempontjából legfontosabb két stresszről alkotott ismereteinket.

A szárazság-stressz

A növények számára hozzáférhető víz mennyisége döntő jelentőségű az adott növény természetessége szempontjából. Napjaink egyik legnagyobb kihívása a hosszantartó aszályok és az elsivatagosodás kialakulása a világ legkülönbözőbb részein. Már kisebb szárazság is jelentős mennyiségi és minőségi csökkenést okozhat a termésben, ami ellen valamilyen módon védekezni kell. Az a célunk, hogy a növények természetes védekezési folyamatainak megismerése segítségével fokozzuk ezeknek a mechanizmusoknak a hatékonyságát, és így csökkenthetjük a termésvesztést.

A szárazságtűrés nagyon összetett folyamat, amelyet számos tényező, így az anyagcsere válaszreakciókon kívül morfológiai és agrotechnikai tényezők is erősen befolyásolnak. A növények a szárazság-stressz túlélésére a legkülönbözőbb módszereket alkalmazzák. Jó példa erre az ún. kiszáradást tűrő növények, pl. a mohák, amelyek a sejtvíz tartalmuk 90-95 %-át is elveszíthetik, mégis túlélnek (*Tuba, 2003*). Ezt nevezik passzív szárazságtűrésnek. Az aktív szárazságtűrés estében a növények képesek visszatartani és raktározni a felvett vizet (szukkulensek), másrészt képesek növelni vízszívó erejüket. A szárazságtűrést elősegíti pl. a nagyobb gyökérzet, a védőszövetek és képletekkel ellátott kisebb levélfelület, de segíthet a rövidebb tenyészidő is, és nagyon fontos a megfelelő agrotechnika (talajmunkák, takarás stb.) elvégzése. A továbbiakban csak a szárazság indukálta növényi rezisztencia-válasszal foglalkozunk.

Egy növénynek a környezeti stresszorok hatására adott válaszreakciója a növény genetikai adottságán kívül függ a stressz erősségétől és tartamától is. A környezetből érkező bármilyen hatás elsődleges szenzorai általában a sejtmembránok. A legáltalánosabb információ-továbbítók, jelátvitelők pedig a növényi hormonok. Ugyanakkor a legtöbb fitohormon a membránhoz kötve inaktív, szabad állapotban azonban a transzkripciót és az enzimaktivitást is képesek szabályozni. Általában az egész növény stressz-válaszának irányítói (*Szigeti, 2003*). A szárazságtűrés szempontjából legfontosabb hormon az abszcisszinsav (ABA).

A só-stressz, sőt a fagy-stressz is vízvesztéssel jár, így a válaszreakciók többsége is a szárazság-stresszével azonos. Sőt, az egyszerűbb kísérleti összeállítás miatt a szárazságtűrés mechanizmusát gyakran só-stressz, illetve ozmotikus-stressz körülményei között vizsgálják (*Erdei, 2003*). A vízhiány eredményeképpen a sejtekben ozmotikus és ion jelátviteli rendszerek, detoxikációs (sejtkárosítást kivédő, kijavító) válaszreakció-utak és növekedés-szabályozó anyagcsere-utak indukálódnak.

A vízhiányt kivédő legfontosabb növényi válaszreakciók a következők (*Dudits és Heszky, 2000*):

- Ozmotikus védelmet biztosító vegyületek (ozmolitok);
- a sejtszerkezet megőrzését biztosító fehérjék;
- a károsító molekulákat hatástalanító mechanizmusok;
- protein kináz, foszfatáz és foszfolipid jelátvitel;
- az abszcisszinsav jelátviteli út.

Az ozmolitok szintézise következtében a sejtekben csökken a vízvesztés és a turgor fennmarad. A legfontosabb ilyen anyagok a prolin, a glicin-betain, a mannitol és a szorbitol. A sejtszerkezet megőrzését szolgáló fontos fehérjék az aquaporin (vízcsatorna fehérjék) és a késői fejlődési stádiumú embriókban nagy mennyiségben előforduló (LEA) fehérjék. Az aquaporinok a membránban elhelyezkedő fehérjék nagy hatékonysággal és szelektivitással képesek a vizet szállítani. A LEA fehérjék különleges szerkezetükkel ionok megkötését teszik lehetővé. Egy újabban felfedezett, lipidhez kapcsolt fehérje-család a dehidrinek, amelyek a vízvesztéssel járó környezeti hatásokra indukálódnak a növényekben. A szárazság-stressz a sejtek fehérjéinek, lipidjeinek degradálódásához és toxikus anyagcseretermékek képződéséhez vezethet. Az ilyen toxikus anyagok, pl. lipid-aldehidek semlegesítése enzimatisz úton fokozza a növények szárazságtűrését (*Obershall és mtsai., 2000*).

Toxikus anyagok a szinte minden biotikus és abiotikus stressz – beleértve a szárazság-stresszt – hatására képződő reaktív oxigén fajták (ROS) is, amelyek semlegesítéséről az enzimatisz és nem-enzimatisz antioxidáns rendszerek gondoskodnak.

Kísérleti eredmények is bizonyítják, hogy a protein kinázoknak és foszfatázoknak, illetve egyes foszfolipideknek alapvető jelátvivő szerepe van a szárazság-stressz folyamán. Ezeknek a szignál-utaknak egy része ABA-függő, más részük ABA-független. Mind az ABA-függő, mind az ABA-független ozmotikus stressz jelátvitel először a transzkripciós faktorokat, majd ezáltal a transzkripciós aktivátorokat indukálja, amelyek a stressz-tolerancia végrehajtó génjeit aktiválják (*Zhou, 2002*). Mint ismert az ABA a sztóma zárósejtek működését szabályozza, az egész stressz-válasz koordinálásán kívül, ezért az irodalomban is elsősorban ezeket a sejteket vizsgálták jelátadás szinten.

Hőstressz

A magas hőmérséklet a növényekre sok tekintetben hasonló stressz-hatást gyakorol, mint a szárazság, sőt ez a két tényező gyakran együtt jár. Éppen ezért erre a két stresszre adott növényi válaszban sok az átfedés. Külön stressz-faktornak tekinthető a nagy hőmérséklet-ingadozás, amely szélsőséges esetben, pl. Szibériában a legforróbb nyár és a leghidegebb tél között megközelíti a 100°C értéket is (*Iba, 2002*). A magas hőmérsékleti stresszt kivédő mechanizmusok közül a legfontosabbak a hősokk fehérjék, az aktív oxigéneket semlegesítő rendszerek, az ozmolitok és a membrán-lipidek.

A hősokk fehérjék (HSP) szinte minden szervezetben, a prokariótától az emberig képződnek hirtelen magas hőmérséklet hatására, így a növényekben is. Legfontosabb funkciójuk a sejtek fehérjéinek, membránjainak megvédése az aggregálódástól, valamint működőképességük megőrzésének biztosítása. A HSP-k elsődleges szerkezete erősen konzervatív, és különböző, a szekvenciától és a működéstől függő családokba csoportosítják ezeket a fehérjéket. Hangsúlyozni kell, hogy újabban nemcsak a hőstressz, de egyéb stresszek, sőt kórokozók támadása esetében is fontos szerepet tulajdonítanak a hősokk fehérjéknek.

Az aktív oxigén formákat semlegesítő rendszereknek, mint korábban említettük, szinte minden stressz esetében meghatározó szerepük van, így a hősokk esetében is. Az antioxidánsok stresszvédő szerepéről később bővebben szólnunk. Az ozmolitok felhalmozódása több, a sejt vízvesztéssel járó stresszre adott válasza a növénynek. Ebbe

beletartozik a hőstressz is. Bár a pontos mechanizmus nem ismert, de az biztos, hogy az ozmolitikumok a sejtben felhalmozódva visszatartják a vizet, és ezzel csökkentik a sejtkárosodást. Korábban már említettük, hogy a membránok különleges szerepet játszanak a stresszek érzékelésében. A hőstressz esetében a membrán lipideknek a membránok fluiditásának meghatározása révén elsősorban a hideg- és fagyűrésben van szerepük, de elősegíthetik a hősokk kivédését is.

