

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉRTELMEZÉSE A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

LOKSA Gábor

SzIE, Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1., e-mail: loksa.gabor@gmail.com

Kulcsszavak: aszály, időjárás, kártevő, növényzet, szélsőség

Összefoglalás: Elmondható, hogy a nyári félévben az erősebb napsugárzás, a növekvő léghőmérséklet, a kedvezőtlen csapadékjárás együttesen a növényfenológiára, a kártevők populáció dinamikájára, és a létrejövő növényi produkcióra van hatással kedvezőtlenül. A növény fejlődési rendjében a sugárzás erőssége a virágzás idejében, a létrejövő zöld tömeg minőségében eredményezhet változást. A kedvező klimatikus helyzet korábban és generációs szám növekedést, robbanásszerű kártevői megjelenést eredményezhet. A csapadékjárás megváltozása pedig az amúgy is korlátozó szerepet betöltő víz hiányával fenyeget. A téli félévben egyre gyakrabban fordulnak elő a 2–3 nap alatt bekövetkező jelentős, nemegyszer 20–25°C-os ugrásszerű léghőmérséklet változások. Az áttelelő növények a nyugalmi időszakban általában jól tűrik az alacsony hőmérsékletet, de az ugrásszerű léghőmérséklet csökkenés vagy növekedés igen káros számukra, pláne ha ez többször ismétlődik ide-oda. A folyamat együtt jár az esetenként jelentős hóréteg gyors olvadásával, majd az újabb gyors fagyás a talajállapotra, a gyökerek állapotára és a felvehető víz halmazállapotára nem utolsó sorban a „védő” hóréteg eltűnte miatt kedvezőtlenül hat. Az elmúlt években szinte minden télen kétszer-háromszor előfordult a gyors, ugrásszerű melegedés, majd az azt követő szintén ugrásszerű hűlés. Fagyból szinte kora tavasz, majd újra kemény fagy néhány nap alatt.

Bevezető

A táj, az éghajlat, a növényzet, az állatvilág, az antropogén hatások a Föld fejlődéstörténete során mindig is változott (DEMÉNY és CENTERI 2008, KERTÉSZ et al. 2010, BARCZI és CENTERI 1999), éppen ezért foglalkozik sok kutatás a tájat alkotó elemek kapcsolatával (pl. SZALAI et al. 2012) és az ősi környezet rekonstrukciójával (BARCZI et al. 2009). Az éghajlat változásával kapcsolatos kérdés jellemzően az, hogy egy vizsgált időszakban milyen konkrét okokra vezethető vissza maga a változás. Jelenleg a légkör összetételének nagyfokú és viszonylag gyors mennyiségi és minőségi változását éljük, elsősorban a XIX. és XX. század folyamán az erőteljesen fejlődő ipar, urbanizáció (CENTERI et al. 2012), közlekedés és mezőgazdálkodás következtében. A légkört alkotó gázok és szilárd összetevők a légköri sugárzásátvitelt befolyásolják, következésképpen azok légköri anyagmértékének módosulása kihat minden olyan folyamatra, amelyeket a napsugárzás irányít, így az éghajlatunkra is.

Természetesen a légköri sugárzásátvitel egy igen bonyolult, soktényezős struktúra, amelyen belül az emberi tevékenység csak egy a ható tényezők közül, de ez a hatás ma már érzékeljük, hogy jelentékeny, amely sok szempontból új és eltér a korábbiaktól. A korábbi földtörténeti korokban viszonylag lassú és folyamatos változások voltak jellemzők (eltekintve néhány esettől), jelenleg azonban gyors, a Föld 4,6 milliárd éves korához és az emberi civilizáció 200000 éves jelenlétéhez képest szinte ugrásszerű változásnak vagyunk szemtanúi.

