

AZ ASZÁLY

Tamás János

az MTA doktora, intézetigazgató
Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
tamas@agr.unideb.hu

Kulcsszavak: aszály, mezőgazdaság, aszálymodellezés, aszálymonitoring

BEVEZETÉS

Az *aszály* ugyan általánosan ismert, azonban korántsem egyszerű, hanem komplex fogalom. Fontos tisztázni, hogy milyen értelemben kívánjuk használni. Általában tartós csapadékhányt és a vele járó magas hőmérsékletet értjük alatta.

Az aszály (drought) használata gyakran keveredik a *szárazsággal* (dry). Az aszály időben átmeneti jellegű, míg a szárazság tartós. A vízhiányt (water scarcity), amely az emberi tevékenységből származó túlzott vízfelhasználás eredménye, szintén eltérően kell értelmeznünk, amikor az aszály kezelésére (drought management) felkészülünk. Ez utóbbi magában foglalja az aszály monitoringját, az aszálykárok mérséklését és csökkentését.

Diszciplínánként is jelentős eltéréseket tapasztalhatunk az aszály fogalmi rendszerére vonatkozóan. Donald A. Wilhite és Michael H. Glantz (1985) aszálydefiniciókkal foglalkozó írásában több mint százötven meghatározást említ, amelynek száma a szerteágazó és egyre újabb célú használat következtében folyamatosan nő. A definíciók különböző aszályjelenségeket írnak le, amelyek főbb csoportjai a következők: meteorológiai, hidrológiai, mezőgazdasági, gazdasági, társadalmi.

*Meteorológiai aszály*on a tartósság és/vagy intenzitás szempontjából átlaghoz viszonyítva hosszú idejű, esetenként többéves csapadékhány előfordulását értjük. *Hidrológiai aszály* a felszíni és felszín alatti vízkészletek hiányát jelenti a vízfolyások hozamának, a hó mennyiségének és a tavak, tározók, valamint a felszín alatti vízadók szintjének szempontjából. *Mezőgazdasági aszály*ról akkor van szó, ha egy adott növény igényeihez képest, az adott időszak párologtató fejlettségi szintjéhez viszonyítva annyira elégtelen a talaj vízszolgáltató képessége, hogy az a növényekben már visszafordíthatatlan károsodást okoz, az elvárt terményhozam csökkenéséhez és minőségének jelentős romlásához vezetve. *Gazdasági aszály* akkor fordul elő, amikor térben és időben veszélybe kerül a termelés mennyiségi vízellátása, komoly energetikai és szállítási problémák keletkeznek,

amelyek végül a gazdaság piaci zavarait okozzák. *Társadalmi aszály* esetén a fizikai vízhiány már meghatározó hatással van az egészségre, jólétre, életminőségre. A tartósan csökkenő vízellátás politikai viharokat, zavargásokat, régiók elnéptelenedését, az ott élők elvándorlását okozhatja. Az alábbiakban elsősorban a mezőgazdasági aszályval kívánok foglalkozni, azonban egy átfogó szemlélet kialakítása megkívánja a többi aszályjelenség figyelemmel kísérését is.

AZ ASZÁLY TÉRBELI ÉS IDŐBELI KITERJEDÉSE

Az aszály természetes jelenség. A magyar történelemben mindig előfordultak súlyos aszályok, ezek sok esetben tragikus következményekkel jártak. A természeti katasztrófák közül világszerte az aszály érinti a legtöbb embert, és szedi a legtöbb áldozatát. A klímaváltozás különösen felerősíti ezt a kockázatot. Hazánkban tíz egymást követő évből átlagosan három-négy aszályosnak tekinthető, de ezek előfordulási gyakorisága az elmúlt időszakban nőtt. Különösen a gördülő aszály kritikus, amikor az egymást követő aszályos évek többszörözték, fokozták az előző évek káros hatásait. Sajnos a jelentős hazai és határon túli talajfizikai, vízgazdálkodással kapcsolatos aszálykutatások (Nagy et al., 2013) a gyakorlatban csak katasztrófák kialakulásánál kapnak igazán széles körű figyelmet. Az ilyen aszályhelyzetek kialakulása más katasztrófnál lassúbb, kevésbé látványos, viszont hatásában tartósabb, károkozásában pedig nagyságrendekkel kiemelkedőbb.