Mivel a többi – klímaváltozás által előidézett – stressz-faktor hasonló általános válaszreakciókat indukál a növényben, a továbbiakban röviden a védekezés lehetőségeire térünk ki. Ezek közül is elsősorban a molekuláris technikákon alapuló transzgenikus megközelítéseket elemezzük, amikor egy stressz-rezisztencia gén beépítésével próbálták a szárazság-, só-, hőstressz stb. hatását csökkenteni. Természetesen ezeknek a kísérleteknek ma még elsősorban alapvetési jelentősége van, de több biztató eredmény mutatkozik a jövőre nézve. Az alábbi transzgenikus növények előállítására használt stressz-rezisztencia gének csoportosítása hűen tükrözi a korábbi válaszreakciók csoportosítását:

- *Ozmolitikumokat (ozmoprotektánsokat) szintetizáló gének*

Számos transzgenikus növényt állítottak elő, amelyekben a betain, glicinbetain, mannitol, prolin, illetve az ozmotin fehérje halmozódott fel, és amelyek elsősorban só- és szárazság-stressz ellen megnövekedett toleranciát mutattak. Ugyanakkor egyes esetekben, különösen amikor konstitutív promotérral történt a gén beépítése, nemvárt növekedési és anyagcsere zavarok léptek fel a növényben.

- *A sejtszerkezet megőrzésére szolgáló fehérjékkel kapcsolatos gének*

A LEA fehérje beépítése fokozta a szárazság- és sőtűrést, míg egy aquaporin antiszensz formájának beépítése a hipotóniás stresszel szembeni ellenállóságot növelte.

- *Hormon és egyéb szabályozó gének*

Az ABA szintézisének fokozásával *Arabidopsis*-ban fokozták a szárazságtűrést. A foszfolipáz D enzim beépítése növelte az ABA érzékenységet és csökkentette a párologtatást.

Transzgenikus növények előállításával igazolták, hogy a Ca^{2+} -függő protein kinázok, illetve a calcineurin nevű protein foszfatáznak fontos szerepe van a növények vízhiány tolerálásában (*Dudits és Heszky, 2000*). Legújabb transzkripciós faktorok génjeinek beépítésével több esetben a növényekben fokozni tudták a fagy-, szárazság- és sőtűróképeséget. A hősokk fehérje gének, illetve transzkripciós faktor génjeik beépítésével sikerült a növények hőtoleranciáját fokozni. Zsírsvav deszaturáz és hidegre aktiválódó gének a hidegtűrést fokozzák. A deszaturázok a zsírsavak telítettségének növelése révén biztosítják alacsony hőmérsékleten a sejtmembránok alapvető működéséhez szükséges fluiditást. Ezt az elméletet a hidegtűrés fokozódását zsírsav deszaturáz kifejező transzgenikus növény előállításával bizonyították (*Komada és mtsai., 1994*). Az alacsony hőmérsékletre aktiválódó ún. COR gének segítségével a transzgenikus növények hidegtűrését is fokozni tudták. A reaktív oxigén fajtákat, mint a szuperoxid (O_2^-), a hidrogénperoxid (H_2O_2), vagy a hidroxil gyök (OH^\cdot) az enzimatis antioxiidánsok, mint a szuperoxid dizmutáz (SOD), a kataláz, az aszkorbát peroxidáz vagy a glutation-S-transzferáz, és a nem enzimatis antioxiidánsok – nagyrészt az aszkorbinsav és a glutation – semlegesítik. A növények stressz-ellenállóságának fokozását számos esetben az antioxiidáns szintéziséért felelős gén (elsősorban a SOD gén) beépítésével próbálták elérni, ami néhány esetben sikertelen volt. Ennek az az egyik oka, hogy a SOD semlegesíti ugyan a szuperoxidot, de működése közben H_2O_2 keletkezik, ami szintén toxikus a növényre, és aminek az eltávolításáról pl. katalázzal vagy aszkorbát peroxidázzal gondoskodni kell. A reaktív oxigének hatását kivédő gének közé sorolhatjuk a vas megkötésére szolgáló ferritin gént. A ferritin fehérje megköti a vasat a növényben és a szabad

vas hiányában nem megy végbe az ún. Fenton-reakció, amely során a legreakcióképesebb reaktív oxigén, a hidroxilgyök keletkezne. Lucernából izolált ferritin génnel transzformált dohány növények nemcsak oxidatív stresszel, de több nekrotróf kórokozóval szemben is ellenállónak bizonyultak (Deák és mtsai., 1999).

Ebbe a csoportba tartozik lényegében a szalicilsav-bontó enzimet kódoló NahG gén is. A szalicilsavnak a fagytűrésben (Páldi és mtsai., 2003), a kórokozók elleni szisztémikus szerzett rezisztenciában (SAR) van fontos szerepe, és hatásának egyik feltételezett módja a kataláz és aszcorbát peroxidáz antioxidánsok megkötése. Valóban, újabban kimutatták, hogy az NahG-vel transzformált dohány csökkent antioxidáns kapacitással és stressz-ellenállósággal rendelkezik (Király és mtsai., 2002).

Az *in vitro* szelektált, reaktív oxigénnel szemben toleráns dohány hő-, fagy-, nehézfém-stressz, valamint vírus-, baktérium- és gombafertőzés okozta nekrosis képességgel szemben is ellenállóbb volt, mint a kontroll növények (Barna és mtsai., 1993). Ezek a növények nemcsak nagyobb aszcorbát tartalommal és SOD antioxidáns enzim-aktivitással rendelkeztek, hanem késleltetett öregedést is mutattak. A fokozott antioxidáns aktivitás a késleltetett öregedésű növényeken összhangban van azzal a megfigyeléssel, hogy a növények antioxidáns kapacitása az öregedés folyamán csökken (Barna és mtsai., 2003). A fentiekből az is következik, hogyha valamilyen módon, pl. citokinin hormon bioszintézis gén beépítésével, késleltetjük a növény öregedését, akkor megmarad a nagy antioxidáns kapacitás, és abiotikus és biotikus stresszekkel szemben toleráns lesz. Ezt az elméletet is sikerült igazolnunk az *Agrobacterium tumefaciens* (= *Rhizobium tumefaciens*)-ből származó citokinin bioszintézis (*ipt*) génnel transzformált dohányok segítségével, amelyek nagyobb antioxidáns aktivitást és számos biotikus és abiotikus stresszel szemben fokozott toleranciát mutattak.

Az előzőekben ismertetett transzgenikus növényekkel végzett kísérleteknek elsősorban elméleti, alapkutatási jelentősége van. Arról adnak felvilágosítást, hogy az egyes feltételezeten a stressz-ellenállósággal kapcsolatos gének serkentett vagy gátolt működése hogyan befolyásolja a növény rezisztenciáját, illetve egész létét. Összefoglalva: a molekuláris technikák rohamos fejlődésével egyre bővülnek ismereteink a változó klimatikus viszonyok okozta stresszek növényekre gyakorolt hatásáról, és a stressz-tűrő képesség mechanizmusáról. Az biztató, hogy a különböző stresszek sok azonos védekezési reakciót is indukálnak (ozmolitok, antioxidánsok), így ezeknek a stressz-rezisztencia utaknak az indukciója több stresszel szemben eredményezhet ellenállóságot. A jövőben a rezisztencia-kutatóknak és -nemesítőknek ezekre a területekre kellene koncentrálniuk.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- ADAMS, R.M.–FLEMING, R.A.–CHANG, C.C.–MCCARL, B.A.–ROSENZWEIG, C. (1995): A reassessment of the economic effects of global climate change on US agriculture. *Climatic Change* 30: 147–167.
- ALMÁDI L. (1976): Adatok az *Ambrosia elatior* vízháztartásához. *Bot. Közlem.* 63: 199-204.
- ARAGAKI, M. (1962): Quality of radiation inhibitory to sporulation of *Alternaria tomato*. *Phytopathol.* 52: 1227-1228.
- ASHMORE, M.R.–BELL, J.N.B. (1991): The role of ozone in global change. *Annals of Botany* 67: (Supplement I), 3948.
- BAGI I. (2004): Néhány fontos inváziós faj bemutatása. Selyemkóró. In: Mihály B.-Botta-Dukát Z. (szerk.) *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények.* Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest. 207-254.
- BAKER, J.T.–ALLEN, L.H., Jr. (1994): Assessment of the impact of rising carbon dioxide and other potential climate changes on vegetation. *Environmental Pollution* 83: 223-235.
- BALOGH L. (1998): Külső alaktani megfigyelések a *Fallopia bohemica* (Chrtek et Chrteková) Bailey hibridfaj magyarországi jelenlétének alátámasztásához. *Kitaibelia* 3: 255-256.
- BALOGH L. (2004): Néhány fontos inváziós faj bemutatása. Japán keserűfű-fajok. In: Mihály B.-Botta-Dukát Z. (szerk.) *Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények.* Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest. 207-254.