Mindezen tények, vagyis az éghajlatváltozás jelen egyedi generáltsága és tempója indokolja, hogy minél jobban ismerjük meg általában a folyamat természetét, és elemezzük mindazt, amelyet saját életterünk esetében e folyamat kapcsán már megtapasztaltunk,

amely tendenciákra már bizonyítékaink vannak, nem utolsó sorban a jövő ez irányú minél pontosabb vizionálása érdekében. Jelen munka ezen Földi léptékű, a teljes természeti rendszert érintő éghajlatváltozás hatásai tekintetében az európai térség, azon belül is a Kárpát-medence területe ez irányú ismereteit kísérli meg értelmezni, és azok gyakorlati felhasználását segíteni (LOKSA 2012).

Átmeneti éghajlati zóna

Európa esetében három karakteres éghajlati hatással kell számolni: az óceáni, a szárazföldi és a mediterrán hatással.

- Az **óceáni hatás** télen nagy nedvesség tartalmú, enyhe levegő, míg nyáron szintén nagy nedvesség tartalmú, de hűvös levegő beáramlását eredményezi. Az óceán tehát nyáron hűtő, télen fűtő hatású, a szárazföld önmagában szélsőséges hőmérsékleti hatásait tompítani képes.
- A **szárazföldi hatás** mind nyáron, mind télen száraz levegő beáramlását eredményezi, amely levegő hőmérséklete szélsőséges, nyáron forró, télen igen hideg. Minél inkább a szárazföld belseje felé haladunk a vázolt hatás annál erőteljesebb.
- A **mediterrán hatás** a nyarak esetében a száraz, forró levegő; míg télen a nedves, enyhe levegő beáramlását eredményezi. A nyári szárazság a nagy földi légkörzés trópusi cellája leszálló zónája északra tolódása eredménye, míg télen ez a zóna jóval délebbre helyeződik át.

A Kárpát-medence e három vázolt hatás találkozása területén fekszik, vagyis klimatikus értelemben átmeneti zónában helyezkedik el. Az éghajlatváltozás – amely alapvetően a trópus és a sarkvidék közötti hőmérsékleti kontraszt csökkenését eredményezi – az Atlanti óceán tengeráramlási rendszere, az Észak-Atlanti (Golf) áramlás gyengüléséhez vezet. Ennek következtében az óceáni hatás érvényesülési területe Nyugat-, és Közép-Európában zsugorodni fog, amely viszont a Kárpát-medencében nyáron a mediterrán hatás erősödését, míg télen a szárazföldi és a mediterrán hatás erősödését, esetenként egymást hirtelen váltó megjelenését eredményezik (LOKSA 2012).

A XX. sz. éghajlati tendenciái

A XX. század nyarait tekintve az tapasztalható, hogy a magas átlaghőmérsékletű (25–27 °C) napok száma, a forró időszakok hossza folyamatosan emelkedik, szinte már egybefüggő 2–3 hónapra áll össze, gyakoribbak és tartósabbak a nyári szárazságok, aszályos időszakok, elmarad sokszor nyáron a hajnali harmat a magas éjszakai léghőmérséklet miatt. A csapadékviszonyok tekintetében azt láthatjuk, hogy a XX. század első és második felének adatai 10–25%-os évi csapadékösszeg csökkenést mutatnak. A nyári csapadék mennyisége csökken, a téli csapadékmennyiség pedig növekszik. A csapadék halmazállapota tekintetében is megfigyelhető változás, ugyanis a téli csapadék egyre kisebb hányada szilárd, viszont gyakrabban fordulnak elő nyáron olyan csapadékesemények, mikor je-

lentős mennyisége a csapadéknak szilárd – jég formában hullik. A legszembetűnőbb a csapadékjárásban bekövetkezett változás, vagyis az, hogy csökken a csapadékesemények száma, viszont az egyes csapadékesemények esetében nő a csapadék intenzitása. Ez a csapadék természetes hasznosulása, talajba való bejutása tekintetében kedvezőtlen hatást, az intenzívebb csapadék a felszínt, a növényzetet „romboló” hatását tekintve jelentős kártétemények kialakulását eredményezi. Eltolódnak az évszakok és az átmeneti időszakok hossza zsugorodik, gyakrabban fordulnak elő szélsőséges időjárási helyzetek, ugrásszerű változások. Az adatok tehát egyértelműen jelzik az éghajlatunk mediterrán irányába való eltolódását (HARNOS és CSETE 2008, HARNOS et al. 2008, TAKÁCS 2005).

