

Változó éghajlat – mezőgazdasági kihívások

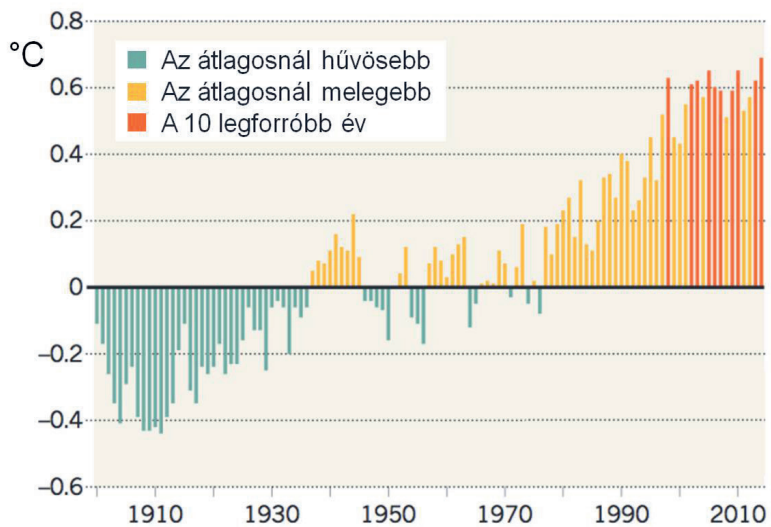
Globális és regionális klímaváltozás

BARTHOLY JUDIT – PONGRÁCZ RITA

A globális melegedés ténye mára már vitathatatlan. A rendszeres műszeres mérések kezdete óta a legmelegebb tíz évet 1998 után regisztrálták (1. ábra). Nem új keletű az a megállapítás, hogy az emberiség intenzív ipari és mezőgazdasági tevékenysége következtében változik az éghajlat. Elsőként 1896-ban Svante Arrhenius svéd kutató fogalmazta meg, hogy az emberi tevékenység hatására jelentősen növekedhet a légköri szén-dioxid mennyisége, s becslése szerint a szén-dioxid-koncentráció megduplázódása 5–6 °C-os melegedéshez vezethet. Az elmúlt évtizedek mérései és a jövőre vonatkozó becslések azt jelzik, hogy egyre közelebb kerülünk ehhez a szén-dioxid-mennyiséghez. Az ipari forradalom előtti 280 ppm-es légköri szén-dioxid-koncentráció mára 44%-kal emelkedett (IPCC, 2013), s az elmúlt évben a globális átlag-koncentráció elérte a 402 ppm-et.

Az elmúlt 800 ezer évre vonatkozó antarktisi jégfuratminták elemzéséből tudjuk, hogy míg ebben a hosszú időszakban a szén-dioxid-koncentráció 170–300 ppm intervallumban mozgott, addig az elmúlt két évszázadban 280 ppm-ről 390 ppm-re nőtt, s az optimista becslések szerint sem valószínű, hogy a XXI. század végére 560 ppm alatt tartatható (2. ábra).

Miért érdekes számunkra a légköri szén-dioxid gáz – akár kétszeresre növekvő – koncentrációváltozása, mely jelenleg a légkör 0,04%-át sem teszi ki? Az üvegházhatás 33 °C-kal növeli a felszínközeli átlaghőmérsékletet, enélkül nem lenne lakható a Föld. Annak ellenére, hogy a vízgőz hozzájárulása a legnagyobb ehhez a hőmérsékleti többlet, a többi üvegházhatású gáz fontossága is egyértelmű. Több évtizedes klímaszimulációk alapján igazolható, hogy önmagában a rövid (alig 10 napos) tartózkodási idejű vízgőz nem képes tartósan biztosítani az üvegházhatásból származó többlethőmérsékletet, s a hosszú tartózkodási idejű üvegház-



1. ábra. A XX. századi átlagos hőmérséklettől való eltérés jól mutatja a globális átlaghőmérséklet növekedését 1900-tól napjainkig