- BALOGH L.-SIMON T.-SZABÓ M.-VIDÉKI R. (2001): Új adventív növény a hazai flórában: sárga bohócvirág (*Mimulus guttatus* Fischer DC. Scrophulariaceae). *Kitaibelia* 3: 255-256.
- BARNA, B.-ÁDÁM, A.-KIRÁLY, Z. (1993): Juvenility and resistance of a superoxide-tolerant plant to diseases and other stresses. *Naturwissenschaften* 80: 420-422.
- BARNA, B.-FODOR, J.-POGÁNY, M.-KIRÁLY, Z. (2003) Role of reactive oxygen species and antioxidants in plant disease resistance. *Pest Manag. Sci.* 59: 459-464.
- BASKY, Z. (2003): Biotypic and pest status differences between Hungarian and South African populations of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) (Homoptera: Aphididae) *Pest Management Science*, 59: 1152-1158.
- BASKY, Z.-EASTOP, V.F. (1991): *Diuraphis noxia* in Hungary. *Barley Yellow Dwarf Newsletter*, 4: 34.
- BASKY, Z.-HOPPER, K.R. (2000): Impact of plant density and natural enemy exclusion on abundance of *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) and *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hom., Aphididae) in Hungary. *Journal of Applied Entomology*, 124: 99-103. **(Bekezdés!)**
- BASKY, Z.-PERRING, T.M.-TÓBIÁS, I. (2001): Spread of zucchini yellow mosaic potyvirus in squash in Hungary. *Journal of Applied Entomology* 125: 271-275. **(Bekezdés)**
- BECZNER, L.-HORVÁTH, J.-ROMHÁNYI, I.-FÖRSTER, H. (1984): Studies of the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. *Potato Research* 27: 339-353.
- BELL, A.A.-WHEELER, M.H. (1986): Biosynthesis and functions of fungal melanins. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24: 41-51.
- BAZZAZ, F.A. (1990): The response of natural ecosystems to the rising global CO₂ levels. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 167-196.
- BENEDEK P. (1961): Adatok a Tapolca patak és környéke rovarfaunájához I. Odonata - Szitakötők. *Fol. Ent. Hung.* 14: 176-183.
- BENEDEK P. (1965): Adatok a Tapolca patak és környéke rovarfaunájához III. Odonata II. *Fol. Ent. Hung.* 18: 39-75.
- BÉRES I. (2004): Az ürömlevelű parlagnövény (*Ambrosia artemisiifolia* L.) elleni integrált gyomszabályozási stratégiák. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 5: (1) 3-14.
- BICSÁK B.-TAKÁCS A.P.-HORVÁTH J.-KAZINCZI G. (2002): A parlagnövény vírusellenállóságának vizsgálata. XII. *Keszthelyi Növényvédelmi Fórum*, Keszthely 2002. p.46.
- BIGGS, R.H.-WEBB, P.G.-GARRARD, L.A.-SINCLAIR, T.R.-WEST, S.H. (1984): The effects of enhanced ultraviolet B radiation on rice, wheat, corn, citrus, and duckweed. US EPA, Washington, D.C. *Interim Report* 80: 8075-9003.
- BISESSAR, S. (1982): Effect of ozone, antioxidant protection, and early blight on potato in the field. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 197: 597-599.
- BISZTRAY, GY.-GÁBORJÁNYI, R.-VACKE, J. (1989): Isolation and characterization of wheat dwarf virus found for the first time in Hungary. *J. Plant Dis. Plant Prot.* 96: 449-454.
- BORHIDI, A. (1995): Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian flora. *Acta Botanica Hungarica* 39: 97-181.
- BOTTA-DUKÁT Z.-DANCZA I. (2004): Néhány fontos inváziós faj bemutatása. Magas aranyvessző és kanadai aranyvessző. In: Mihály B.-Botta-Dukát Z. (szerk.) *Biológiai inváziók Magyarországon. Őzönnövények. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest.* 293-318.
- BROOKS, C.-MILLER, E.V.-BRATLEY, C.O.-COOLEY, J.S.-MOOK, P.V.-JOHNSON, H.B. (1932): Effect of solid and gaseous carbon dioxide upon transit diseases of certain fruits and vegetables. *USDA Technical Bulletin* No. 318. 60 pp.
- BROWN, W. (1922): On the germination and growth of fungi at various temperatures and in various concentrations of oxygen and of carbon dioxide. *Annals of Botany* 36: 257-283.
- BUTIN, H.-FÜHRER, E. (1994) Die Kastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic, ein neuer Schädling an *Aesculus hippocastanum*. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 46: 89-91.
- BYTNEROWICZ, A.-MANNING, W.J.-GROSJEAN, D.-CHMIELEWSKI, W.-DMUCHOWESKI, K.-GRODZINSKA, K.-GODZIK, B. (1993): Detecting ozone and demonstrating its phytotoxicity in forested areas of Poland: A pilot study. *Environ. Polha.* 80: 301-306.
- CAESAR, A.J.-PEARSON, R.C. (1983): Environmental factors affecting survival of ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathol.* 73: 1024-1030.
- CALDWELL, M.M.-ROBBRECHT, R.-FLINT, S.D. (1983): Internal filters: Prospects for UV-acclimation in higher plants. *Physiol. Plant.* 58: 445-450.
- CARTER, D.R.-PETERSON, K.M. (1983): Effects of a CO₂ enriched atmosphere on the growth and competitive interaction of a C₃ and a C₄ grass. *Oecologia* 58:188-193.
- CAYROL, R.A. (1972): Famille des Noctuidae. In: A.S. Balachowsky (ed.) *Entomologie Appliquée a l'Agriculture*. Masson et Cie, Paris. pp. 1634.