Kilátások a XXI. század éghajlata vonatkozásában

Az 1. táblázatban azokat a várható időjárási változások főbb tendenciáit láthatjuk, amelyeket az éghajlatváltozási kormányközi testület (IPCC) ötödik értékelő jelentése (2013) előrejelzett.

<i>Időjárási jelenségek</i>	<i>Előfordulás időbeli változása</i>	<i>Várható időjárási trendek</i>
Meleg napok hossza (az eddigi adatok alapján átlagosan <u>20 évente</u> fordul elő extrém meleg időszak)	a XXI. sz. közepe <u>2–20 évenként</u> a XXI. sz. vége <u>1–6 évenként</u>	Éves átlaghőmérséklet emelkedése: a XXI. sz. közepe <u>1–2,5 C^o</u> a XXI. sz. vége <u>2–5 C^o</u>
Nagy csapadékok (az eddigi adatok alapján átlagosan <u>20 évente</u> fordul elő extrém csapadékos időszak)	a XXI. sz. közepe <u>10–15 évenként</u> a XXI. sz. vége <u>8–10 évenként</u>	Éves csapadék alakulása: nyári félév <u>20%-os csökkenése</u> téli félév <u>20%-os növekedés</u>

1. táblázat A Kárpát-medence területén várható időjárási változások főbb tendenciái az éghajlatváltozási kormányközi testület (IPCC) ötödik értékelő jelentése (2013) alapján

Table 1. Main tendencies of expected climatic changes on the Carpathian Basin based on the 5th IPCC report (2013)

A táblázat meglehetősen beszédes. Jól mutatja, hogy az extrém meleg időszakok átlagos előfordulása a XXI sz. folyamán gyakrabban fog fellépni, s ezzel egyidejűleg az extrém csapadékok előfordulása is gyakoribbá válik, vagyis a XX. sz.-ban, s annak is a második felében kirajzolódó időjárási tendenciák folytatódnak a XXI. sz.-ban, sőt erőteljesebbé válnak. Az is kiolvasható a táblázatból, hogy a csapadék tekintetében nem a csapadék mennyiségi változása a figyelemre méltó, hanem annak időbeli járása. A nyarak extrém meleggé és a csökkenő számban előforduló extrém csapadékesemények ellenére extrém szárazzá válnak, a telek csapadéka növekedni fog nem egyszer gyors és jelentős hőmérsékleti változásokkal kísérve. Általában tehát elmondható, hogy a szélsőséges időjárási helyzetek gyakoribb megjelenésére lehet számítani egyre hosszabb időszakokat tekintve (IPCC 2013).

A szélsőséges időjárási helyzetek és a növények kapcsolata

A szélsőséges időjárási helyzetek közül hármat emelek ki a nyári félév esetében: az elhúzódozó aszályt, a nagyinenzitású csapadékot és az erős napsugárzást, valamint a téli félév esetében: az ugrásszerű hőmérsékletváltozásokat.

Az aszály a növények számára egyre intenzívebb vízfelvételt, növényen belüli vízszállítást és párologtatást generál. A vízfelvétel folyamatának a talaj víztartalma az erős, hosszan tartó napsugárzás és a gyakrabban előforduló szeles időszakok generálta párologtató szab határt. A növényen belüli vízszállítás fiziológiai értelemben limitált, vagyis hiába állna rendelkezésre a talajban megfelelő mennyiségű felvehető víz, a párologtató növényi felületekhez a kellő víz nem tud eljutni. A párologtató növényi felületek hőmérsékletét az erős, hosszan tartó napsugárzás növeli, amely viszont a párologtatáshoz szükséges víz hiányában, a párologtató folyamat növénytest hőmérsékletét „kondicionáló” hatását gyengíti (CZÓBEL et al. 2012). Az elégtelen talajból való vízfelvételi lehetőség, a korlátos növényen belüli vízszállítás és az intenzívebb párologtatás külön-külön is veszélyezteti a növény létét, együttesen erős hőstressz állapotot, növénypusztulást okozhat (ALLEN et al. 2010). A nyári, csapadékszegény időszak esetében az egyetlen „menedék” a harmat. A magas maximumhőmérsékletű napok időszakában azonban az éjszakai minimum hőmérsékletek igen gyakran a harmatpont fölött maradnak, vagyis a kondenzáció elmarad, nincs harmatképződés (SZÁSZ és TŐKEI 1997).

