

MAGYARORSZÁG KISTÁJAINAK TALAJSPECIFIKUS ASZÁLYÉRZÉKENYSÉGE A SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYEK TERMÉSREAKCIÓI ALAPJÁN

KOCSIS MIHÁLY–DUNAI ATTILA–FARSANG ANDREA–MAKÓ ANDRÁS

SOIL-SPECIFIC DROUGHT SENSITIVITY OF SUBREGIONS
OF HUNGARY BASED ON YIELD REACTIONS OF ARABLE CROPS

Abstract

Hypothetical climate change and the stress influences caused by the more frequently found meteorological extremes affect the fertility of soils to an ever higher degree. During our soil-climate sensitivity research, the expression of drought sensitivity as a stress influence and as a result of lack of precipitation in soil fertility was studied. During our work, the effect of increasing droughts of the last decades were investigated through the yield results of the three most important crops based on the area rate in the Hungarian sowing structure, winter wheat (*Triticum aestivum L.*), corn (*Zea mays L.*) and sunflower (*Helianthus annuus L.*), in relation to the natural geographical subregions and fertility of sites. For the examinations, the yield data of the National Pedological and Crop Production Database (NPCPD) were used. The database contains complex plot-level crop production and soil information for 5 years (1985–1989). The examination results prove the considerable drought sensitivity of those lands where soil types with high sand or clay content can be found. Examples of the mainly exposed subregions for the effects of drought include the Dorozsma-Majsa sand ridge, the Kerka region, the Dévaványa plain, etc., while examples of less sensitive sites include the Enying ridge, Tolnai-Sárköz, the Nógrád basin, etc...

Keywords: physical geography subregion, soil-specific drought sensitivity, soil variation, yield, NPCPD ver3.0 database

Bevezetés

A megszorodó időjárási anomáliák a terméshozamok ingadozásának növekedését eredményezik (PEPÓ P. 2005). A szélsőséges meteorológiai helyzetek (PATRICK, J. M. 2002; SZÁSZ G. 2005) is tekinthetők a talajokra ható természeti eredetű stresszhatásoknak. BIRKÁS M. és munkatársai (2007) az éghajlatváltozás hatására kialakuló szélsőséges hőmérsékleti és csapadékviszonyok következtében a talajoknál fellépő stresszt és az erre adott úgynevezett „hatás-specifikus” válaszreakciókat – a környezeti érzékenység egyik típusaként – a talajok „klímaérzékenységének” nevezték. NAGY J. (2005) megállapítása szerint Magyarországon a szemiárid éghajlati viszonyok között a növény–talaj vízháztartási kapcsolatrendszerben a párolgás folyamatos, viszont az időjárás szeszélye következtében a csapadék eloszlása nem egyenletes. A mezőgazdasági növénytermesztésnek színteret adó talaj biomasza termelése nagyban függ a vízszolgáltató képességtől és a vízellátástól, ezért a talajok vízraktározó tulajdonságai mind nagyobb szerephez jutnak (RAJKAI K. 2004).

MÁTÉ F. és munkatársai (2009) a klímaváltozás hatására bekövetkező magyarországi talajzónáknak eltolódását, megváltozását tanulmányozták 16 meteorológiai állomás 120 éves (1881–2000) adatsorainak 30 éves időintervallumokra bontása segítségével. Vizsgálataik során arra a megállapításra jutottak, hogy mind a mezőségi, mind pedig az erdőtalajok övezetében periodikusan, de igazolhatóan megnőtt az atlanti és a mediterrán éghajlati hatás, ugyanakkor erősen – a mezőségi talajzónában rendkívüli módon – lecsökkent a kontinentális hatás.

CSORBA P. és munkatársai (2012) hazánk természetföldrajzi középtájakat összevonva 18 úgynevezett mezorégiót alakítottak ki, melyeken különböző időjárás- és környezeti indikátorokon (PÁLFAI I. 2004; VAN LEEUWEN, B. et al. 2008; RAKONCZAI J. 2011) – aszály, árvíz, belvíz, vízerózió, szélérozió stb. – keresztül vizsgálták az éghajlatváltozás jövőbeni lehetséges hatásait. Megállapították, hogy a várható változás biztosan jelentős mértékben érinti az alföldi nedves élőhelyeket, pl. a Középső- és Alsó-Tisza, valamint a Körösök vidékét. A mezőgazdaságban, azon belül a növénytermesztési ágazatban mind gyakrabban fellépő vízhiány, valamint a velejáró hóhullámok következtében kialakuló szárazságstressz jelentős terméskieséseket eredményezhet (LADÁNYI ZS. et al. 2014). Az aszályos években a dél-alföldi megyék területén 40–50%-os termésnövekedés is tapasztalható (SZILASSI P. et al. 2014), de szélsőségesen vízhiányos évjáratokban akár teljes terméskiesés is előfordulhat.

Az éghajlati viszonyok átalakulását RÁCZ L. (1999) kutatási eredményei jól alátámasztják. A szerző megállapította, hogy az 1900-as évek első felétől a téli, az 1950-es évektől a tavaszi és őszi, az 1980-as évektől a nyári csapadék mennyisége fokozatosan csökkent. A hazánk keleti részén megnyilvánuló szárazodás következtében fellépő vízhiány már a vízigényes növények természetének a fenntarthatóságát is megkérdőjelezi. A súlyosan aszálykáros területek nagysága 1983-tól kelet–délkeleti irányból az északi és nyugati tájak felé terjeszkedik (BOCZ E. 1995). Az 1981–2000 közötti időszakban az aszályos évjáratok száma duplájára (52,6%) növekedett az átlagos évjáratokhoz (26,3%) képest (PEPŐ P. 2007).

Meteorológiai aszálynak az abnormálisan csapadékhiányos időszakokat nevezzük (MOLNÁR A. – GÁCSER V. 2014). GYURICZA CS. (2004) az aszálynak három formáját különbözteti meg: a légköri, a fiziológiai és a talajaszályt. Az aszály legkárosabb formája, a talajaszály akkor alakul ki, amikor a talaj nedvessége csak a holtvíztartalomra korlátozódik: ilyen esetben nem áll rendelkezésre felvehető víz a növény számára. A „*talaj-aszályérzékenység*” az a fogalom, amikor száraz időszak vagy számottevő csapadékhiány hatására a talaj bizonyos funkciói – pl. víztároló és növényi vízszolgáltató képessége – nem tudják ellátni feladatukat. A mezőgazdasági termelésben adott növényfajnál (kukorica, őszi búza, napraforgó, reppce stb.) a terméshozam (t/ha) eltérő mértékű ingadozásával (csökkenésével, illetve szélsőséges esetekben teljes terméskieséssel) jár, amely a talaj termőképességének a csökkenésében nyilvánul meg.