- CHAKRABORTY, S.-MURRAY, G.M.-MAGAREY, P.A.-YONOW, T.-O'BRIEN, R.G. (1998): Potential impact of climate change on plant diseases of economic significance to Australia. *Australasian Plant Pathology* 27: 15-35.
- CHAKRABORTY, S.-VON TIEDEMANN, A.-TENG, P. S. (2000): Climate change and air pollution: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution* 108 (3): 317-326.
- CHAMEIDES, W.L.-KASIBHATHA, P.S.-YIENGER, J.-LEVY, H. (1994): Growth of continental-scale metro-agroplexes, regional ozone pollution, and world food production. *Science* 264: 747.
- COAKLEY, S.M. (1995): Biospheric change: Will it matter in plant pathology? *Canadian Journal of Plant Pathology* 17: 147-153.
- COAKLEY, S.M.-SCHERM, H. (1996): Plant disease in a changing global environment. *Aspects of Applied Biology* 45: 227-238.
- COLEMAN, J.S.-JONES, C.G.-SMITH, W.H. (1987): Interactions between an acute ozone dose, eastern cottonwood, and *Marssonina* leaf spot: Implications for pathogen community dynamics. *Can. J. Bot.* 66: 863-868.
- COTTY, P.J. (1987): Modulation of sporulation of *Alternaria tagetica* by carbon dioxide. *Mycologia* 79: 508-513.
- COUEY, H.M.-WELLS, J.M. (1970): Low-oxygen of high carbon dioxide atmospheres to control postharvest decay of strawberries. *Phytopathology* 60: 47-49.
- CURE, J.D. (1986): Crop responses to carbon dioxide doubling: A literature survey. *Agricultural and Forest Meteorology* 38: 127-145.
- CZIMBER GY. (2004): A klímaváltozás hatása a gyomvilágra. *Természetbúvár Egyesület rendezvényén elhangzott előadás*. MTA, Budapest, 2004. szeptember 21.
- CZIMBER GY.-GLEMNITZ M.-HOFFMANN J.-RADICS L.-PINKE GY. (2004): A klímaváltozás és a Szigetköz gyomflórája. A Szigetközi környezeti monitoring eredményei. *MTA Szigetközi Munkacsoportja* Budapest, pp. 35-37.
- CZIMBER, GY.-HORVÁTH, K.-RADICS, L.-SZABÓ, L. (1990): Vorkommen und wirtschaftliche Bedeutung von zwei neuen mediterranen Arten (*Diplotaxis eruroides* Torner D.C. und *Ammi majus* L.) in Ungarn. *Acta Agronomica Óváriensis* 32 (1): 5-11.
- DAMICONE, J.P.-MANNING, W. J.-HERBERT, S.J.-FEDER, W.A. (1987): Growth and disease response of soybeans from early maturity groups to ozone and *Fusarium oxysporum*. *Environ. Pollut.* 48: 117-130.
- DANCZA I. (1994): A mandulapalka (*Cyperus esculentus* L.) előfordulása Keszthely-Hévíz határában. *Növényvédelem* 30: 475-476.
- DANCZA I.-KIRÁLY G. (2000): A *Senecio inaequidens* DC. előfordulása Magyarországon. *Kitaibelia* 5: 93-109.
- DANCZA, I.-HOFFMANN-PATHY, ZS.,-DOMA, C. (2004): *Cyperus esculentus* (yellow nutsedge) – a new weed in Hungary. *Z. PflKrankh. PflSchutz Sonderh.* 19: 223-229.
- DAVIS, D.D.-SMITH, S.H. (1974): Reduction of ozone sensitivity of pinto bean by bean common mosaic virus. *Phytopathol.* 64: 383-385.
- DAVIS, D.D.-SMITH, S.H. (1976): Reduction of ozone sensitivity of pinto bean by virus-induced local lesions. *Plant Dis. Rep.* 6: 31-34.
- DEÁK, M.-HORVÁTH, G.V.-DAVLETOVA, S.-TÖRÖK, K.-SASS, L.-VASS, I.-BARNA, B.-KIRÁLY, Z.-DUDITS D. (1999): Plants ectopically expressing the iron-binding protein, ferritin, are tolerant to oxidative damage and pathogens. *Nature Biotechnology* 17: 192-196.
- DILLON-WESTON, W.A.R. (1931): The reaction of disease organisms to certain wavelengths in the visible and invisible spectrum. II. Reaction of urediniospores to visible light: Wave-lengths between 400 and 780 nm. *J. Phytopath.* 3: 229-246.
- DINOOR, A. (1974): Role of wild and cultivated plants in the epidemiology of plant diseases in Israel. *Annual Review of Phytopathology* 12: 413-436.
- DUDITS D. - HESZKY L. (2000): Növényi Biotechnológia és Géntechnológia. Agroiinform Kiadó, Budapest. pp. 312.
- DURBIN, R.D. (1959): Factors affecting the vertical distribution of *Rhizoctonia solani* with special reference to CO₂ concentration. *American Journal of Botany* 46: 22-25.
- DYCK, P.L.-JOHNSON, R. (1983): Temperature sensitivity of genes for resistance in wheat to *Puccinia recondita*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 5: 229-234.
- ERDEI L. (2003): A búza szárazságtűrésének néhány eleme. In Jávör A. (szerk.) Növényi Élet és a Stressz. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. 39-47.
- ESHED, N.-DINOOR, A. (1981): Genetics of pathogenicity in *Puccinia coronata*: the host range among grasses. *Phytopathology* 71: 156-163.
- FEHRMANN, H.V. TIEDEMANN, A.-FABIAN, P. (1986): Predisposition of wheat and barley to fungal leaf attack by preinoculative treatment with ozone and sulphur dioxide. *J. Plant Dis. Protect.* 93: 313-318.
- FEISTER, U.-WARMBT, W. (1987): Long-term measurements of surface ozone in the German Democratic

- Republic. *J. Atmos. Chem.* 5: 1-21.
- FISCHER, G.-FROHBERG, K.-PARRY, M.L.-ROSENZWEIG, C. (1996): The potential effects of climate change on world food production and security. pp. 199–235. In: Bazzaz, F.-Sombroek, W. (eds.) *Global Climate Change and Agricultural Production*. Chichester, UK. John & Wiley.
- FORRAY A.-TÜSKE M.-GÁBORJÁNYI R. (2004): A pepino mozaik vírus (Pepino mosaic virus, PepMV) első hazai előfordulása. *Növényvédelem* 40: 471-473.
- FOWLER, A.M.-HENNESSY, K.J. (1995): Potential impacts of global warming on the frequency and magnitude of heavy precipitation. *Natural Hazards* 11: 283–303.
- GÄUMANN, E. (1951): Der Einfluss des Lichtes auf die Krankheitsbereitschaft des Wirtes. In: *Pflanzliche Infektionslehre*, Verlag Birkhauser, Basel. pp. 525-532.
- GASSNER, G.-STRAIB, W. (1930): Untersuchungen über die Abhängigkeit des Infektionsverhaltens der Getreide rostpilze vom Kohlenstoffgehalt der Luft. *Journal of Phytopathology* 1: 1-30.
- GÁBORJÁNYI, R.-CSILLÉRY, G.-TÓBIÁS, I.-JENSER, G. (1995): Tomato spotted wilt virus: A new threat for pepper production in Hungary. *Eucarpia*, Budapest. Abstr. 159-160.
- GÁBORJÁNYI, R.-HOANG, N.D. (1991): Complexity of potyviruses infecting maize in Hungary. *Cereal Res. Commun.* 19: 337-344.
- GÁBORJÁNYI, R.-HORVÁTH, J.-KOVÁCS, J.-KAZINCZI, G. (1998): Role of virus- and phytoplasma infections in pepper decline in Hungary: An overview. *Acta Phytopathol. Hung.* 33: 229-236.
- GÁBORJÁNYI R.-JENSER G.-NAGY GY. (1993): A paradicsom bronzfoltosság vírus (TSWV) járványtani kérdései. *Növényvédelem* 29: 543-547.
- GÁBORJÁNYI R.-VACKE, J.-BISZTRAI GY. (1989): A búza törpülés vírus új gabonapatogén Magyarországon. *Növénytermelés*, 37: 495-500.
- GERECHTER-AMITAI, Z.K.-SHARP, E.L.-REINHOLD, M. (1984): Temperature-sensitive genes for resistance to *Puccinia striiformis* in *Triticum dicoccoides*. *Euphytica* 33: 665-672.
- GIFFORD, R.M. (1979): Growth and yield of carbon dioxide-enriched wheat under water-limited conditions. *Australian Journal of Plant Physiology* 6: 367-378.
- GISLEFOSS, J.S.-KJELDSTADT, B.-BAKKEN, A.K. (1992): Optical properties of the epidermis of leaf (*Allium ampeloprasum* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.) after enhanced ultraviolet-B radiation. *Acta Agric. Scand.*, 42: 173-176.
- GLEMNITZ, M.-CZIMBER, GY.-RADICS, L.-HOFFMANN, J. (2000): Weed flora composition along a north-south climate gradient in Europe. *Acta Agronomica Óváriensis* 42: 155-169.
- GRIFFIN, D.M.-NAIR, N.G. (1968): Growth of *Sclerotium rolfsii* at concentrations of oxygen and carbon dioxide. *Journal of Experimental Botany* 19: 812-816.
- GUICHERIT, R.-VAN DOP, H. (1977): Photochemical production of ozone in Western Europe (1971-1975) and its relation to meteorology. *Atmos. Environ.* 11: 145-155.
- GYULAI P. (1994): A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner) előfordulása és kártétele Észak-Magyarországon. *Növényvédelem* 30: 159-162.
- HALTRICH A. (1996): Az oleander levéltetű (*Aphis nerii* B. de F.) mint a hazai selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) állomány ritkítója? *Növényvédelmi Tudományos Napok előadásainak és posztereinek összefoglalója*, 1996 február. 151.
- HALTRICH A.-VAS J. (1996): Az oleander levéltetű (*Aphis nerii* B. de F.) tömeges előfordulása selyemkórón (*Asclepias syriaca* L.) egy Kecskemét melletti gyümölcsösben. *Növényvédelem* 32: 67-70.
- HARLAN, J.R. (1975): Crops and man. ASA and CSSA, Madison, WI.
- HARRINGTON, R.-BALE, J.S.-TATCHELL, G.M. (1995): Aphids in a changing climate. pp. 125-155. In HARRINGTON, R.-STORK, N.E. (eds.) *Insect in Changing Environment*. London, UK, Academic Press.
- HEAGLE, A.S. (1970): Effect of low level ozone fumigation on crown rust of oats. *Phytopathol.* 60: 252-254.
- HEAGLE, A.S. (1977): Effect of ozone on parasitism of corn by *Helminthosporium maydis*. *Phytopathol.* 67: 61-68.
- HEAGLE, A.S.-KEY, L.W. (1973a): Effects of ozone on the wheat stem rust fungus. *Phytopathol.* 63: 397-400.
- HEAGLE, A.S.-KEY, L.W. (1973b): Effect of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* on ozone injury in wheat. *Phytopathol.* 63: 609-613.
- HENNESSY, K.J.-PITTOCK, A.B. (1995): Greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia. *International Journal of Climatology* 15: 591-612.
- HEVESI M. (1996): Az *Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al. Hazai megjelenése almán. *Növényvédelem* 32: 225-228.
- HITE, R.E. (1973): The effect of irradiation on the growth and asexual reproduction of *Botrytis cinerea*. *Plant Disease Rep.* 57: 131-135.
- HOANG, N.D.-GÁBORJÁNYI R. (1991): Kukoricapatogén potyvirusok előfordulása Magyarországon. *Növénytermelés* 40: 105-110.