A nagyintenzitású csapadék estében a csapadék mennyisége akár kielégítő, sőt még sok is lehet, de miután a talajba való bejutás, beszivárgás mértéke a talajállapot függvényében limitált, ha a csapadék intenzitása meghaladja a talaj vízbefogadó képességét, akkor a „felesleg” elfolyik, a növény számára nem hasznosul. Az intenzív csapadék a talaj szerkezetében is kedvezőtlen folyamatokat indíthat el, egyrészt a talajlevegő kiszorítása, másrészt a kedvező, levegős talajszerkezet „szétrombolásával”. A lehulló csapadék intenzitásának növekedésével és a nagyméretű esőcseppek megjelenésével a növényi felületek – elsősorban a levélzet - vízviisszatartó képessége csökken, hiszen az intenzíven hulló, nagyméretű esőcseppek folyamatosan kimozdítják térállásukból a felfogó felületeket, így azon nem tud összegyűlni a víz. Az eső utáni újbóli erős napsugárzás a levélfelületeken lévő víz hiányában gyorsan kezdi növelni a levélhőmérsékletet, generálni az intenzív növényen belüli vízszállítást. Jégeső esetében az intenzitás és a jégszemek nagysága függvényében erőteljes, nem regenerálódó mechanikai roncsoló hatás léphet fel. A csapadékesemények száma csökkenése és az egy csapadékeseményen belüli csapadékintenzitás növekedése a legjelentősebb klimatikus eredetű termőhelyi tényező változás, amely egymagában is veszélyezteti a növény megmaradását (SZÁSZ és TŐKEI 1997).

Az erős napsugárzás egyrészt a zavartalan időhossza, másrészt annak spektrális összetétele változása tekintetében érdemel figyelmet. A hosszan tartó zavartalan napsütés, vagyis felhőzettel, „kondicionáló” esővel való megszakítatlan sugárzás a növénytest hőmérséklet szempontjából kedvezőtlen. A napsugárzás spektrumában való eltolódás, esetünkben a gyakoribb erős UVB sugárzás a növényben élettani elváltozásokat okozhat. Ha meggondoljuk, hogy a növények tengerszintfeletti magasság szerinti övezetessége a magassággal ritkuló levegőben az erősödő UVB sugárzással mutat összefüggést, a probléma súlya jobban érzékelhető (SZÁSZ és TŐKEI 1997).

Összességében elmondható, hogy a nyári félévben az erősebb napsugárzás, a növekvő léghőmérséklet, a kedvezőtlen csapadékjárás (CLARK és BROWN 2013) együttesen a növényfenológiára, a kártevők populációdinamikájára, és a létrejövő növényi produkcióra van hatással kedvezőtlenül. A növény fejlődési rendjében a sugárzás erőssége a virágzás idejében, a létrejövő zöld tömeg minőségében eredményezhet változást. A kedvező klimatikus helyzet korábban és generációs szám növekedést, robbanásszerű kártevői megjelenést eredményezhet. A csapadékjárás megváltozása pedig az amúgy is korlátozó szerepet betöltő víz hiányával fenyeget. Mindez sok gazdálkodónak okoz problémát országszerte (MALATINSZKY et al. 2013a), akik – amennyiben felismerik ennek jelentőségét – különböző módszerekkel igyekeznek adaptálni a gazdálkodást a változásokhoz (MALATINSZKY et al. 2013b).