Kutatási munkánk során a talajok klímaérzékenységének kistájszintű (DÖVÉNYI Z. 2010) és termőhelyi szintű vizsgálata keretében a csapadék- és párolgásviszonyoktól függő természetes növényi vízellátottságok terméseredményekre gyakorolt hatását tanulmányoztuk a térinformatikai (vektorizált) alapokra helyezett országos Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) adatbázisának (1985–1989 közötti időszak) táblaszintű adatain (KOC SIS M. et al. 2014; 2017). Vizsgáltuk növényenként az évjáratok hatásait, ehhez az AIIR-táblákhoz rendelt meteorológiai gridrács Pálfai-aszályindex (PaDI) értékeit használtuk fel (SZALAI S. et al. 2014).

Anyag és módszer

Az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázisa

Az AIIR-adatbázis az ország különböző művelési ágú (szántó, rét, legelő, szőlő, kert, gyümölcsös és fásított terület) termőhelyeiről, mintegy négy millió hektár földterületről nyújt talajtani adatot és hét év (1984–1990) komplex növénytermesztési információit foglalja magába (TÓTH G. 2001; DEBRECZENINÉ B.-NÉ et al. 2003). A talajtani adatsorok a hazai

talajosztályozás szerinti talajtípus szinten tartalmazzák a táblák vagy résztáblák (földművelési egységek) talajainak felső művelt (0–25 cm-es) rétegéből származó átlagmin-ták fontosabb vizsgálati eredményeit. Ezen felül résztáblánként a mű- és szervestrá-gyázásról, valamint 196 növénykultúra terméshozamairól, előveteményéről szolgálat idősoros adatot (KOC SIS M. et al. 2014). Az adatbázis az 1980-as években mért állapo-tokat tükrözi, de jelenleg országos szinten ez az egyetlen olyan adatsor, amely hozzá-férhető módon komplexen tartalmaz földművelési egység szintű növénytermesztési és talajtani információkat.

*Az AIIR-adatbázis szűrése és térbeli elhelyezése,
hozamtérképek előállítása 1 : 200 000 méretarányban*

A talaj–terméshozam–évjáráthatás közti kapcsolat statisztikai vizsgálatát egy – az adattartalmát tekintve megszürt – AIIR-adatbázis (AIIR ver3.0) alapján végeztük. Így a nyilvánvalóan téves adatrögzítésből adódó hibás rekordok mellett kizárásra kerültek az adott talajosztályozási egységen (altípuson) belül szakmai szempontból elfogadhatatlan, összeegyeztethetetlen alapvizsgálati eredményeket tartalmazó adatsorok. A szűrés során az adatbázis legfontosabb talajváltozati paramétereinek adatait az országos nagyméret-arányú talajtérképezési útmutatóban (JASSÓ F. et al. 1989) szereplő térképi kategória-rend-szerbe kódoltuk át.

A vizsgálatainkhoz felhasznált szűrt adatbázis így jelenleg 321 915 adatsorból áll, éves átlagban 2 970 895 ha mezőgazdasági terület 76 849 földművelési egységéről nyújt infor-mációt. A növények terméseredményein is szűrést végeztünk, amely során kiszámoltuk az országos termésátlagokat és a terméseredmények szórását. A termés hozamok szórásának kétszeresét negatív és pozitív irányba is felmértük az országos termésátlagra. A kétszeres szórásértéken mindkét irányba kívül eső terméseredményeket kizártuk.

A következő lépésben az őszi búza, a kukorica és a napraforgó terméseredményeket 1-től 100-ig terjedő skálára normalizáltuk (*1. egyenlet*):

$$Th_{100} = 1 + \left(\frac{Th - Th_{\min}}{Th_{\max} - Th_{\min}} \right) \cdot 99 \quad (1)$$

ahol Th_{100} – a növény 1–100-as skálára normalizált termés hozama; Th – a növény ter-méshozama (t/ha); Th_{\min} – a növény minimális termés hozama (t/ha); Th_{\max} – a növény maximális termés hozama (t/ha). A minimális és maximális termés hozam az adott növény esetében országos szinten értendő az AIIR-adatbázis 5 éve (1985–1989) vonatkozóan.

A megszürt AIIR ver3.0 adatbázis az országos léptékben vizsgált növényekre követ-kező információkat tartalmazza.

1. Őszi búza: 87 707 rekord, 332 710 darab talajmintavételi hely, 5 éves átlagban 13 566 földművelési egység, 736 826,40 hektár szántóterület.
2. Kukorica: 56 744 rekord, 249 862 darab talajmintavételi hely, 5 éves átlagban 8 841 földművelési egység, 488 520,00 hektár szántóterület.
3. Napraforgó: 23 140 rekord, 84 628 darab talajmintavételi hely, 5 éves átlagban 3 290 földművelési egység, 181 830,20 hektár szántóterület.