- HOFFMANNÉ PATHY ZS.-DOMA CS.-DANCZA I. (2004): A mandulapalka (*Cyperus esculentus* L.) elleni védekezési lehetőségek kukoricában. Budapest. p.122.
- HOLB I. (2004): A légköri CO₂ koncentráció és a hőmérsékletváltozás hatásai a növényi kórokozókra és az állati kártevőkre. *AGRO-21 Füzetek* 34: 129-138.
- HOLLEY, J.D.-HOFSTRA, G.-HALL, R. (1985): Appearance and fine structure of lesions caused by the interaction of ozone and *Alternaria solani* in potato leaves. *Can. J. Plant Pathol.* 7: 277-282.
- HOLM, L.G.-PLUCKNETT, J.V.-PANCHO, J.V.-HERBERGER, J.P. (1977): The world's worst weeds. Distribution and ecology. Univ. of Hawaii Press, Honolulu.
- HONDA, Y.-TOKI, T.-YUNOKI, T. (1977): Control of gray mold of greenhouse cucumber and tomato by inhibiting sporulation. *Plant Disease Rep.* 61: 1041-1044.
- HONDA, Y.-SAKAMOTO, M.-ODA, Y. (1968): Blue and near ultraviolet reversible photoreaction on the sporulation of *Helminthosporium oryzae*. *Plant & Cell Physiol.* 9: 603-637.
- HONDA, Y.-YUNOKI, T. (1977): Control of *Sclerotinia* disease of greenhouse eggplant and cucumber by inhibition of development of apothecia. *Plant Disease Rep.* 61: 103-140.
- HOWELL, R.K.-GRAHAM, J.H. (1977): Interaction of ozone and bacterial leaf spot of alfalfa. *Plant Disease Rep.* 61: 565-567.
- HUNYADI K.-BÉRES I.-KAZINCZI G. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- IBA, K. (2002): Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53: 225-245.
- IMOLEHIN, E.D.-GROGAN, R.G. (1980): Effects of oxygen, carbon dioxide and ethylene on growth, sclerotial production, germination and infection by *Sclerotinia minor*. *Phytopathology* 70: 1158-1161.
- IPPC (1996): Climate change 1995. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 570 pp.
- IPPC (2001): Climate change 2001. The scientific basis. Contribution of Working group I to the third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881 pp.
- JAMES, R.L.-COBB, F.W.,JR.-MILLER, P.R.-PARMETER, J.R.,JR. (1980): Effects of oxidant air pollution on susceptibility of pine roots to *Fomes annosus*. *Phytopathol.* 70: 563.
- JAMES, R.L.-COBB, F.W.,JR.-PARMETER, J.R.,JR. (1982): Effects of ozone on sporulation, spore germination, and growth of *Fomes annosus*. *Phytopathol.* 72: 1205-1208.
- JENSER, G.-GÁBORJÁNYI, R.-VASDINYEI, R.-ALMÁSI, A. (1995): Epidemiological aspects of tomato spotted wilt virus infection in Hungary. *Tomato Spotted Wilt Conf. Taiwan.*
- JENSER, G.-GÁBORJÁNYI, R.-SZÉNÁSI, Á.-ALMÁSI, A.-GRASSELLI, M. (2003): Significance of hibernated *Thrips tabaci* Lindeman (Thysan. Thripidae) adults in the epidemic of tomato spotted wilt virus. *J. Appl. Entomol.* 127: 7-11.
- KARLMAN, M.-HANSSON, P.-WITZELL, J. (1994): *Scleroderris* canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1948-1959.
- KATAN, J. (1971): Symptomless carriers of the tomato *Fusarium* wilt pathogen. *Phytopathology* 61:1213-1217.
- KATTENBERG, A.-GIORGI, F.-GRASSL, H.-MEEHL, G.A.-MITCHELL, J.F.B. (1996): Climate models projections of future climate. pp. 285-357. In IPCC: *Climate change 1995*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- KAZINCZI G. (1993): Őszi búzában károsító gyomnövények biológiája. Kandidátusi értekezés. Keszthely 116 pp.
- KAZINCZI, G.-HORVÁTH, J.-LESEMANN, D.E. (2002): Perennial plants as new natural hosts of three viruses. *Z. PflKrankh. PflSchutz* 109: 301-310.
- KAZINCZI G.-MAGYAR L. (2003): A gyommagvak nyugalmi állapota és csírázásökológiája II. A gyommagvak szántóföldi csírázása és a dormancia fajon belüli eltérése. *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 4: (1) 3-17.
- KAZINCZI, G.-HUNYADI, K. (1992): Water relations of some annual weeds. *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.*, 12: 111-117.
- KAZINCZI, G.-HORVÁTH, J.-HUNYADI, K.-LUKÁCS, D. (1998): A contribution to the biology of cleavers (*Galium aparine* L.). *Z. Pflkrankh. PflSchutz, Sonderh.* 16: 83-90.
- KESZTHELYI S.-MARCZALI ZS.-TAKÁCS A. (2004): A kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hübner) második rajzásának megítélése Dél- és Délkelet-Magyarországon. *Növényvédelem* 40: 457-470.
- KIRÁLY, Z.-BARNA, B.-KECSKÉS, A.-FODOR, J. (2002): Down-regulation of antioxidative capacity in a transgenic tobacco which fails to develop acquired resistance to necrotization caused by TMV. *Free Radical Research* 36: 981-991.
- KLAUS, H. (1943): Untersuchungen über *Alternaria solani* Jones et Grout, ins besondere über seine Pathogenität an Kartoffelknollen in Abhängigkeit von den Aussenfaktoren. *Journal of Phytopathology* 13: 126-195.
- KOMADA, H.-HAMADA, T.-HORIGUCHI, G.-NISHIMURA, M.-IBA, K. (1994): Genetic enhancement of cold tolerance by expression of a gene for chloroplast -3 fatty acid desaturase in transgenic tobacco. *Plant Physiol.* 105: 601-605.