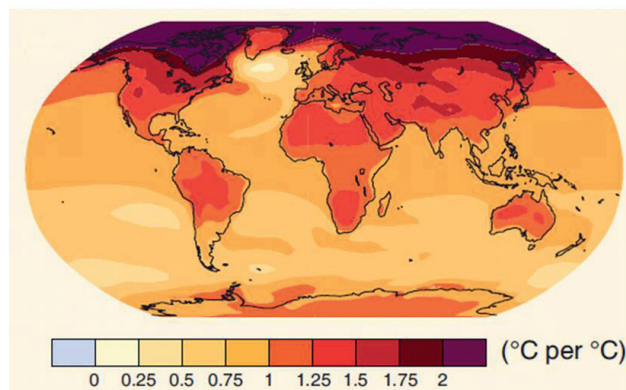
hatású gázok hiányában egy-két évtized alatt a Föld felszínének szinte teljes egésze eljegesedne (Lacis et al., 2010).

Ha ennyire fontosak az üvegházhatású gázok, köztük a szén-dioxid, akkor hogyan lehetséges, hogy nagymértékű koncentrációnövekedésük csak néhány tized °C-os globális melegedést (0,89 °C-ot a XIX. század közepétől napjainkig) okozott a légkör felszínközeli rétegeiben? Egyrészt jelentős mértékben csökkentette az üvegházgázok melegítő hatását az ugyancsak antropogén eredetű légszennyezés növekedése, mely az aeroszolkoncentráció emelkedését eredményezte. Az aeroszolrészecskék fokozódó légköri jelenléte hűtő hatást vált ki. Másrészt, az elmúlt 50 évben az üvegházhatású gázok koncentrációnövekedése miatt megjelenő többletenergia nagy része, mintegy 84%-a az óceánok felszínközeli vízrétegeinek melegítésére fordítódott, további 7%-a, illetve 5%-a a tengeri jég és a gleccserek olvadásá-

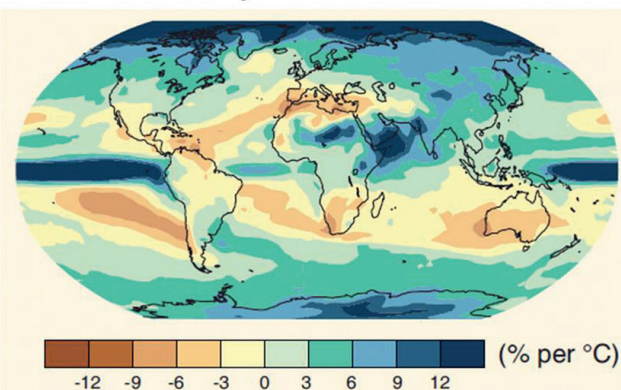
ra, illetve a szárazföldök melegítésére használódott fel, s csupán 4%-a maradt a légkörben (IPCC, 2013).

A globális éghajlati rendszer leírására elsődlegesen a globális éghajlati modellek alkalmasak. Ez a fizikai közelítés képes a légkör általános cirkulációját és annak természetes és antropogén változásait leírni. Az elmúlt évszázadra vonatkozó modellefuttatásokból következtethetünk a múltban lezajlott éghajlatváltozások okaira, s ezen információkat felhasználhatjuk a jövőre vonatkozó éghajlati becslésekhez. Az ún. ensemble módszer alkalmazása, azaz a nagyszámú modellefuttatás eredményeinek együttes elemzése lehetővé teszi a jövőre vonatkozó éghajlati becslések bizonytalanságának számszerűsítését. Például a sok modellszimuláció felhasználásával meghatározhatjuk az 1 °C-os globális felmelegedéshez tartozó hőmérsékleti és csapadékbeli változás területi eloszlását (3. ábra). Egyértelmű, hogy az északi félgömb melegedése jóval nagyobb mértékű, mint a