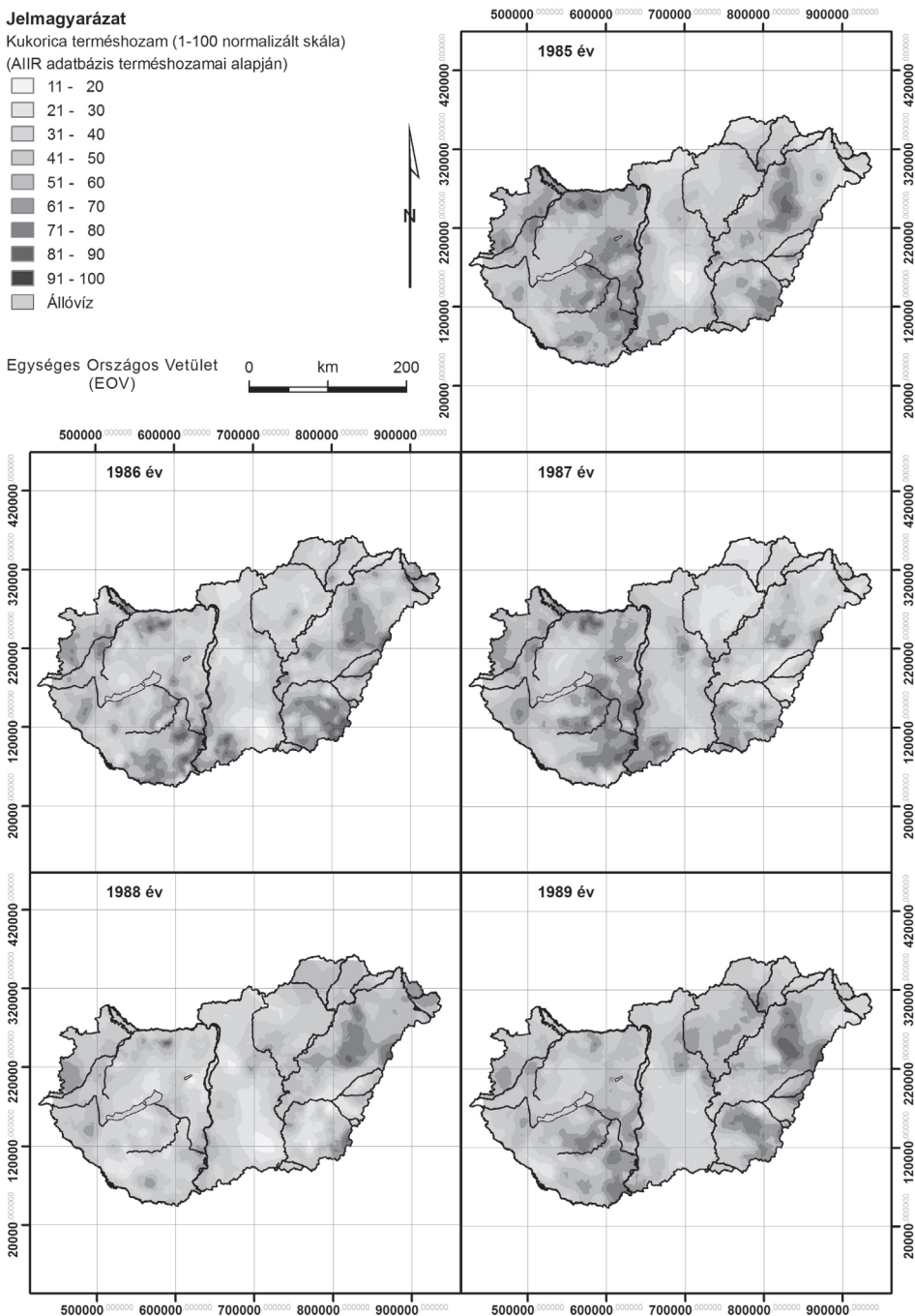
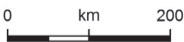
Az AIIR talajmintavételi helyeinek TIEDIT (Területhasználati Információk Egysé-ges Digitális Térképe) XY koordinátáit az általunk kidolgozott módszer alapján kon-vertáltuk át Egységes Országos Vetületbe (EOV) (KOC SIS M. et al. 2014). A három nö-vényre a térképek évjáratonként általános krigeléssel (Ordinary kriging) készültek. Az *1. ábrán* a hozamtérképek előállítására példaként a kukoricatermést ábrázoló térképeket mutatjuk be.

Jelmagyarázat

Kukorica terméshozam (1-100 normalizált skála)
(AIIR adatbázis terméshozamai alapján)

- 11 - 20
- 21 - 30
- 31 - 40
- 41 - 50
- 51 - 60
- 61 - 70
- 71 - 80
- 81 - 90
- 91 - 100
- Állóvíz

Egységes Országos Vetület (EOV)



1. ábra A kukoricatermés az AIIR-adatbázis alapján (1985–1989)
Figure 1 Maize yield maps constructed to the NPCDP database years (1985–1989)

Növényspecifikus aszályérzékenységi térképek szerkesztése

Az évjáratí hatások elemzésére a növényenkénti termés hozamokhoz az éves Pálfai-aszályindexet (PaDI) rendeltük hozzá (2. egyenlet). A PaDI meghatározásához mindössze a havi középhőmérséklet és a havi csapadékösszeg adataira van szükség (LAKATOS M. et al. 2013). Ez alapján a Pálfai-féle aszályindex alapértéke az alábbi módon (2. egyenlet) számolható ki:

$$PaDI_0 = \frac{\sum_{i=\text{ápr}}^{\text{aug}} T_i}{c + \sum_{i=\text{okt}}^{\text{szept}} (P_i \cdot w_i)} \cdot 100 \quad (2)$$

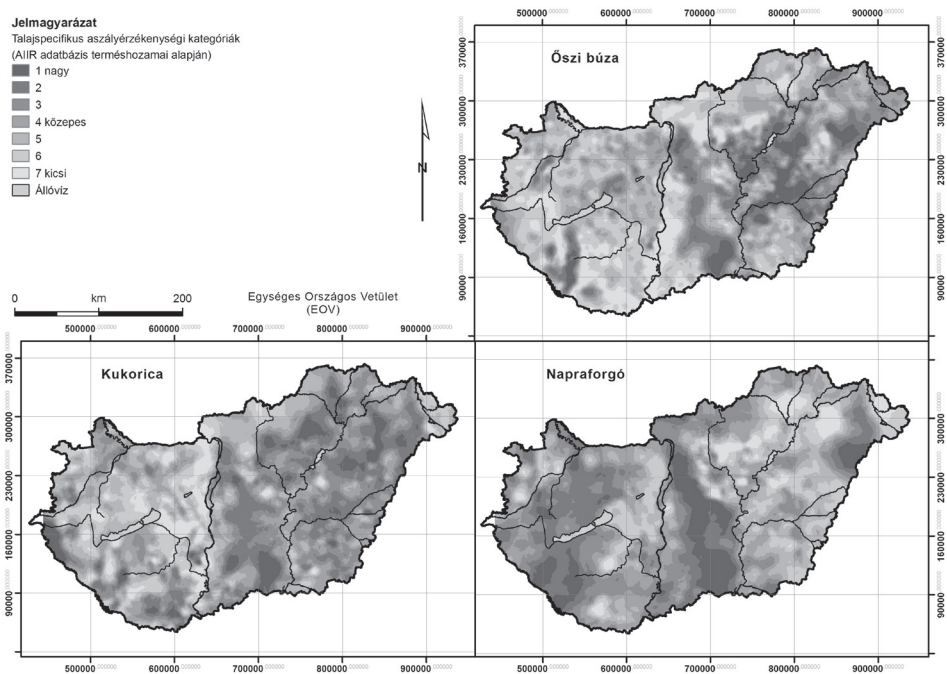
ahol: $PaDI_0$ – a Pálfai-féle aszályindex alapértéke ($^{\circ}\text{C}/100 \text{ mm}$); T_i – havi középhőmérséklet áprilistól augusztusig ($^{\circ}\text{C}$); P_i – havi csapadékösszeg októbertől szeptemberig (mm); w_i – súlyozó tényező; c – állandó érték (10 mm).