A téli félévben egyre gyakrabban fordulnak elő a 2–3 nap alatt bekövetkező jelentős, nemegyszer 20–25 °C-os ugrásszerű léghőmérséklet változások. Az áttelelő növények a nyugalmi időszakban általában jól tűrik az alacsony hőmérsékletet, de az ugrásszerű léghőmérséklet csökkenés vagy növekedés igen káros számukra, pláne ha ez többször ismétlődik ide-oda. A folyamat együtt jár az esetenként jelentős hóréteg gyors olvadásával, majd az újabb gyors fagyás a talajállapotra, a gyökerek állapotára és a felvehető víz halmazállapotára nem utolsó sorban a „védő” hóréteg eltűnte miatt kedvezőtlenül hat. Az elmúlt években szinte minden télen kétszer-háromszor előfordult a gyors, ugrásszerű melegedés, majd az azt követő szintén ugrásszerű hűlés. Fagyból szinte kora tavasz, majd újra kemény fagy néhány nap alatt (IPCC 2007).

Záró gondolatok

Természetes növényzetnél az „árnyékoltság”, erdőknél a záródottság fenntartása, természetesen a fajtaválasztás; esetleg új, mediterrán fajok meghonosítása és természetesen az öntözés teremthet hosszabb távon létezését. A dolog azért is fontos, mert az éghajlatváltozást megállítani nem tudjuk, csak mértékét csökkenteni, időbeliségét elhúzni, vagyis lassítani, de a felvázolt folyamatok még több évszázadra meghatározóak és figyelembe veendőek lesznek. Ha a folyamatot – bármennyire is fajsúlyos tennivalókat kíván tőlünk – természetesnek tekintjük, és a természet adaptációs képességével a lehető legegészségesebb módon próbálunk élni, akkor a létfontosságú növénytakaró védelme, „átmentése”, újak élettere tekintetében a legjobb úton haladunk. Növény nélkül nincs élet, ez közhely, de hogy milyen növényekkel kell együtt élnünk, abban minden természetes mivolt mellett a jelen gyors változásai okán a klíma oldaláról is nagyobb átlátás, ésszerűbb tervszerűség, többirányú átgondoltság szükséges. Az eddigi ismereteink és azok további mélyítése, több tudományterület ismereteinek szintézise kell, hogy szakmai, szellemi kapaszkodót adjon, egyszersmind a jövő útjait vizionálja.