- KOZÁR F. (1998): Éghajlat és rovarvilág. *Magyar Tudomány*, 1998: 1069-1076. **(nincs citálva a szövegben)**
- KOZÁR F.- SZENTKIRÁLYI F.- KÁDÁR F.- BERNÁTH B. (2004): Éghajlatváltozás és a rovarok. *AGRO-21 Füzetek* 2004: 49-64.
- KOZÁR L.-VAJNA L.-NÉMETH I. (1996): Globális felmelegedés és a növényvédelem. *Növényvédelmi Tud. Napok* Budapest 1996. p.38.
- KÖVICS GY. (2004): Egy hazai találmány megvalósítása és társadalmi-tudományos háttere. A Pharmaplant növényvédő szer család. Bevezető előadás: elhangzott a „Találmány, technika és tudomány” rendezvényen, 2004. április 20., Budapest.
- KRITZMAN, G.-CHET, I.-HENIS, Y. (1977): Effect of carbon dioxide on growth and carbohydrate metabolism in *Sclerotium rolfsii*. *Journal of General Microbiology* 100: 167-175.
- KRUPA, S.V.-KICKERT, R.N. (1989): The greenhouse effect: Impacts of ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO₂), and ozone (O₃) on vegetation. *Environ. Pollut.* 61: 263-393.
- KUMAGAI, T. (1982): Blue and near ultraviolet reversible photoreaction in the induction of fungal conidiation. *Photochem. & Photobiol.* 35: 123-125.
- LAURENCE, J.A.-WOOD, F.A. (1978a): Effects of ozone on infection of soybean by *Pseudomonas glycinea*. *Phytopathol.* 68: 44-45.
- LAURENCE, J.A.-WOOD, F.A. (1978b): Effect of ozone on infection of wild strawberry by *Xanthomonas fragariae*. *Phytopathol.* 68: 689-692.
- LEACH, C.M. (1962): Sporulation of diverse species of fungi under near-ultraviolet radiation. *Can. J. Bot.* 40: 151-161.
- LEACH, C.M. (1967): Interaction of near-ultraviolet light and temperature on sporulation of the fungi *Alternaria*, *Cercospora*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, and *Stemphylium*. *Can. J. Bot.* 45: 1999-2016.
- LEACH, C.M. (1971): A practical guide to the effects of visible and ultraviolet light on fungi. *Methods Microbiol.* 4: 609-664.
- LOCKHART, C.L.-EAVES, C.A.-CHIPMAN, E.W. (1969): Suppression of rots on four varieties of mature green tomatoes in controlled atmosphere storage. *Canadian Journal of Plant Science* 49: 265-269.
- LOEHLE, C. (1996): Forest response to climate change: Do simulations predict unrealistic dieback? *Journal of Forestry* 94: (9) 13-15.
- LONG, S.P.-AINSWORTH, E.A.-ROGERS, A.-ORT, D.R. (2004): Rising atmospheric carbon dioxide: plants face the future. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55: 591-628.
- LONSDALE, D.-GIBBS, J.N. (1996): Effects of climate change on fungal diseases of trees. pp. 1-19. In FRANKLAND, J.C.-MAGAN, N.-GADD, G.M. (eds.) *Fungi and Environmental Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- MANNING, W.J.-FEDER W.A.-PAPIA, P.M.-PERKINS, I. (1971a): Effects of low levels of ozone on growth and susceptibility of cabbage plants to *Fusarium oxysporum* f sp. *conglutinans*. *Plant Disease Rep.* 55: 47-49.
- MANNING, W.J.-FEDER, W.A.-PAPIA, P.N.-PERKINS, I. (1971b): Influence of foliar ozone injury on root development and root surface fungi of pinto bean plants. *Environ. Pollut.* 1: 305-312.
- MANNING, W.J.-FEDER, W.A.-PERKINS, I. (1969a): Ozone injury increases infection of geranium leaves by *Botrytis cinerea*. *Phytopathol.* 60: 669-670.
- MANNING, W.J.-FEDER, W.A.-PERKINS, I.-GLICKMAN, M. (1969b): Ozone injury and infection of potato leaves by *Botrytis cinerea*. *Plant Disease Rep.* 53: 691-693.
- MANNING, W.J.-VARDARO, P.M. (1976): Ozone and *Fusarium*: Effects on the growth and development of a wilt-susceptible tomato and a wilt-resistant tomato. *Proc. Am. Phytopathol. Soc.* 3: 227.
- MANNING, W.J.-VON TIEDEMANN, A. (1995): Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. *Environmental Pollut.* 8: 219-245.
- MARTENS, J.W.-MCKENZIE, R.I.H.-GREEN, G.J. (1967): Thermal stability of stem rust resistance in oat seedlings. *Canadian Journal of Botany* 45: 451-458.
- MEARNS, L.O.-ROSENZWEIG, C.-GOLDBERG, R. (1997): Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measures of uncertainty. *Climatic Change* 35: 367-396.
- MESTERHÁZY, Á.-GÁBORJÁNYI, R.-PAPP, M.-FÓNAD, P. (2002): Multiple virus infections of wheats in South Hungary. *Cereal Res. Commun.* 30: 329-334.
- MIHÁLY B.-BOTTA-DUKÁT Z. (szerk.) (2004): Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. Természetbúvár Alapítvány Kiadó Budapest 2004. 408pp.
- MIKULÁS, J.-KAZINCZI, G.-PÖLÖS, E.- VÁRADI, GY.-HUNYADI, K.-BÉRES, I. (1990): Das Unkraut *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. kann als Begrünungspflanze der Rebzeilen angewandt werden. *VIII. Int. Koll. „Begrünung im Weinbau”*. Internationaler Arbeitskreis, Keszthely 1990. pp. 325-338.
- MITCHELL, D.J.-MITCHELL, J.E. (1973): Oxygen and carbon dioxide concentration effects on the growth and reproduction of *Aphanomyces euteiches* and certain other soil-borne pathogens. *Phytopathology* 63: 1053-1059.

- MITCHELL, D.J.-ZENTMYER, G.A. (1971): Effects of oxygen and carbon dioxide tensions on growth of several species of *Phytophthora*. *Phytopathology* 61: 787-791.
- MOKRZHETSKI, K.A.(1901): Animal and plant pests of Crimea in 1900. Simferopol (1901) (cit. In Kovalev, O.V.-Poprawski, T.J.-Stekolshchikov, A.V.-Vereshchagina, B.-Gandrabur, S.A. 1991. *Diuraphis* Aizenberg (Hom., Aphididae) key to apterous females, and review of Russian language literature on the natural history of *Diuraphis noxia* (Kurdjumov, 1913). *J. Appl. Entomol.* 112: 425-436.
- MORISON, J.I.L. (1987): Intercellular CO₂ concentration and stomatal response to CO₂. In ZEIGER, E.-FARQUHAR, G.D.-COWAN, I.R. (eds.) *Stomatal Function*. Stanford University Press, Stanford, CA., USA.
- NAGY B. (1993): A kukoricamoly. p. 495-528. In Jermy T.-Balázs K. (szerk.) A Növényvédelmi Állattan Kézikönyve 4B, Akadémiai Kiadó, Budapest
- NAGY, P.-FISCHL, G. (2002a): Effect of UV and visible light irradiation on mycelial growth and sclerotium formation of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.* 37: (1-3) 83-89.
- NAGY, P.-FISCHL, G. (2002b): The effect of UV and visible light irradiation on the development of microsclerotium of the fungus *Macrophomina phaseolina*. *Cereal Res. Comm.* 30: (3-4) 383-389.
- NAGY, P.-FISCHL, G. (2003): UV-C sugárzás hatása *Alternaria alternata* és *Curvularia inaequalis* konídiumainak csírázására. *Növényvédelem* 39: (12) 603-606.
- NAGY, P.-FISCHL, G.-KOVÁCS, J. (2000): The effect of light illumination on growth and sporulation of some microscopic fungi. *ESNA Konf. XXX. Annual Meeting*, Keszthely. Abstr. p. 117.
- NÉMETH I. (1990): Mediterrán gyomfajok megjelenése Eger környékén. *Növényvédelmi Tud. Napok Budapest 1990*. p. 127.
- NÉMETH J.-KOVÁCS A.-GALAMBOS GY.-MERŐ F.-MOLNÁR M. (2002): A *Ralstonia solanacearum* okozta burgonyahervadás és barnarothadás megjelent Magyarországon. *Növényvédelem* 38: 453-461.
- NESCAUM ?? (1993): Widespread ozone violations-summer 1993. NE Aireport, Boston, MA, USA.
- OBERSCHALL, A.-DEÁK, M.-TÖRÖK, K.-SASS, L.-VASS, I.-KOVÁCS, I.-FEHÉR, A.-DUDITS, D.-HORVÁTH, V.G. (2000). A novel aldose/aldehyde reductase protects transgenic plants against lipid peroxidation under chemical and drought stresses. *The Plant Journal* 24: 437-446.
- OERKE, E.C.-DEHNE, H.W.-SCHONBECK, F.-WEBER, A. (1994): Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- ORTH, A.B.-TERAMURA, A.H.-SISLER, H.D. (1990): Effects of ultraviolet-B radiation on fungal disease development in *Cucumis sativus*. *Am. J. Bot.* 77: 1188-1192.
- OWENS, O.V.-KRIZEK, D.T. (1980): Multiple effects of UV radiation (265-330 nm) on fungal spore emergence. *Photochem. & Photobiol.* 32: 41-49.
- PÁLDI E.-SZALAI G.-JANDA T. (2003): Alacsony hőmérséklet hatása gazdasági növények anyagcseréjére. In Jávora A. (szerk.) *Növényi Élet és a Stressz*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 53-61.
- PAPP, M.-MESTERHÁZY, Á.-VASDINYEI, R.-GÁBORJÁNYI, R. (1996): Mixed virus infection of wheat in South-East Hungary in 1994 and 1995. *Cereal Res Commun.* 24: 179-182.
- PAPAVIZAS, G.C.-DAVEY, C.B. (1962): Activity of *Rhizoctonia* in soil as affected by carbon dioxide. *Phytopathology* 52: 759-766.
- PARRY, M. (1992): The potential effect of climate changes on agriculture and land use. *Advances in Ecological Research* 22: 63-91.
- PATTERSON, D.T. (1995): Weeds in a changing climate. *Weed Science* 43: 685-701.
- PATTERSON, D.T.-FLINT, E.P. (1980): Potential effects of global atmospheric CO₂ enrichment on the growth and competitiveness of C₃ and C₄ weed and crop plants. *Weed Science* 28: 71-75.
- PENKETT, S.A. (1988): Increased tropospheric ozone. *Nature* 332: 204.
- PHILLIPS, D.J. (1985): Postharvest control of *Botrytis* rot of roses with carbon dioxide. *Plant Disease* 69: 789-790.
- PONS, T.L. (1979): Growth rates and competitiveness to rice of some annual weed species. *7th Conf. Asian-Pacific Weed Sci. Soc.* Sydney, pp. 65-70.
- POORTER, H. (1993): Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO₂ concentration. *Vegetation* 104/105: 77-97.
- PORTER, J.H.-PARRY, M.L.-CARTER, T.R. (1991): The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forest Meteorology* 57: 221-240.
- PRESCOTT-ALLEN, R.-PRESCOTT-ALLEN, C. (1990): How many plants feed the world? *Conserv. Biol.* 4: 365-374.
- PUCHBERGER, K.M. (1990): *Cameraria ohridella* (Lep. Lithocolletidae) in Oberösterreich. *Steyer Entomologenrunde* 24: 79-81.
- PUNJA, Z.K.-JENKINS, S.F. (1984): Influence of temperature, moisture, modified gaseous atmosphere, and depth in soil on eruptive sclerotial germination of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 74: 749-754.
- RADICS, L.-GLEMNITZ, M.-HOFFMANN, J.-CZIMBER, GY. (2000): Comparative investigations on weed flora