Az aszályosságára vonatkozó információkat WGS 1984 vetületű vektoros állományok tartalmazzák, amelyekben az értékek hazánk területére – Magyarország nyugati peremvidékének kivételével – $10 \times 10 \text{ km}$ -es térbeli felbontású, 1045 darab gridből álló meteorológiai rácshálóban helyezkednek el (SZALAI S. et al. 2014). Évjáratonként az ország területére $200 \times 200 \text{ m}$ -es felbontású, az aszályosság mértékét mutató raszteres térképeket hoztunk létre, majd az aszálytérképek PaDI-értékeihez (aszálymentes év < 4; enyhe aszály 4–6; mérsékelt aszály 6–8; közepes erősségű aszály 8–10; súlyos aszály 10–15; nagyon súlyos aszály 15–30; extrém erősségű aszály > 30) BIHARI Z. és munkatársai (2012) nyomán kategória-változókat rendeltünk, amelyekkel az AIIR-adatbázis mezőgazdasági éveit (1985–1989) jellemeztük. Az aszálymentes területeket évjáratonként lehatároltuk, amelyek összevonásával az 1985–1989 közötti 5 éves időszak *aszálymentes területi térképét* állítottuk elő. Ahol AIIR éveire nem tudunk lehatárolni aszálymentes területeket (pl. Duna–Tisza közti homokhátság), ott a legmérsékeltőbb (enyhe) aszályfokozatot vettük figyelembe. Az utóbbi térkép segítségével meghatároztuk az AIIR-adatbázis éveire az aszálymentes, az időjárási viszonyok évjárat-hatásaitól függetlenítettnek tekintett, 1–100-as skálára normalizált terméseredményeket az őszi búzát, a kukoricát és a napraforgót illetően.

A *talaj-aszályérzékenységi mutató* képzése során a növényekre kiszámítottuk – a különböző talajváltozatokon – a „tényleges” és a fent leírt módon meghatározott aszálymentes termés hozamok különbségét, majd ezt elosztottuk a Pálfai-aszályindex értékével. Az így képzett aszályérzékenységi mutatókat az egyes talajváltozati paraméterek (altípus, fizikai féleség, $\text{pH}_{(\text{KCl})}$, humusz- és mész tartalom) figyelembevételével klasszifikációs fa (CHAID: Chi-squared Automatic Interaction Detection) módszerrel csoportosítottuk (TÓTH B. et al. 2012). A CHAID-módszerrel becsült csoportok (nóduszok) átlagos aszályérzékenységi mutatóit 1-től 10-ig terjedő, egyenlő beosztású kategóriáskálán helyeztük el (SPSS/Transform/Visual binning, 2. ábra).

A Magyarország nyugati peremvidékén elhelyezkedő – Vas megye, Győr-Moson-Sopron és Zala megye nyugati része – talajokra meteorológiai és (PaDI) aszályindex-adatok hiányában nem tudunk talaj-aszályérzékenységi mutatót számolni. A nyugati határ mentén fekvő területekre így – az ország más területein megtalálható, hasonló talajváltozati tulajdonságok és az ezekhez tartozó terméseredmények alapján – becslési eljárással határoztuk meg az aszályérzékenységi kategóriákat.

A következő lépésben egytényezős varianciaanalízissel (One-way Anova) megvizsgáltuk, hogy a képzett kategória csoportok aszályérzékenységi mutatói szignifikánsan



2. ábra A legnagyobb területi arányban termelt 3 szántóföldi növény talajspecifikus aszályérzékenysége az AIIR-adatbázis terméshozamai alapján
 Figure 2 Soil-specific drought sensitivity maps to the 3 crops produced in the largest area rate in Hungary constructed to the NPCDP database

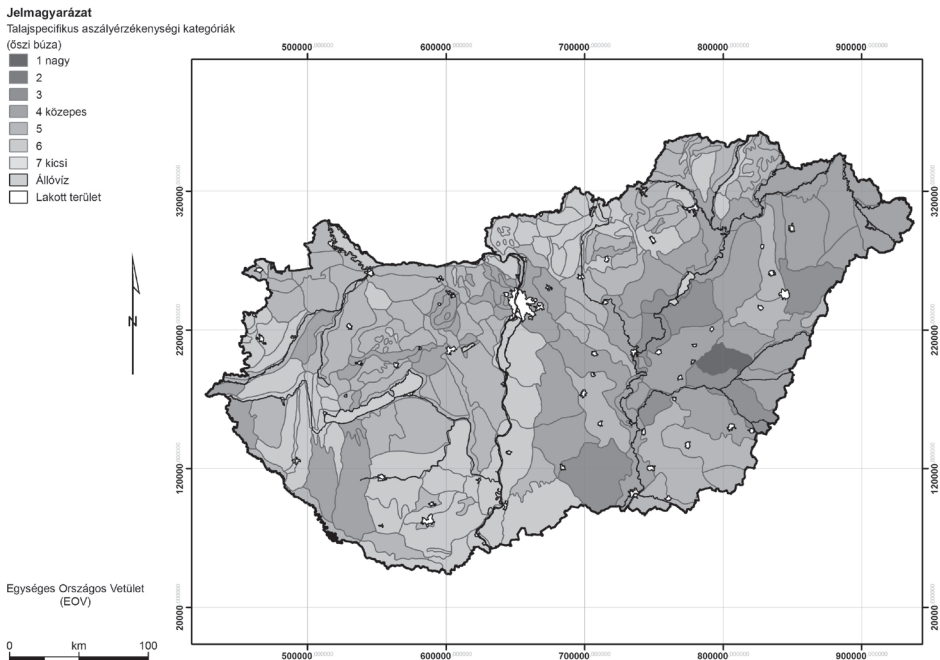
különböznek-e egymástól. Vizsgáltuk ezek után az aszályérzékenységi kategóriák országos megoszlását kistájanként (DÖVÉNYI Z. 2010), majd a talaj-főtípusok, fizikai talajféleségek, valamint a humusz, mész és pH kategóriái szerint. A vektoros térképi műveleteket, egyéb térinformatikai alkalmazásokat és geostatistikai elemzéseket az ESRI ArcGIS 9.3 térinformatikai program segítségével végeztük el. Az egyéb statisztikai vizsgálatainkhoz az IBM SPSS Statistics 18.0 szoftvert használtuk.