Az aszályval kapcsolatos vizsgálatok egyik fő bizonytalansági forrása annak térbeli, időbeli és intenzitásbeli lehatárolása. A Kárpát-medence időjárását, így az aszály megjelenését is alapvetően a nagytérségi folyamatok határozzák meg. Az aszály azonban nemcsak a mediterrán térségben, a Balkán-félszigeten léphet fel, hanem Európa északi területein is. A regionális éghajlati modellek alapján 2071–2100-ra a Kárpát-medence jelentős térségeire is jellemző lesz a szemiárid jelleg, várhatóan az aszály gyakorisága és kiterjedése is nőni fog (Bartholy et al., 2007). Az aszályos periódusokat ugyanakkor nagy intenzitású, csapadékos időszakok szakíthatják meg. Így érthető, hogy az aszály és árvíz visszatérési gyakorisága a jövőben egyre szorosabb pozitív korrelációt mutat a világ számos pontján. Az aszálykárok megelőzésének fontos része, hogy egyre pontosabban tárjuk fel a lokális és a globális hidrológiai folyamatok kapcsolatrendszerét (Lehner et al., 2006).

A meteorológiai aszály kapcsán vita folyik arról, hogy mikor kezdődik egy aszály, azaz milyen hosszú tartósan alacsony csapadékos vagy csapadékmentes időszak szükséges a kialakulásához. Természetesen ezek megítélése más meteorológiai elemek esetében is erősen helyfüggő, hiszen egy trópusi területen egy öt-hatnapos csapadékhiány is már aszálytüneteket okozhat, míg sivatagi területen ehhez akár egy évre is szükség lehet.

Az aszály kialakulásában a csapadéknak meghatározó szerepe van. A csapadék a legnagyobb változékonyságot mutató éghajlati elem hazánkban, ugyanakkor az aszálygyakoriság területi megoszlása csak kis változékonyságot mutat. Ez alapján az ország csapadékosabb, nyugati területeit éppúgy érintheti aszály, mint a szárazabb keleti megyéket. A nyugati és az északkeleti országrészben decemberben, januárban és februárban a téli aszály kialakulásával kell fokozottabban számolni. A tavaszi aszály a keleti megyékben, míg a nyári és őszi aszály az ország középső területein gyakoribb. Az aszály az ország területének 90%-át érinti, de súlyosságát tekintve a Nagy-Alföld kiterjedése a legnagyobb (Pálfi et al., 1999).

AZ ASZÁLY MÉRÉSE, MEGFIGYELÉSE

A fentiekből következik, hogy az aszály mérési gyakorlata korántsem egységes. Ez előrevetíti a nyert adatok interpretációs bizonytalanságát, a különböző adatok összehasonlíthatóságának és különösen átszámíthatóságának hazai és nemzetközi korlátait. A meteorológiai aszály mérése során jelentős bizonytalanságot okoz, hogy a mérést milyen küszöbértéknél indítjuk, milyen hosszú időszakot mérünk egy éven belül vagy több éven keresztül, milyen gyakoriak a mintavételi időszakok, és ezek értékeit hogyan halmozzuk. A mért nyers adatok információtartalmát könnyebb megérteni, ha különböző egyszerű vagy származtatott indexeket képeznek belőlük.