- composition along a climatic gradient in Europe as basis for climate change research efforts. *11th Internat. Weed Biol. Conf.* Dijon (France), pp. 191-199.
- RAMOS, L.J.-VOLIN, R.B. (1987): Role of stomatal opening and frequency on infection of *Lycopersicon* spp. by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Phytopathology* 77: 1311-1317.
- RASCHKE, K. (1975): Stomatal action. *Annual Review of Plant Physiology* 26: 309-340.
- REINERT, R.A.-RUFTY R.C.-EASON, G. (1988): Interaction of tobacco etch or tobacco vein mottling virus and ozone on biomass changes in Burley tobacco. *Environ. Pollut.* 53: 209-218.
- RICH, S.-TOMLINSON, H. (1968): Effects of ozone on conidiophores and conidia of *Alternaria solani*. *Phytopathol.* 58: 44-46.
- RIHA, S.J.-WILKS, D.S.-SIMOENS, P. (1996): Impact of temperature and precipitation variability on crop model predictions. *Climatic Change* 32: 293-311.
- RISHBETH, J. (1991): *Armillaria* in an ancient broadleaved woodland. *European Journal of Forest Pathology* 21: 239-249.
- ROSENZWEIG, C.-HILLEL, D. (1998): *Climate Change and the Global Harvest: Potential Impacts of the Greenhouse Effect on Agriculture*. Oxford University Press, New York.
- ROSENZWEIG, C.-PARRY, M.L. (1994): Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367: 133-138.
- ROSSING, W.A.H.-VAN DE WIEL, L.A.J.M. (1990): Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid *Sitobion avenae*. 1. Quantification of the effects of honeydew on gas exchange of leaves and aphid populations of different size on crop growth. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 96: 343-364.
- ROYLE, D.J.-THOMAS, G.G. (1971): The influence of stomatal opening on the infection of hop leaves by *Pseudoperonospora humuli*. Observations with the scanning electron microscope on the early stages of hop leaf infection by *Pseudoperonospora humuli*. *Physiological Plant Pathology* 329-343.
- RUNECKLES, V.C.-KRUPA, S.V. (1994): The impact of UV-B radiation and ozone on terrestrial vegetation. *Environ. Pollut.* 83: 191-213.
- SALAMON, P.-HORVÁTH, J.-MAMULA, D.-JURETIC, N.-HUNYADI, K. (1989): *Asclepias syriaca* L. (common milkweed), a new natural hosts of cucumber mosaic virus in Hungary and Yugoslavia. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.* 24: 363-373.
- SANDEN, G.E.-MOORE, L.D. (1978): Effect of heat-induced susceptibility to tobacco black shank on protein content and on activity of peroxidases. *Phytopathology* 68: 1164-1167.
- SASAKI, T.-HONDA, Y. (1985): Control of certain diseases of greenhouse vegetables with ultraviolet-absorbing film. *Plant Disease* 69: 530-533.
- SAVILE, D.B.O.-URBAN, Z. (1982): Evolution and ecology of *Puccinia graminis*. *Preslia* 54: 97-104.
- SCHANS, J. (1991): Reduction of leaf photosynthesis and transpiration rates of potato plants by second-stage juveniles of *Globodera pallida*. *Plant, Cell & Environment* 14: 707-712.
- SEMENIUK, P.-STEWART, R.N. (1981): Effects of ultraviolet (UV-B) irradiation on infection of roses by *Diplocarpon rosae* Wolf. *Environ. & Exp. Bot.* 21: 45-50.
- SKELLY, J.M.-YANG, Y.S.-CHEVONE, B.I.-LONG, S.J.-NELLESSEN, E.-WINNER, W.E. (1983): Ozone concentrations and their influence on forest species in the Blue Ridge Mountains of Virginia. In *Air Pollution and the Productivity of the Forest*. Davis, D.D. (ed.) Izaak Walton League of America.
- SMART, M.G.-HOWARD, K.M.-BOTHAST, R.J. (1968): Effect of carbon dioxide on sporulation of *Alternaria crassa* and *Alternaria cassiae*. *Mycopathologia* 118: 167-171.
- SOLYMOSI P. (2002): A globális felmelegedés hatása a gyomflóra összetételére valamint a C₃-as és C₄-es gyomfajok produktivitására. *Gyomnövények, gyomirtás* 3: (1) 12-19.
- SOLYMOSI P.-PRISZTER SZ. (1984): Új *Amaranthus* faj (*A. bouchonii* Thell.) Magyarországon. *Bot. Közlem.* 71: 133-136.
- SOLYMOSI P.-HORVÁTH Z.-HOFFMANNÉ PATHY ZS. (2001): A *Phytolacca americana* L. terjedésének újabb adatai Bács-Kiskun és Somogy megyékben. *Növényvédelem* 37: 589-592.
- SOMLYAY L.-LÖKÖS L. (2000): A *Polycarpon tetraphyllum* L. Magyarországon és további adatok Budapest flórájához. *Kitaibelia* 5: 305-306.
- SOÓ R. (1973): *A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- STARY, P. (2000): On-going expansion of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdj.) in Central Europe (Hom.: Aphididae). *J Pest Science* 73: 75-78.
- STEINMANN H. (1959): Szitakötők Magyarországi elterjedésének vizsgálata. *Fol. Ent. Hung.*, 12: 429-458.
- STOETZEL, M.B. (1987): Information on and identification of *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) and other aphid species colonizing leaves of wheat and barley in the United States. *J. Econ. Entomol.* 80: 696-704.
- STOVER, R.H.-FRIEBERG, S.R. (1958): Effect of carbon dioxide on multiplication of *Fusarium* in soil. *Nature* 181: 788-789.