Eredmények

Földrajzi kistájaink mezőgazdasági növény-specifikus aszályérzékenysége

Az aszályérzékenységi mutatók képzése folyamán a CHAID módszer segítségével 133 csoportot (nóduszt) tudtunk elkülöníteni. Mivel a Levene-féle homogenitásteszt alapján a csoportok szóráseloszlásai különbözők voltak, a varianciaanalízis során a Tamhane T_2 post-hoc próbát alkalmaztunk. A próba eredménye alapján minden egyes kategóriacsoport határozottan nem vált szét egymástól, így bizonyos csoportok összevonásra kerültek. Végeredményben a magyarországi talajokat 7 különféle *aszályérzékenységi csoporttal (kategóriával)* tudtuk jellemezni. A meghatározott csoportokat növény-specifikusan *aszályérzékenységi térképen* ábrázoltuk, amelyen az 1-es kategória az igen nagy (magas), a 4-es kategória a közepes, a 7-es kategória a legkevésbé (alacsony) vagy a nem érzékeny talajokat jelöli.

230 kistáj közül az őszi búza esetében a leginkább az aszálynak kitett területek ott alakultak ki, ahol nagy agyagtartalmú, igen kötött (pl. Dévaványai-sík, Szolnoki-ártér, Körös menti sík stb.), vagy nagy homoktartalmú (Dorozsma–Majsai-homokhát, Pesti-hordalékkúpsíkság, Dél-Nyírség) talajok fordulnak elő (3. ábra). Az agyag és nehéz agyag fizikai féleségű talajok kiugró mértékű aszályérzékenysége a nagy holtvíztartalommal magyarázható. Közepes aszályérzékenyséű területeknek bizonyulnak pl. Kelet-Belső-Somogy, a Hevesi- és Bihari-sík. A vizsgált növénynél a Tolnai-Sárköz, Cserhátalja, Mohácsi-sziget és Nyárad–Harkányi-sík kistájaink mutatkoznak legkevésbé érzékeny területeknek.



3. ábra Magyarország kistájaira meghatározott talajspecifikus aszályérzékenység az őszi búza terméshozamai alapján

Figure 3 Soil-specific drought sensitivity of subregions of Hungary, according to yield rates of winter wheat

A kukorica termesztése szempontjából az aszályérzékenységi-kategóriák közti százalékos területi megoszlásokat tekintve a Kerka-vidék (91,75%), Nyugati-Mátraalja (32,60%), Dorozsma–Majsai-homokhát (30,64%) és Nyugati- vagy Lössös-Nyírség (28,14%) a legérzékenyebb a szárazságra (4. ábra). Az előzőeknél kevésbé, de jelentős mértékben aszályérzékeny kistájak a Miskolci-Bükkalja, Harangod, Dévaványai-sík, Bugaci-homokhát, Érmelléki löszös hát, Nyugati-Cserehát, Villányi-hegység, Kiskunsági-homokhát, Keleti-Mátraalja és Délkelet-Nyírség, amelyeknek a területét 82,66–68,88% között érinti a vízhiány.

A kukorica tekintetében középhegységi területeken és azok medencéiben (pl. Veszprém–Devecseri-árok, Soproni-medence, Nógrádi-medence), valamint Beregi- és Szatmári-síkon, Sárreten, Baranyai-hegyháton közepesen aszályérzékeny talajok találhatóak. Az aszályra egyáltalán nem érzékeny, a kultúra termesztésére legmegfelelőbb termőhelyek – a teljesség igénye nélkül – a Tolnai-Sárköz, Enyingi-hát, Káloz–Igari-löszhátak, Közép-Mezőföld és Litke–Etesi-dombság kistájakon helyezkednek el (4. ábra).

Jelmagyarázat

Talajspecifikus aszályérzékenységi kategóriák

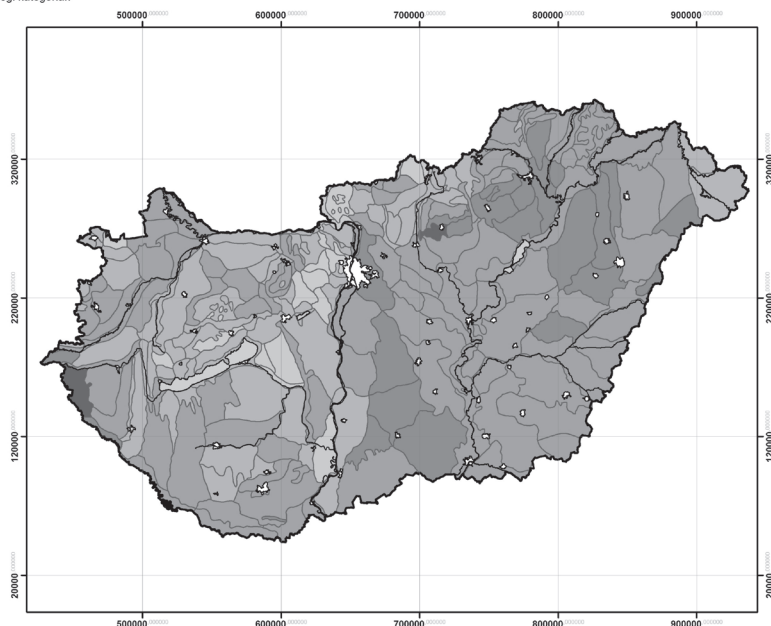
(kukorica)