Kontinentális szinten mára minden földrészre vonatkozóan üzemel monitoring-rendszer. Az aszálymegfigyelő központok az elterjedtebb aszályindexeket automatikusan számítják és digitális térképeken, interneten teszik elérhetővé. Komplex aszályjelenségek a felhasználási cél szempontjából pontosabban írhatóak le speciális indexekkel. Ugyanakkor az aszályra vonatkozó egyik jelentős hidroinformatikai probléma, hogy az adatok homogenitása (törés, hiányextremitás), kompatibilitása és a mérési módszertan korántsem egységes, és ez a hatások összehasonlíthatósága területén számos hátrányos következménnyel jár. Esetenként az adathozzáférés is indokolhatja olyan indexek alkalmazását, amelyekhez részletesebb adatbázis szükséges. Napjainkban különösen a távérzékelési szenzorok spektrális és tér/időbeli felbontásának gyors javulása, a nagyfokú automatizálási lehetőség is eredményezheti újabb műholdas adatokból számítható aszályindexek bevezetését.

Az USA-ban működő aszálymonitoring-rendszer az interneten térinformatikai térképeken teszi közzé az aszály mérésével kapcsolatos hat-hét aktuális és archivált különböző aszályindikátort. A monitoringot a Mezőgazdasági Minisztérium (USDA) a távérzékelési adatok elemzési adatai és a terepi adatok alapján tartja fenn (URL1).

Az EU az elmúlt évtized tapasztalatai alapján szintén elhatározta, hogy a vízhiány, az aszály jellemzésére EU-szintű indikátorokat kell kidolgozni, kockázati

térképeket kell készíteni, és ki kell alakítani a korai riasztási rendszert. Célként fogalmazták meg a korlátozott számú, de összehasonlítható indikátor kialakítását. Jelenleg a következő indikátorok tesztelése folyik:

- meteorológiai aszály: SPI – standardizált csapadékindex a gamma-eloszlás alapján számolva;
- mezőgazdasági aszály: NDVI – normalizált vegetációs index a biomasz-sza-intenzitással van kapcsolatban;
- mezőgazdasági aszály: fAPAR – a növényzet által abszorbeált fotoszintetikusan hasznos napenergia;
- talajnedvességi index: a pF görbe alapján számolt felvehető vízkészlettel van kapcsolatban;
- hidrológiai aszály: SRI – standardizált lefolyásindex, amely adott hidrológiai valószínűségekre vonatkoztatva 1–3–12–18 hónapos időszakokra számolja a halmozott vízhiányt, adott folyó adott vízgyűjtőjén;
- felszín alatti vízszintváltozás;
- WEI+: Water Exploitation Index – vízkitermelési index.

Ezen számítások eredményeként az Európai Aszályközpont (European Drought Observatory, EDO [URL2]) olyan, eddig folyamatosan nem elérhető adatokat tesz közzé az aszályval kapcsolatban hazánk területére, amelyek a gyakorlat számára már a közeljövőben különösen fontosak lesznek.

Csapadék esetében jelenleg a standard csapadékindex 1–3–6–8–12 hónapos időszakokra vonatkozó adatai érhetőek el. A talajnedvességgel kapcsolatos adat-szolgáltatások: napi talajnedvesség, talajnedvesség-anomáliák, azok előrejelzése, valamint előrejelzési trendek. A növényi vegetációs állapottal kapcsolatos adat-szolgáltatások: NDVI 10 napos kompozit, fAPAR 10 napos kompozit és fAPAR anomáliák 10 napos kompozitjai.

A Magyarországon gyakorlatban használt Pálfai-féle aszályindex alapképletében az áprilistól augusztusig mért léghőmérséklet átlagának (°C) és az októbertől augusztusig tartó időszak havonta súlyozott csapadékösszegeinek összegével (mm) képzünk hányadost. A nemzetközi alkalmazhatóság érdekében a Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ (Drought Management Centre for Southeastern Europe) – DMCSEE-projekt keretében korrekciós tényezők bevonásával módosított módszert dolgoztak ki magyar kutatók. A három tényezőtől így az első a hőmérsékleti tényező a tárgyévi és a sokévi nyári középhőmérséklet viszonyát, a második tényező a csapadék, amely a tárgyévi legszárazabb nyári hónap csapadékának a megfelelő sokévi átlaghoz való viszonyát, míg az utolsó tényező a megelőző három év csapadékviszonyainak hatását fejezi ki. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) statisztikai vizsgálatai szerint a hasonló indexekkel szoros korreláció volt mérhető az aszály súlyosságára vonatkozóan (Kozák et al., 2012).