- SUTHERST, R.W.-MAYWALD, G.F.-SKARRATT, D.B. (1995): Predicting insect distributions in a changed climate. pp. 59–91. In HARRINGTON, R.-STORK, N.E. (eds.) *Insect in Changing Environment*. Academic Press, London, UK.
- SVIRCEV, A.M.-MCKEEN, W.E.-BERRY, J.W. (1984): Sensitivity of *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* to carbon dioxide, compared to that of *Botrytis cinerea* and *Aspergillus niger*. *Phytopathology* 74: 445-447.
- SZABÓKY CS. (1994): A *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic előfordulása Magyarországon. *Növényvédelem* 11: 529-530.
- SZŐCS G.-TÓTH M- UJVÁRY I. (1994): Gyapottok-bagolylepkék (*Helicoverpa armigera*) feromoncsapdából. *Növényvédelem* 30: 278.
- SZŐCS G.- TÓTH M.- UJVÁRY I- SZARUKÁN I. (1995): Hazai fejlesztésű feromoncsapda az újonnan fellépő gyapottok-bagolylepkék (*Helicoverpa armigera* Hbn.) jelzésére. *Növényvédelem* 31 (6): 261-265.
- SZŐCS G- KÁRPÁTI ZS- NAGY Z- SEBESTYÉN R-NEMESTÓTHY K- SALY K- UJVÁRY I. (2003): Varsás feromoncsapda a vadgesztenyelevél-aknázómoly *Cameraria ohridella* rajzásmenetének nyomkövetésére. *Növényvédelem* 39: 261-266.
- SZEŐKE K. (1994): A gyapottok-bagolylepké (*Helicoverpa armigera*) 1993 évi magyarországi előfordulása és kártétele. *Növényvédelem* 30: 153-157.
- SZEŐKE K.-MOLNÁR F.-GYULAI P.-VÖRÖS J.-SZILÁGYI K. (1995): A gyapottok-bagolylepké (*Helicoverpa armigera*) 1994. évi előfordulása és kártétele Magyarországon. *Növényvédelem* 31: 249-259.
- SZIGETI Z (2003): A növények és a stressz. Alapfogalmaktól a stressz okozta fluoreszcencia változások leképezéséig. In Jávor A. (szerk.) *Növényi Élet és a Stressz*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 31-39.
- SZIRMAI J.- PAJZSNÉ M. (1963): A kukorica csíkos mozaik betegsége. *Növénytermelés* 12: 43-50.
- SZIRMAI, J.-BECZNER, L.-NAGY, P.-GÁBORJÁNYI, R. (1989): Virus diseases of Gramineae in Hungary. *Acta Phytopathol. Hung.* 26: 83-86.
- SZŐKE K.- VOLLÁR J. (2003): A gyapottok-bagolylepké (*Helicoverpa armigera* Hbn.) 2002. évi előfordulása és kártétele komlóban. *49. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest* 49: 75.
- SZŐKE L. (2001): A melegigényes gyomfajok gyors terjedése és a klímaváltozás összefüggése. *Növényvédelem* 37: 10-12.
- TABAK, H.H.-COOKE, W.B. (1968): The effects of gaseous environments on the growth and metabolism of fungi. *Botanical Reviews* 34: 126-252.
- TERAMURA, A.H. (1983): Effects of ultraviolet-B radiation on the growth and yield of crop plants. *Physiol. Plant.* 58: 415-427.
- TEVINI, M.J.-TERAMURA, A.H. (1989): UV-B effects on terrestrial plants. *Photochem. & Photobiol.* 50: 479-487.
- TEVIN, M.-BRAUN, J.-FIESER, G. (1991): The protective function of the epidermal layer of rye seedlings against ultraviolet-B radiation. *Photochem. & Photobiol.* 53: 329-333.
- THIME, T.-HEIMBACH, U.-SCHLIEPHAKE, E. (2001): Nachweis der "Russischen Weizenlaus", *Diuraphis noxia* (Kurdjumov), in Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 53: 35-40.
- TIEDEMANN, A.V.-BRUCKNER, G.-FEHRMANN, H. (1990): Susceptibility changes of some agricultural plants to fungal pathogens after fumigation with ozone in closed chambers. In *Air Pollution Res.* Payer, H.D.-Pfirrmann, T.-Mathy, P. Report 26. CEC, pp. 449-458.
- TIEDEMANN, A.V.-FEHRMANN, H. (1986): Increased susceptibility of grapevine against *Botrytis cinerea* after fumigation with sulphur dioxide and ozone. *Weinwiss.* 3: 177-181.
- TÓBIÁS I.-BASKY ZS.-RUSKÓ J. (1996): A cukkini sárga mozaik vírus – a kabakosokon előforduló új kórokozó Magyarországon. *Növényvédelem* 37: 77-79.
- TÓTH Á.-SPILÁK K. (1998): A IV. Országos Gyomfelvételezés tapasztalatai. *Növényvédelmi Fórum Keszthely*, p. 49.
- TRESHOW, M.-HARNER, F.M.-PRICE, H.E.-KORMELINK, J.R. (1969): Effects of ozone on growth, lipid metabolism and sporulation of fungi. *Phytopathol.* 59: 122-135.
- TRIPP, K.E.-KROEN, W.K.-PEET, M.M.-WILLITS, D.H. (1992): Fewer whiteflies found on CO₂-enriched greenhouse tomatoes with high C:N ratios. *Hort.Science* 27: 1079-1080.
- TUBA Z. A szárazságtűrés titkait rejtő újraéledésre képes növényekről. In Jávor A. (szerk.) *Növényi Élet és a Stressz*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 47-53.
- TURNER, N.C.-RICH, S.-WAGGONER, P.E. (1973): Removal of ozone by soil. *J. Environ. Qual.* 2: 259-264.
- UJHELYI S. (1955): A Természettudományi Múzeum magyar gyűjtőktől származó közép-európai szitakötő gyűjteményének faunisztikai adatai. *Fol. Ent. Hung.* 8: 17-44.
- UJHELYI S. (1957): Szitakötők – Odonata. *Fauna Hungariae*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 5(6): 44 pp.
- UJVÁROSI M. (1973): Gyomnövények. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- VAKALOUNAKIS, D.J.-CHRISTIAS, C. (1981): Sporulation in *Alternaria cichorii* is controlled by a blue and near ultraviolet reversible photoreaction. *Can. J. Bot.* 59: 62-68.

- VICIÁN O.-SÜLE S.-GÁBORJÁNYI R. (1998): A sztolbur fitoplazma természetes gazdanövényei Magyarországon. *Növényvédelem* 34: 617-620.
- VOLK, A. (1931): Einflüsse des Bodens, der Luft und des Lichtes auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Krankheiten. *Journal of Phytopathology* 3: 1-88.
- VOLZ, A.-KLEY, D. (1988): Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. *Nature* 332: 240-242.
- VÖRÖS G. (2002): A globális felmelegedés és klímaingadozás hatása néhány rovarkártevőre, valamint leküzdésük lehetősége. *PhD Disszertáció*, Keszthely. pp. 187.
- WALTERS, M.C.-PENN, F.-DU TOIT, F.-BOTHÁ, T.C.-, AALBERSBERG, K.-HEWITT, P.H.-BROODRYK, S.W. (1980): The Russian wheat aphid. *Farming in South Africa, Leaflet series, wheat G3*: 1-6.
- WELLS, J.M. (1974): Growth of *Erwinia carotovora*, *E. atroseptica* and *Pseudomonas fluorescens* in low oxygen and high carbon dioxide atmospheres. *Phytopathology* 64: 1012-1015.
- WELLS, J.M.-UOTA, M. (1970): Germination and growth of five fungi in low-oxygen and high-carbon dioxide atmospheres. *Phytopathology* 60: 50-53.
- WIGLEY, T.M.L. (1985): Impact of extreme events. *Nature* 316: 106-107.
- WILSON, J.R.-DEINUM, B.-ENGELS, F.M. (1991): Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39: 31-48.
- WONG, S.C. (1979): Elevated atmospheric partial pressure of CO₂ and plant growth. I. Interactions of nitrogen nutrition and photosynthetic capacity in C3 and C4 plants. *Oecologia* 44: 68-74.
- ZARECKY A.-VÖRÖS G. (1994): Bagolylepke-invázió a kukoricacsövekben. *Növényvédelem* 30: 169-172.
- ZHU, J-K. (2002): Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53: 247-273.
- ZISKA, L.H.-TERMURA, A.H.-SULLIVAN, J.H. (1992): Physiological sensitivity of plants along an elevational gradient to UV-B radiation. *Am. J. Bot.* 79: 863-871.
- ZORNBACH, W.-SCHICKEDANZ, F. (1987): Der Einfluss von CO₂-imprägniertem Giesswasser auf verschiedene Mykosen an Zierpflanzen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 39: 81-87.