- 1 nagy
- 2
- 3
- 4 közepes
- 5
- 6
- 7 kicsi
- Állóvíz
- Lakott terület



Egységes Országos Vetület
(EOV)

0 km 100



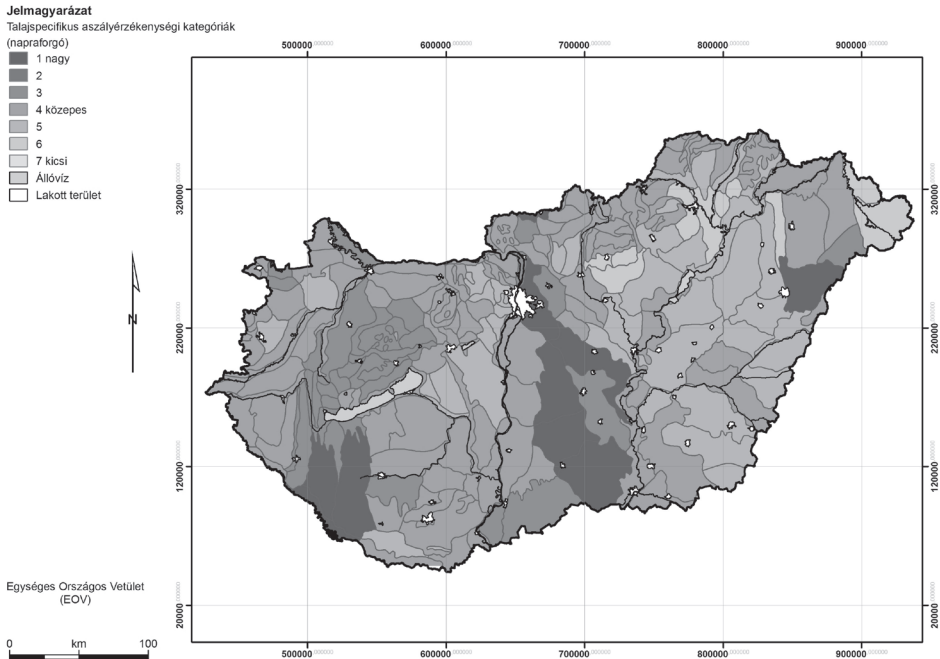
4. ábra Magyarország kistájaira meghatározott talajspecifikus aszályérzékenység a kukorica terméshozamai alapján
Figure 4 Soil-specific drought sensitivity of subregions of Hungary, according to yield rates of maize

A napraforgó esetében döntően a homokvidékeink – Dorozsma–Majsai-homokhát (83,23%), Pesti-hordalékkúpsíkság (76,66%), Kiskunsági-homokhát (55,44%), Dél-Nyírség (52,05%) – érzékenyek legnagyobb mértékben az aszályos időjárási periódusokra. Szintén megmutatkozik a homoki területek érintettsége, amely elsősorban az itt kialakult talajok előnytelen vízgazdálkodási tulajdonságaira (jó vízvezető, rossz víztartó képességére) vezethetők vissza. Az előbbi kistájakhoz képest például a Marcali-hát, Kemenesalja, Ikva-sík, Szigetköz stb. kistájaknak kisebb az érzékenységük (5. ábra). A vizsgálati eredményeink is alátámasztják FRANK J. (1999) domborzati hatásra tett megállapítását, miszerint a hűvösebb hegyvidékek és a zárt medencék a napraforgó termőhelyi igényeinek nem felelnek meg.

A növény-specifikussággal kapcsolatosan elmondható továbbá az, hogy míg az őszi búzánál a Mohácsi-sziget területe nem bizonyult érzékenynek, addig a napraforgó esetében ezen a területen nagyfokú aszályérzékenység tapasztalható.

Közepesen aszályérzékeny vidékek közé tartozik pl. az Enyingi-hát (100,00%), Csanádi-hát (99,30%), Sió-völgy (96,87%), Békési-hát (79,73%) és Jászság (67,81%) területe. A vizsgálatok alapján, a napraforgónál – többek között – a Szerencsi-dombság (98,62%), Beregi-sík (68,38%), Szatmári-sík (63,67%), Nyugati- vagy Lőszös-Nyírség (41,34%) és a Harangod (77,59%) kistájak talajai nem, vagy csak igen jelentéktelen mértékben bizonyultak érzékenynek (5. ábra).

A barna erdőtalajok, csernozjom talajok, láptalajok, öntés- és lejtőhordalék-talajok a legkevésbé érzékenyek az aszályra. A főként a nagy homoktartalmú talajtípusokat magába foglaló váztalajoknak, valamint a szélsőséges vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező szikes talajoknak a legnagyobb az aszályérzékenységük. A váztalaj főtípusba tartozó



5. ábra Magyarország kistájaira meghatározott talajspecifikus aszályérzékenység a napraforgó terméshozamai alapján
Figure 5 Soil-specific drought sensitivity of subregions of Hungary, according to yield rates of sunflower

homoktalajok igen szerény humusztartalommal rendelkeznek (pl. Belső-Somogy, a Duna–Tisza közti síkvidék homokhátságai és a Nyírség területén), a termékenységük is alacsony. Az erősen humuszos talajok aszályérzékenység-növekedése is feltehetően egyéb talajtulajdonságok (fizikai féleség, pH, humusz- és CaCO_3 -tartalom stb.) kombinált hatásával magyarázható. A réti talaj fő típus közepesen érzékeny a természetes vízellátottságra. Az őszi búzára és a kukoricára megszerkesztett *aszályérzékenységi térképek* (2., 3. és 4. ábra) jól szemléltetik a szerzők (PEPÓ P. 2007; JOLÁNKAI M. – BIRKÁS M. 2009) azon állítását, hogy az elmúlt évtizedekben a Hajdúság, a Nagykunság és a Körös–Maros köze területén mind súlyosabb formát öltő, átlagosan 200–300 mm körüli csapadékhiány miatt az aszály mind jobban fokozódik, mely az arra érzékenyebb talajokon nagyobb mértékű termés kiesésben mutatkozik meg. Nemcsak a szárazság mértékének erősödése jelenthet nagy problémát, hanem az átlagos hőmérséklet emelkedése is kiválthatja az aszályérzékenység erősödését. A becsléseink szerint az utóbbi figyelhető meg Délnyugat-Magyarországon hazánk legcsapadékosabb vidékei a Kerka-vidék, Mura-bal parti sík, Közép-Zalai-dombság és Vasi-hegyhát területén, ahol átlagosan 800 mm körüli csapadékmennyiség áll rendelkezésre (VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. 2005).