Irodalom

- BARCZI A., CENTERI, Cs. 1999: A mezőgazdálkodás, a természetvédelem és a talajok használatának kapcsolatrendszere. *ÖKO* 10(1–2): 41–48.
- BARCZI, A., GOLYEVA, A.A., PETŐ, Á. 2009: Paleoenvironmental reconstruction of Hungarian kurgans on the basis of the examination of paleosoils and phytolith analysis. *Quaternary International*, 193(1-2): 49–60.
- ALLEN, C. D., MACALADY, A.K., CHENCHOUNI, H., BACHELET, D., MCDOWELL, N., VENNETIER, M., KITZBERGER, T., RIGLING, A., BRESHEARS, D. D., HOGG, E. H., GONZALEZ, P., FENSHAM, R., ZHANG, Z., CASTRO, J., DEMIDOVA, N., LIM, J-H., ALLARD, G., RUNNING, S. W., SEMERCI, A., COBB, N. 2010: A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660–684.
- CENTERI, Cs., GRÓNÁS, V., DEMÉNY, K., IDEI, Sz., PENKSZA, K., NAGY, A. 2012: Interrelation of Land Use Change, Nature Conservation and Urbanization in the Gödöllő Hillside, Hungary. In: Turunen, E., Koskinen, A. (eds) *Urbanization and the global environment*. NOVA Science Publisher, New York, p. 1–50.
- CZÓBEL, Sz., SZIRMAI, O., NÉMETH, Z., GYURICZA, Cs., HÁZI, J., TÓTH, A., SCHELLENBERGER, J., VASA, L., PENKSZA, K. 2012: Short-term effects of grazing exclusion on net ecosystem CO₂ exchange and net primary production in a Pannonian sandy grassland. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 40: 67–72.
- CLARK, R. T., BROWN, S. J. 2013: Influences of Circulation and Climate Change on European Summer Heat Extremes. *J. Climate*, 26: 9621–9632.
- DEMÉNY K., CENTERI Cs. 2008: Habitat loss, soil and vegetation degradation by land use change in the Gödöllő Hillside, Hungary. *Cereal Research Communications* 36: 1739–1742.
- HARNOS Zs., CSETE L. (szerk.) 2008: Klímaváltozás, környezet-kockázat-társadalom. Kutatási eredmények. Szaktudás Kiadó Ház, Bp., 377 pp.
- HARNOS Zs., GAÁL M., HUFNÁGEL L. (szerk.) 2008: Klímaváltozásról mindenkinek. Corvinus Egyetem, Környezettudományi Kar, Matematika és Informatika Tanszék, Bp., 199 pp.
- KERTÉSZ, Á., MADARÁSZ, B., CSEPINSZKY, B., BENKE, Sz. 2010: The role of conservation agriculture in landscape protection. *Hungarian Geographical Bulletin* 59(2): 167–180.
- LOKSA G. 2012: Nem csak éghajlatváltozás. Szent István Egyetem, Gödöllő, 77 p.
- MALATINSZKY, Á., ÁDÁM, Sz., FALUSI, E., SALÁTA, D., PENKSZA, K. 2013a: Climate change related land use problems in protected wetlands: a study in a seriously affected Hungarian area. *Climatic Change* 118(3-4): 671–682.
- MALATINSZKY, Á., ÁDÁM, Sz., FALUSI, E., SALÁTA, D., PENKSZA, K. 2013b: Planning management adapted to climate change effects in terrestrial wetlands and grasslands. *International Journal of Global Warming* 5(3): 311–325.
- SZALAI, Z., SZABÓ, M., ZBORAY, N., KISS, K., HORVÁTH-SZABÓ, K., JAKAB, G., BALÁZS, R., NÉMETH, T., MADARÁSZ, B. 2012: Relationship between ecological indicators and soil properties (in case of a wetland). *Hungarian Geographical Bulletin* 61(3): 187–196.
- SZÁSZ G., TÖKEI L. 1997: *Meteorológia*. Mezőgazda Kiadó, Bp., 722 pp.
- TAKÁCS-SÁNTA A. (szerk.) 2005: *Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon*. Alinea Kiadó, Bp., 172 pp.
- Az éghajlatváltozási kormányközi testület (IPCC) negyedik értékelő jelentése (2007)
- Az éghajlatváltozási kormányközi testület (IPCC) ötödik értékelő jelentése (2013)

INTERPRETATION OF THE CLIMATE CHANGE IN THE CARPATHIAN BASIN

G. LOKSA

SzIE, Institute for Nature Conservation and Landscape Management,
Dept. of Nature Conservation and Landscape Ecology
H-2103 Gödöllő, Páter Károly 1., e-mail: loksa.gabor@gmail.com

Keywords: drought, extremity, pest, vegetation, weather

The Carpathian Basin, in sense of climate, is a transition zone in respect of the continental, the oceanic and the Mediterranean climates. Their different effects result in considerable variability in course of temperature and precipitation, as well as in their geographical distribution. As compared with the basic state, the change, that has started to become more observable in the second half of the twentieth century, still enhances the variability being present, by resulting in appearance of more frequent extreme weather situations. The aim of the paper is to point out the modifications of production site conditions by subsuming the most important properties of modifications in the climate of the Carpathian Basin. Specific data for temporal and quantitative modification in heat and precipitation should be normative to think over the different area uses, crop production and treatment of protected areas and to realize necessary actions. The boundaries of climate change are not known at present, but nature gives some guidelines. Periods with high average temperature (27°C) and burdened with drought has already occurred several times during the latest summers. Additionally, rapid variations in temperature lasting only for 1 to 2 days but still exceeding 15–20°C have occurred several times during winter and transition seasons. Nature of the present climate change is well characterized by these examples. In addition to the more frequent appearance of temperature extremities, the precipitation course shows considerable change as well. All these facts make the predictability of different weather situations more difficult, and meanwhile the role of short term forecasts is valorized, the exploration of characteristics and stability of mesoclimatic and microclimatic specialties becomes more and more important.