A hidrológiai aszály kialakulása némi késéssel követi a meteorológiai aszályét. A késés mértékében jelentős szerepük van a lefolyási és párolgási viszonyoknak. Mindkettőt jelentősen befolyásolja a földhasználat módja mellett a domborzat és a talaj. Az egyik legnagyobb változékonyságot a medencejelleg miatt a talajtulajdonságok területi mintázata okozza. A talaj nagy kapacitású – potenciális – természetes víztározóként funkcionál. A talaj felső egyméteres rétege potenciálisan mintegy 45 km^3 víz befogadására és $25\text{--}35 \text{ km}^3$ víz raktározására képes. Ennek mintegy $55\text{--}60\%$ -a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, míg $40\text{--}45\%$ -a „hasznosítható víz”. A lehulló csapadék hasznosulását alapvetően befolyásolja, hogy abból ténylegesen mennyi szivárog be a talajba. Az akadálytalan beszivárgást sík területen a következő feltételek nehezítik: a talaj tározóterének telítettségi mértéke, a felszín fagyott volta, lassú víznyelésű rétegek. A talaj vízháztartása nemcsak a növény vízellátásának lehetőségét szabja meg, hanem befolyásolja a talaj anyag- és energiaforgalmának, ökológiai tulajdonságainak (levegőforgalom, biológiai tevékenység, tápanyag- és szennyezőanyag-forgalom) egyéb elemeit is (Várallyay, 2010). A talajok aktuális porozitását, vízmegtartó/-leadó meglévő képességeit szintén módosítja a talajművelés módja, amely egy olyan országban, ahol a szántók a terület közel felét teszik ki, nagyon fontos szabályozó erő (Gyuricza et al., 2015). Az egyre gyakoribb nagy intenzitású csapadékok eróziós rombolását megsokszorozza a helytelenül alkalmazott talajművelés, amelynek következtében az elhordott, illetve leiszapolódott talajfelszín fokozott aszálykárok kialakulásához vezet.

A vízgyűjtőkön a természetes (elfolyás, párolgás) és a mesterséges (belvízvédelem) vízelvezetést követő csapadékszegény nyári időszakban a talajban tárolt csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, és tavasszal a belvizes vagy a túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek – akár ugyanabban az évben is. A tényleges károk kialakulásában fontos szerepe van a földhasználat módjának. A legnagyobb földhasználó a mezőgazdaság, amely a vízgazdálkodás szempontjából nagyon változatos hatást okoz, ahol a kisebb tudományos előrelépés is jelentősnek számítana.

Kritikus tényező a hidrológiai ciklusban a párolgás ismerete. Amíg az energetikailag lehetséges párolgás viszonylag jó közelítéssel modellezhető, addig a tényleges növényi párolgást csak jóval nagyobb hiba mellett lehet meghatározni. A probléma a hidrológiai léptékváltásból származik, azaz míg az egyed szintjén a párolgási viszonyok (sztómaellenállás, gázcsere, nedváramlás) viszonylag jól mérhetőek, állományban és vízgyűjtők szintjén a rendkívüli változékonyság jelentős bizonytalanságot okoz. Nem véletlen, hogy a referenciakísérleti vízgyűjtőknek ma is nagy jelentőségük lenne, ez azonban a VITUKI megszűnésével továbbra is hiányzik. Ezen vízgyűjtők a vízmérleg egyéb elemeinek, így a lefolyási viszonyok értékelésében is nélkülözhetetlen adatokkal szolgálnának. A vízgyűjtő-modellezés (SWAT, HEC-RAS) nagyot fejlődött az elmúlt időszakban, azon-

ban a terepi mérésektől éppen az eredmények validálásában nem lehet eltekinteni. Kutatási szempontból ezért fontos lenne egy, a lehető legtöbb irányból vizsgált és értékelt azonos koncepció mentén koordinált hidrológiai vízgyűjtő kutatásának beindítása, amely választ adhatna a várható kockázatok irányára és nagyságára.