A térségben a mediterrán éghajlati hatás fokozódik, az Országos Meteorológiai Szolgálat (BARTHOLY J. et al. 2011) 30 éves (1980–2010) idősoros adatai szerint a nyári középhőmérsékletek átlagosan 2°C -kal növekedtek. Az utóbbi igazolják MÁTÉ F. és munkatársainak (2009) a talajok klímaérzékenységgel kapcsolatos kutatási eredményei is, miszerint a kialakult magyarországi talajzónák eltolódnak, valamint egyes területeken a mediterrán éghajlati hatás meghatározóvá válik a kontinentális hatás rovására. A Délnyugat-Magyarországon található, alapvetően amúgy is alacsony termőképességű, erősen savanyú (agyagbemosó-

dásos, pszeudoglejes) barna erdőtalajok aszályérzékenységét erősítheti az, hogy e talajfélések kavicsos folyóvízi hordalékos talajképző kőzeten kialakult, többnyire homok és homokos vályog fizikai félésegűek, amelyek rossz vízraktározó képességgel rendelkeznek. Egyértelműen kimutatható azoknak a kistájaknak a nagyfokú aszályérzékenysége, ahol erősen savanyú talajok alakultak ki. Közepesen savanyú és semleges kémhatású talajok közepes mértékben képesek tolerálni a vízhiány okozta stresszhatást. A mézstartalomra kapott vizsgálati eredmények (KÉSMÁRKI I. et al. 2005) is azt támasztják alá, hogy általában a semleges körüli pH-értékű és a közepesen meszes talajoknak a legkedvezőbb a szárazságtűrő képessége.

A talajok fizikai félésege alapján csoportosítva a földrajzi kistájakat az látható, hogy a homoktalajok a leginkább aszályérzékenyek, a vályog és agyagos vályog talajfélések a legkevésbé, amely jól összecseng GYULAI B.–NAGY J. (1995) kutatási eredményeivel. Az aszályérzékenység az agyagtalajok esetében kis mértékben újra növekszik. A nagy agyagtartalmú talajok aszályérzékenységét növelheti ugyan a nagy holtvíztartalom, ugyanakkor ezzel ellentétes hatást fejt ki az, hogy az agyag a felületéhez kötve a szerves-anyagot megvédi a gyors lebomlástól. Az adott talajfélések esetében humusz- és agyagtartalom közötti összefüggéseket, valamint egymásra kifejtett hatásukat döntően a kettőjük mennyisége és minőségi összetétele határozza meg. Az agyagtalajok aszályérzékenységét igazolják CSORBA P. és munkatársai (2012) kutatási eredményei, miszerint az Alföldön elhelyezkedő jobbára nedves és igen kötött talajfélésekkel rendelkező termőhelyeket – pl. Dél-Tisza-völgy, Kis-Sárrét, Körös menti-sík kistájakat – jelentős mértékben érintheti az éghajlatváltozás okozta szárazodás.

Következtetések

A vizsgálataink során született eredmények is jól alátámasztják, hogy növényenként az egyes termőterületek talaj-aszályérzékenysége más és más, erre az eltérésre a kukorica, őszi búza és napraforgó különböző vízigénye, illetve tenyészideje ad magyarázatot. Másrészt a kalászos növényünk sekély (20–30 cm) gyökerezésű, így csak a feltalajban tárolt vízkészletet tudja hasznosítani, elvileg ezáltal a csapadékhiányos időszakoknak kitett, de októberi vetése révén az őszi-téli félévben lehullott csapadékmennyiséggel is gazdálkodhat. A kukoricát és a napraforgót jobban megviselik a tavaszi száraz periódusok, mint az őszi vetésű kultúrákat. Az utóbbi növények gyökérzete a 2–3 m közötti talajréteget eléri, így a talaj kapillárisain keresztül a mélyebben elhelyezkedő nedvességhez is könnyen hozzá tudnak jutni.

A három szántóföldi növénynél – kukorica, őszi búza és napraforgó – kidolgozott módszerünk az időjárási tényezők kedvezőtlen kumulatív hatásainak figyelembevételére sajnos nem alkalmas, mert a számításokkor nem veszi tekintetbe az előző évi vízhiány mértékét. Jövőbeni kutatási irányként azt tervezzük, hogy a JOLÁNKAI G. és munkatársai (2003) által igazolt, a tenyészidő csapadékellátottsága és a terméshozamok közt megállapított igen szoros összefüggésre alapozva a vegetációs időszakra vonatkozó meteorológiai adatsorok alapján pontosítsuk az aszályérzékenységi mutatókat.

Az általunk szerkesztett, valós növénytermesztési adatokon alapuló terméshozamterképek Magyarországon még újdonságnak számítanak, eddig hasonló tematikájú munkák nem készültek. A nagyléptékű (országos) talajtermékenységi kutatásaink megteremtik annak a lehetőségét, hogy 1:10 000 méretarányú termőhelyi klímaérzékenységi talajterképek készüljenek, melyek segíthetik a talajspecifikus, az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó növénytermesztést.