Hőmérséklet-változás



Csapadékváltozás



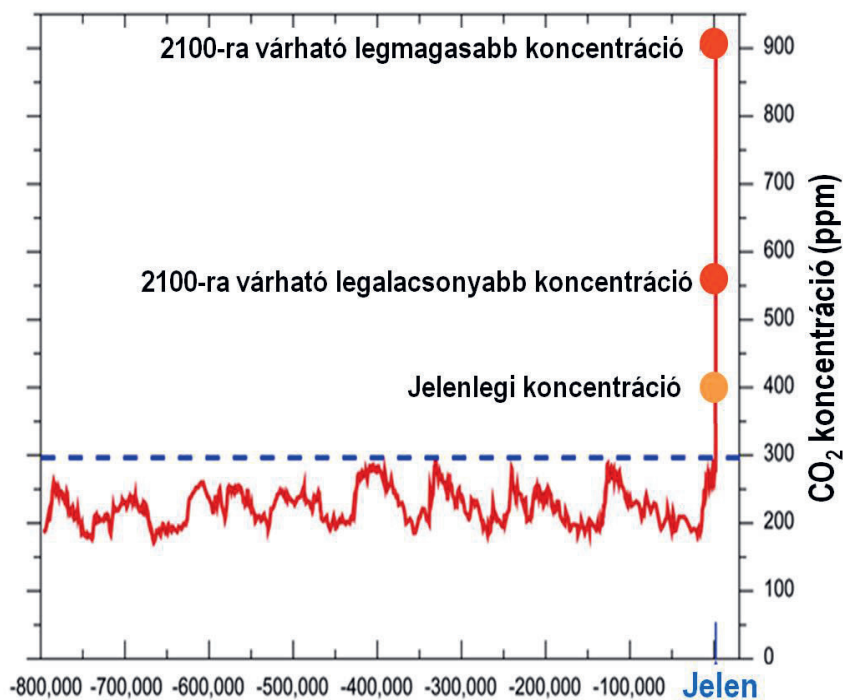
3. ábra. Az 1 °C-os melegedéshez tartozó várható klímaváltozás mértéke (IPCC, 2013)

déli félgömbé. Különösen szembetűnő az Északi-sarkvidék várható melegedése, mely meghaladja a 2 °C-ot, vagyis a globális átlag kétszeresét. Ugyancsak leolvasható az ábráról, hogy a szárazföldrök melegedése lényegesen nagyobb az óceáni területeknél. A melegedéssel együtt jár a globális csapadék növekedése, mivel a melegebb légkör több vizgőzt képes befogadni, s így összességében intenzívebbé válik a felhő-

tendenciák előfordulnak. A legnagyobb csapadéknövekedés (10%-ot meghaladó mértékű) a trópusi óceáni, illetve a poláris területeken várható. Ezzel ellentétben jelentős szárazodásra számíthatunk a Földközi-tenger térségében, valamint a szubtrópusi óceáni medencék keleti részén.

A jelenlegi globális éghajlati modellek tipikus térbeli felbontása 100 km és 400 km közötti. Ha ennél finomabb térbeli fel-