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás sikerét jelzi, hogy mivel az éves csapadék mennyisége drasztikusan nem csökkent az elmúlt időszakban, az alap és alkalmazott mezőgazdasági kutatások eredményeként a mezőgazdasági hozamok jelentősen növekedtek, ugyanakkor a növénytermesztés vízgazdálkodási kiszolgáltatottsága jelentősen megnőtt. Az 50-es években 91 mm/év csapadék jutott átlagosan 1 t kukoricára, addig a megnövekedett hozamok miatt napjainkban csak 34 mm/év. Ha figyelembe vesszük, hogy ez a tenyészidőben egyre hektikusabban érkezik, a kockázat jelentősége még nagyobb. Fontos a hatás súlyossága szempontjából, hogy az aszály milyen fejlettségi és egészségi állapotban éri az adott növényt. Meghatározóak azok a termesztési, technológiai beavatkozások, amelyek felerősítik vagy gyengítik a folyamatokat. Ugyanazon bőséges tápanyag-elátottság, amely optimális volt egy jó vízellátottsági évben, aszályos évben súlyos károkat okozhat a megnövelt és aktív párolgófelület révén. A kiváló aszálytűrő fajták csak abban az esetben képesek a vízstresszt kompenzálni, ha a tápanyag-gazdálkodás, növényvédelem, talajművelés, gépüzemeltetés, posztharveszt technológiák együttesen optimalizáltak adott agroökológiai helyszínre. Különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy az összes szántóterület mindössze 2%-a öntözhető. A magyar vetésszerkezet számos ok miatt nagyon leegyszerűsített, így a kukorica és a búza a két legfontosabb növény a szántóföldi területen. Közéltőleg 5 millió hektárból ezek közel 1 millió hektárt folyamatosan elfoglalnak. A tiszántúli területre végzett vizsgálatom alapján az aszály következtében két-háromévenként olyan drasztikus terméseszköken fordul elő, amely harmada-negyede a jól termő évekének. Az ilyen termésingadozással, az árualapok mennyiségének és minőségének hiányában a nemzetközi mezőgazdasági piacokról gyakorlatilag kiszorul a magyar mezőgazdaság, és ezáltal az ebből élő vidék eltartóképessége is romlik. A vízgazdálkodás, ezen belül az öntözés egyik fő célja nem a termés mennyiségének növelése, hanem annak stabilizálása és ennek a hektikus változásnak a kisimítása. A kertészetben az aszályval összefüggő minőségi kérdések még a mennyiségnél is sokkal inkább meghatározóak. Ma a kertészeti ágazatba öntözés hiányában felelősséggel már nem lenne szabad beruházni.

A klímaváltozási adaptációs feladat számtalan kihívást fog a mezőgazdaságnak okozni, mindezt úgy, hogy az aszály kárelhárítása helyett a megelőzés irányába kell gyorsabban elmozdulni. Ezért nehezen fogadható el, hogy a talajjavítás, amely nem öntözött területeken a talaj vízmegtartó képességét és drénviszonyait képes javítani, miért nem kap súlyának megfelelő szerepet. Az új hiperspektrális és lézeres 3D felmérési módszerek, valamint anyagtechnológiák már hazánkban is feltártak új lehetséges K+F vízgazdálkodási irányokat (Tamás et al., 2015).

Az egymásnak is gyakran ellentmondó, gyorsan változó természeti környezetben egyre értékesebbek azok a gyors döntési információk, amelyek segítik a termelőt egy adott probléma elemzésében. Napjaink egyik legnagyobb paradigmaváltása a *precíziós mezőgazdaság*, amely a legkorszerűbb GPS-navigáció és helyfüggő termesztéstechnológia alapján, akár négyzetméterre lebontva, éppen a hiányzó tér/idő optimalizálhatósági előnyt képes kihasználni, ahol valós idejű szenzorok nagy fokú automatizálás mellett a terjedő autonóm gépkapcsolásokkal robotizálva végzik a termesztési feladataikat. Ezek a rendszerek a szenzorok kapacitásai és képességei hatványozottan nőnek, ahol a gép-gép közötti kommunikáció távfelügyeleti rendszereket tesz lehetővé, és ahol a vízkészlet minden formájának energiahatékony megőrzése komoly K+F-munkát gerjeszt. A mezőgazdasági nyitott rendszerek óriási mennyiségű adatot állítanak elő, amelyek felhőalapú elemzésére napjainkban a *big data* rendszerek új és hatékonyabb módszereket ígérnek.

A védett természeti területek, az erdők és az aszály kapcsolata is nagyon fontos kutatási terület, mivel a különböző hatások területenként sokban eltérőek (Mátyás, 2011). Itt elsősorban a vizes élőhelyek, a szikes tavak, mocsarak, lápok sérülékenyek. Napjainkban megfigyelhető például a homoki és szikes legelők fokozatos kiszáradása. A talajvízszint csökkenése jelentős ökológiai hatással bír az erdőterületek állományára vagy az ökoszisztéma átalakulására. A szárazabb környezeti feltételeket kevésbé elviselő őshonos fajok kiszorítása szintén jelentős kockázat, mivel ezek helyét új, invazív fajok vehetik át (Kömíves – Reisinger, 2011). A kiszáradt helyeken emelkedhet a defláció és nőhet az erdőtüzek gyakorisága is. A klímaváltozás már előrevetíti a közvetlen és közvetett vízgazdálkodási feltételek szigorításának szükségességét. Az eddig ismert jelenségek megváltoznak, a régi kártevők új túlélési stratégiákat fejlesztenek ki, így például korábbi és intenzívebb lesz a gradációjuk, megváltozik a gyomok összetétele.

A mezőgazdasági aszály növénytermesztési megoldását sokszor tévesen az öntözésre szűkítik le azok, akik nem ismerik annak hazai korlátait. Csakis ott szabad öntözni, ahol az ökonómiai és ökológiai indokolt és megtérül, továbbá megfelelő a talajminőség. 2015-ben az Agrárkamara az Országos Vízügyi Főigazgatósággal (OVF) együtt felmérte az öntözési igényt. Jelenleg az összes mezőgazdasági szántó területének mindössze 1%-át öntözik, de a termelők közül 5700-an jelezték, hogy a jövőben öntözni szeretnének. Tanulságos, amikor összevetjük a kifejezetten öntözésre alkalmas, jó minőségű talajok térbeli mintázatát azzal, hogy hol vannak a feltétlenül öntözendő kultúrák. A Duna–Tisza közén vagy Északkelet-Magyarországon ezek nem fedik egymást. A következő néhány évben hazánkban 500 milliárdos beruházási forrás fölött döntünk, amelyből 450 milliárd a felszíni vizek elérhetőségét, 50 milliárd gyakorlatilag a helyi öntözési és tározási célokat szolgálja. Az öntözés több évtizedre meghatározza az ország termelőképességét, ezért feltétlenül meg kell vizsgálnunk, hol van olyan földhasz-

nálat, illetve birtokszerkezet, és hol áll megfelelő tőke rendelkezésre, hogy ezen döntések alapján megvalósuló hosszú távú beruházások a nemzet és az egyén szempontjából is megtérüljenek.

Napjainkban a mezőgazdaság vízgazdálkodási szaktanácsadásának újjászervezése és tartalmi megújulása nehezen halogatható tovább. Ennek keretében meghatározó az olyan rendszerek elterjesztése, amelyek helyi mérések alapján képesek regionális vízgazdálkodási információval ellátni a vízfelhasználót.