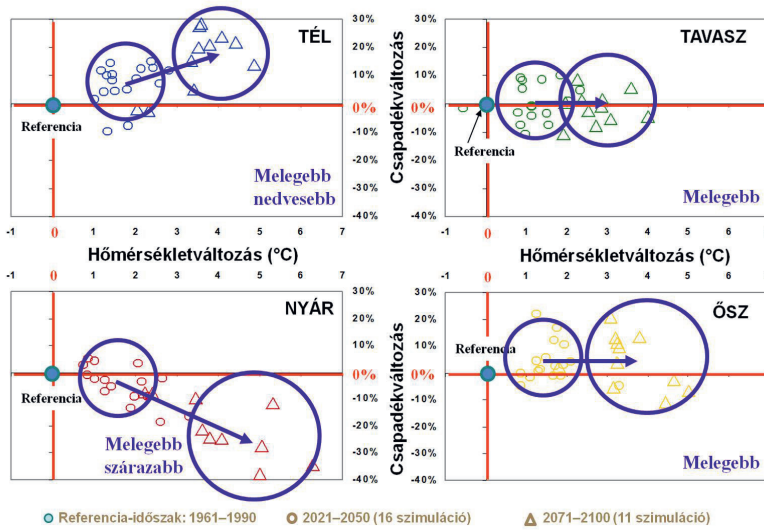
összefüggéseket használunk fel, melyek meghatározása az észlelt adatsorok alapján történt. Ez ugyan kis számítástechnikai kapacitást igényel, de ehhez a közelítéshez nagy mennyiségű, jó minőségű, hosszú mért adatsorokra van szükség, melyek általában nem állnak rendelkezésre. A módszer legnagyobb hátránya az a feltételezés, hogy a múltban érvényes statisztikai összefüggések változatlanok maradnak a jövőben esetlegesen változó klíma esetén is. (2) A dinamikus leskalázás során finom (10–25 km) térbeli felbontású regionális éghajlati modelleket használunk kisebb térségekre (kontinentális vagy annál is kisebb régiókra), amelyek futtatásához szükséges bemeneti adatokat a globális éghajlati modellek szolgáltatják. A regionális éghajlati modellek lehetővé teszik a felszíni domborzat pontosabb reprezentációját, a felszínborítottság és a talajtípusok precízebb megadását, valamint a mezoskálájú nem-lineáris hatások figyelembe vételét. A regionális éghajlati modellek alkalmazásának korlátja a nagy számítástechnikai kapacitás igény. Ugyanakkor a fizikai rendszerben lejátszódó folyamatok és kölcsönhatások korrekt leírása miatt az ok-okozati összefüggések pontosabban elemezhetők. Az alkalmazott éghajlati modellek jövőre vonatkozó szimulációi nem egyszerű fizikai előrejelzések, hanem számos társadalmi, gazdasági folyamat éghajlatra gyakorolt hatását is figyelembe veszik. A lehetséges társadalmi-gazdasági jövőképek következményeképpen alakuló üvegházhatású gázkoncentrációk határozóak meg alapvetően a különböző lehetséges éghajlati forgatókönyveket (optimistábbakat és pesszimistábbakat). Ezek tartalmazzák az éghajlati rendszer válaszait a változó környezeti és antropogén kibocsátási feltételekre. A fentiek miatt a modellbecslések bizonytalanságához jelentős mértékben hozzájárulnak a társadalmi-gazdasági folyamatok bizonytalanságai.



2. ábra. A légköri szén-dioxid-koncentráció változása az elmúlt 800 000 évben antarktisi jégfúrattminták alapján, valamint a XXI. század végére becsült koncentrációk

képződés, a víz körforgása. Ennek ellenére a nagy térbeli és időbeli változékonyság miatt a csapadék régiókénti változását jelző térképen mind növekedő, mind csökkenő

bontással szeretnénk éghajlati becsléseket készíteni, akkor statisztikus vagy dinamikus leskalázásra van szükség. (1) A statisztikus leskalázás során olyan statisztikai



4. ábra. Magyarországra várható évszakos hőmérséklet- és csapadékváltozás közepes forgatókönyvet figyelembevevő modellszimulációs eredmények alapján (Pongrácz et al., 2011)

A regionális éghajlati modelleknek a Kárpát-medence térségére vonatkozó eredményeit összegezve valószínűségi becslést adhatunk a jövőben várható éghajlati viszonyokra. A század közepére és végére várható hazai éghajlatváltozást a hőmérsékleti és csapadékbecslések együttes megjelenítésével szemléltetjük a 4. ábrán. Az 1961–1990 referencia időszak átlagos klímáját a két tengely metszéspontja jelöli ki. Ez a kétdimenziós megjelenítés lehetőséget ad az éghajlati viszonyok változásának komplexebb értékelésére: a modellszimulációk alapján tavasszal és az ország melegedés fog dominálni, a csapadékviszonyokban szignifikáns változás nem várható. Nyáron egyértelmű a me-

gebb és szárazabb klíma irányába történő eltolódás. A modellszimulációk nagy része az évszázad végére szignifikáns változást jelez mind a hőmérséklet, mind a csapadék esetén. Végül télen a melegedés mellett csapadékosabb klíma valószínűsíthető.