Így például a távérzékelte MODIS-adatok alapján készített NDVI-mutatók számos fejlesztési lehetőséget nyújtanak a nagy változékonysággal bíró vizsgálati területek fotoszintetikus kapacitásának vizsgálatában, ugyanis a területek évről évre különböznek egymástól a különböző természeti intenzitás, vetésváltás és agrotechnika hatására, valamint a természeti hatások, így az aszály következtében is (Tamás – Németh, 2005).

Ma használt számítógépes öntözéstervezési rendszerben a megfelelő öntözéstámogatást a talaj-növény-mikroklima alrendszerek együttes elemzése révén tudjuk biztosítani. Ez teszi lehetővé, hogy szimulációs vizsgálatokban különböző víz- és energiatakarékos öntözési scenáriókra optimalizáljuk az eltérő öntözéstechnológiákat. A rendszer megbízhatósága erősen függ az alapadatok minőségétől. Itt nagy jelentőségük van a távérzékelte adatoknak, amelyek nagy területre gyors adatszolgáltatást biztosítanak. A Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetének irányításával készült egy Közép-Európára kiterjedő aszály-előrejelző rendszer, amely meteorológiai adatokat, biomassza-idősorokat, talajadatokat és nagy felbontású MODIS-műholdas idősorokat használ fel. Ebben a matematikailag jól leírható és méretezhető rendszerben elvégezhető a kritikus referenciagörbék és regionális termésadatok megfeleltetése. A döntéstámogatáshoz a megfigyelési, a korai riasztási, a riasztási, a vészhelyzetnek vagy a katasztrófhelyzetnek megfelelő értékek leválogathatóak, ahol az egyes szintek 10%-os relatív terméskiesést jelentenek. Az aszály által érintett területen belül előre megjósolható, hogy mekkora terméskieséssel kell számolni kukorica és búza esetében. Egy normál évben az Alföld egyes területein, mintegy 7-8%-ban fordul elő aszály által jelentősen sújtott terület. Ezek az eredmények a földhasználat újratervezéséhez is fontos információkkal szolgálnak (Tamás et al., 2005).

A növénytermesztésre épülő húsfogyasztás néhány évtizeden belül megduplázódik, ugyanakkor az állati termékek vízlábnyoma többszöröse a növényi termékének. A tenyésztéstechnológiában a fajlagos tápanyag-felhasználás mellett a vízfogyasztás is kritikus tényező (Horn, 2002). Mindezt olyan körülmények között, ahol az intenzív, zárt, nagy sűrűségű állattartó istállókban néhány hőségnap megfelelő védelem nélkül már katasztrófális körülményekkel járhat. Egy aszályos időszak jelentős termelési kiesést okoz a nyitott rendszerekben is. A tartástechnológiai, a genetikai, takarmányozási, állatorvosi kutatásoknak komoly előrehaladást kell felmutatniuk a népességnövekedés diktálta eredmények elvárt növeléséhez.

ÖSSZEZÉS

Az aszálykárok megelőzésének és csökkentésének számos kutatási feladata van. Az aszály okozta problémák integrált kezelése további kutatást, az elért eredmények hatékony összegzését, rendszerezését igényli: az előrejelzés, az ökológia, a műszaki és agrotechnológia, a gazdasági döntések támogatása és a társadalomkutatás területén. E kutatásoknak napjainkban már sokkal hangsúlyosabban a klímaadaptációra való operatív felkészülést kell szolgálniuk a várható károk mérséklése mellett, mert a mai döntéseinknek hosszú távú hatásai lesznek.

IRODALOM

- Bartholy Judit – Pongrácz Róbert – Gelybó György (2007): Regional Climate Change Expected in Hungary for 2071–2100. *Applied Ecology and Environmental Research*. 5, 1–17. <https://pdfs.semanticscholar.org/4f80/247106772c1c6ad0cbf9751c4461962d0760.pdf>
- Gyuricza Csaba – Smutný, Vlagyimir – Percze Attila et al. (2015): Soil Condition Threats in Two Seasons of Extreme Weather Conditions. *Plant, Soil and Environment*. 61, 4, 151–157. DOI: 10.17221/855/2014-PSE <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/150322.pdf>
- Horn Péter (2002): A globalizáció és a fenntartható fejlődés néhány kérdése európai nézőpontból, különös tekintettel a magyar állattenyésztés jövőjére. *Acta Agraria Debreceniensis*. 9, 12–17. <http://www.date.hu/acta-agraria/2002-09/horn.pdf>
- Kozák Péter – Pálfi Imre – Herceg Árpád (2012): Palfai Drought Index (PaDI) – A Pálfi-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra. In: *Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt*. Budapest: OMSZ, 21–26. http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE_zaro_kiadvany.pdf
- Kőmíves Tamás – Reisinger Péter (2011): Ragweed (*Ambrosia artemisifolia*) – The Greatest Weed Problem in Europe. *Növénytermelés*. 60, 463–464.
- Lehner, Bernhard – Döll, Petra – Alcamo, Joseph et al. (2006): Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis. *Climatic Change*. 75, 273–299. DOI: 10.1007/s10584-006-6338-4 http://www.uni-frankfurt.de/45217777/lehner_et_al_ClimaticChange2006_flood_drought.pdf
- Mátyás Csaba (2011): Van okunk az ünneplésre. *Erdészeti Lapok*. 9, 267–269. http://erdeszetilapok.oszk.hu/01762/pdf/Erdeszeti_Lapok_EPA01192_2011-09_267-269.pdf
- Nagy Viliam – Milics Gábor – Smuk Norbert et al. (2013): Continuous Field Soil Moisture Content Mapping By Means Of Apparent Electrical Conductivity (ECa) Measurement. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 61, 4, 305–312. DOI: 10.2478/johh-2013-0039 <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/johh.2013.61.issue-4/johh-2013-0039/johh-2013-0039.pdf>
- Pálfi Imre – Boga Tamás – Sebesvári József (1999): Adatok a magyarországi aszályokról 1931–1988. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*. 7, 67–76. Budapest: OMSZ.
- Tamás János – Nagy Attila – Fehér János (2015): Agricultural Biomass Monitoring on Watersheds Based on Remote Sensed Data. *Water Science and Technology*. IWA Publ. DOI: 10.2166/wst.2015.423
- Tamás János – Németh Tamás (szerk.) (2005): *Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai*. Debrecen: Debreceni Egyetem

- Tamás János – Riczu Péter – Nagy Attila – Lehoczky Éva (2015): Evaluation of Surface Runoff Conditions by High Resolution Terrestrial Laser Scanner in an Intensive Apple Orchard. In: Srinivasan, Raghavan (ed.): *Proceedings of Soil & Water Assessment Tool Conference: Hydrology*, 24–26 Junr 2015, Sardinia, Italy., 1–5. http://real.mtak.hu/27480/1/Tamás%20et%20al._Evaluation%20of%20surface%20runoff%20conditions%20by%20high%20resolution.pdf
- Várallyay György (2010): Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek a környezeti állapot meghatározó tényezői. *KLÍMA-21 Füzetek*. 62, 4–28. <http://docplayer.hu/1773219-Klima-21-fuzetek-klimavaltozas-hatasok-valaszok-2010-62-szam-a-tartalom-bol-kornyezeti-allapot-es-a-talajdegradacio-valamint-a-vizhaztartas.html>
- Wilhite, Donald A. – Glantz, Michael H. (1985): Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*. 10, 3, 111–120. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=droughtfacpub>

URL1: United States Drought Monitor, 2016 <http://droughtmonitor.unl.edu/Home.aspx>

URL2: European Drought Observatory <http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000>