A mezőgazdaság számára is alapvető információkat szolgáltatnak a regionális éghajlati modellek szimulációi. Mind a hőmérsékletben, mind a csapadékban bekövetkező változások lényeges hatással lesznek a termesztett növényekre, ezért a zavartalan élelmiszerellátás biztosítása érdekében elengedhetetlen a stratégiai tervezés a mezőgazdasági természetben. Példaként bemutatjuk, hogy a modellszimulációk eredményei alapján

hogyan változik a tenyészidőszak hossza a XXI. század során (5. ábra). A tenyészidőszak természetesen növényenként változó, itt egy általános, a nemzetközi szakirodalomban is gyakran használt definíciót alkalmaztunk. Eszerint a tenyészidőszak kezdő időpontja az a tavaszi dátum, amikor a napi középhőmérséklet legalább öt egymást követő napon meghaladja az 5 °C-ot. Ősszel a tenyészidőszak akkor zárul, amikor ez a feltétel már nem teljesül. Magyarország két tájegységére (az Alföldre és a Dunántúli középhegység-re) kiemelve láthatjuk a tenyészidőszak kezdő és befejező időpontjának alakulását a XX. század utolsó két évtizedében, illetve az elkövetkező néhány évtizedre (2021–2080). A pesszimista forgatókönyvet tekintő éghajlati szimulációk alapján a tenyészidőszak kezdete március elejéről február közepére tolódik előre, míg a vége november végétől decemberre csúszik át. Ennek következtében a tenyészidőszak meghosszabbodik. Ennek mértéke a közeljövőre (2021–2040) vonatkozóan az Alföld térségében átlagosan mintegy 26 nap, a Dunántúli-középhegységben kb. 12 nap. A távolabbi jövőben (2061–2080) a tenyészidőszak átlagos hossza az Alföldön várhatóan kb. 1,5 hónappal, a Dunántúli-középhegységben kb. 1 hónappal növekszik.

Ezek az eredmények bizakodásra adhatnak okot a lehetséges természeti időszak meghosszabbodása miatt, de nem szabad elfeledkeznünk a modellbecslések alapján valószínűsíthető időjárási szélsőségek (pl. árvíz, aszály, aszályhullámok stb.) intenzitásának és gyakoriságának növekedéséről (Bartholy et al., 2008). A mezőgazdasági hatások részletes elemzéséhez az agrárszakemberek komplex vizsgálataira van szükség.

Klíma változás: kihívások és lehetőségek a mezőgazdaságban

VEISZ OTTÓ – VARGA BALÁZS

Aszántóföldi növénytermesztés a globális klímaváltozás okozta időjárási szélsőségeknek talán legnagyobb mértékben kitett nemzetgazdasági ágazat. Magyarország éghajlata és az ország talajadottságai alapozzák meg hatékony mezőgazdasági termelést. A növénytermesztési programok eredményeként újabb és újabb növényfajták biztosítják a természetességhez a megfelelő genetikai alapot, azonban az új fajtákban rejlő nagy potenciális termőképesség elérését számos hatás gátolhatja, melyek

közül az időjárási szélsőségek okozta veszteségek a legjelentősebbek. Míg a kultúrnövények jelentős része a hosszabb időtávban megfigyelhető kisléptékű változásokhoz képes alkalmazkodni, addig a klimatikus tényezők extrém kilendülését csak a legkiemelkedőbb alkalmazkodóképességgel rendelkező fajták képesek komoly termésvesztés nélkül átvészelni.

Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetben már évtizedek óta zajlik a klímaváltozás és az

azt kiváltó légköri CO₂-koncentráció-emelkedés növényekre gyakorolt pozitív és negatív hatásainak kutatása. A múltban sokszor kétségbe vonták, hogy egyáltalán változik-e a klíma globálisan vagy helyi szinten. Aki mezőgazdasággal foglalkozott és foglalkozik, az látta és tapasztalta napjainkban is, hogy eddig is voltak aszályos évek, árvizek, belvizek, enyhébb és hidegebb telek. Az élő és élettelen környezet változékonysága kapcsán fellépő folyamatos kihívások a szakma velejárási.