Összefoglalás

A feltételezett éghajlatváltozás és az egyre gyakrabban előforduló időjárás szélsőségek okozta stresszhatások mind nagyobb mértékben érintik a talajok termékenységét. Talaj- és növény-specifikus klímaérzékenységi kutatásaink során arra kerestük a választ, hogy a stresszhatások egyikeként fellépő, csapadékhiány következtében kialakuló aszályérzékenység miként nyilvánul meg a talajok termékenységében. A kutatómunkánk során a hazai vetésszerkezetben elfoglalt területi arány alapján a három legfontosabb szántóföldi növénykultúra, az őszi búza (*Triticum aestivum*), a kukorica (*Zea mays*) és a napraforgó (*Helianthus annuus*) terméseredményein keresztül a természeti földrajzi kistájak, valamint a termőhelyek termékenységi viszonyaiban az utóbbi évtizedekben erősödő aszályok hatását vizsgáltuk. A vizsgálatainkhoz felhasználtuk a hazánkban jelenleg egyetlen hozzáférhető, az országos Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) adatbázisának terméshozam-adatait, amelyek 5 évre (1985–1989) vonatkozóan táblaszintű komplex növénytermesztési- és talajtani információkat tartalmaznak. A vizsgálati eredmények is bizonyítják azoknak a területeknek nagyfokú aszály-érintettségét, ahol nagy homoktartalmú vagy igen kötött agyagos talajfélések találhatók.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program „Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt által nyújtott személyi támogatással valósult meg. Szakmailag szorosan kapcsolódik a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekthez. A projektek az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg.

KOCSIS MIHÁLY
PE GK Talajtani és Környezetinformatikai Tanszék, Keszthely
kocsis.mihaly@georgikon.hu

DUNAI ATTILA
PE GK Növénytermesztési és Földhasználati Tanszék, Keszthely
dunai@georgikon.hu

FARSANG ANDREA
SZTE TIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
farsang@geo.u-szeged.hu

MAKÓ ANDRÁS
MTA ATK Talajtani és Agrokémia Intézet, Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály,
Budapest
mako.andras@agrar.mta.hu

IRODALOM

BARTHOLY J.–BIHARI Z.–HORÁNYI A.–KRÜZSELYI I.–LAKATOS M.–PIECZKA I.–PONGRÁCZ R.–SZABÓ P.–SZÉPSZÓ G.–TOMA Cs. 2011: Hazai éghajlati tendenciák. – In: BARTHOLY J.–BOZÓ L.–HASZPRA L. (szerk.): Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Magyar Tudományos Akadémia – Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, Budapest. pp. 145–169.

- BIHARI Z. (szerk.) 2012: Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt. Összefoglaló a projekt eredményeiről. – Országos Meteorológia Szolgálat, Budapest. http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE_zaro_kiadvany.pdf
- BIRKÁS M.–JOLÁNKAI M.–STINGLI A.–BOTTLIK L. 2007: Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben. – „AGRO-21” Füzetek 51. pp. 34–47.
- BOCZ E. 1995: A fenntartható fejlődés időszéri kérdései. – In: SÉNYI P.-NÉ (szerk.): A fenntartható fejlődés időszéri kérdései a mezőgazdaságban. XXXVII. Georgikon Napok, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely. pp. 1–20.
- CSORBA P.–BLANKA V.–VASS R.–NAGY R.–MEZŐSI G.–BURGHARD, M. 2012: Hazai tájak működésének veszélyeztetettsége új klímaváltozási előrejelzés alapján. – Földrajzi Közlemények 136. 2. pp. 237–253.
- DEBRECZENI B.-NÉ–KUTI L.–MAKÓ A.–MÁTÉ F.–SZABÓNÉ KELE G.–TÓTH G.–VÁRALLYAY GY. 2003: D-e-Meter földminősítési viszonzszámok elméleti háttere és információ tartalma. – In: GAÁL Z.–MÁTÉ F.–TÓTH G. (szerk.): Földminősítési és földhasználati információ. Veszprémi Egyetem, Keszthely. pp. 23–36.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. 876 p.
- FRANK J. (szerk.) 1999: A napraforgó biológiája, termesztése. – Mezőgazda Kiadó, Budapest. 422 p.
- GYULAI B.–NAGY J. 1995: A napraforgó termesztés legfontosabb agrokémiai szempontjai. – Agroforum 6. 4. pp. 40–41.
- GYURICZA Cs. 2004: A víztakarékos talajművelés lehetőségei. – Agro Napló 8. 5. pp. 16–18.
- JASSÓ F.–HORVÁTH B.–IZSÓ I.–KIRÁLY L.–PARÁSZKA L.–SZABÓNÉ KELE G. 1989: Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. – Agroinform Kiadó, Budapest. 152 p.
- JOLÁNKAI M.–BIRKÁS M. 2009: Climate change and water availability in the agro-ecosystems of Hungary. – Columbia University Seminars 38–39. pp. 171–180.
- JOLÁNKAI M.–SZENTPÉTERY ZS.–SZÖLLŐSI G. 2003: Az évszárak hatása az őszi búza termésére és minőségére. – „AGRO-21” Füzetek 31. pp. 74–82.
- KÉSMÁRKI I.–KAJDI F.–PETRÓCZKI F. 2005: A globális klímaváltozás várható hatásai és válaszai a Kisalföld szántóföldi növénytermelésében. – „AGRO-21” Füzetek 43. pp. 24–38.
- KOCSIS M.–TÓTH G.–BERÉNYI ÜVEGES J.–MAKÓ A. 2014: Az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázis talajtani adatainak bemutatása és térbeli reprezentativitás-vizsgálata. – Agrokémia és Talajtan 63. 2. pp. 223–248.
- KOCSIS M.–DUNAI A.–TÓTH G.–MAKÓ A. 2017: Talajspecifikus aszályérzékenység becslése a kukorica (*Zea mays* L.) termésreakciók alapján. – Növénytermelés 66. 1. pp. 49–73.
- LADÁNYI ZS.–BLANKA V.–RAKONCZAI J.–MEZŐSI G. 2014: Az aszály és biomassza-termelés anomália közötti kapcsolat vizsgálata. – In: KÓRODI T.–SANSUMNÉ MOLNÁR J.–SISKÁNÉ SZILASI B.–DOBOS E. (szerk.): VII. Magyar Földrajzi Konferencia. Miskolci Egyetem, Földrajz-Geoinformatikai Intézet, Miskolc. pp. 389–394.
- LAKATOS M.–SZENTIMREY T.–BIHARI Z.–SZALAI S. 2013: Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. – Időjárás 117. 1. pp. 143–158.
- MÁTÉ F.–MAKÓ A.–SISÁK I.–SZÁSZ G. 2009: A magyarországi talajzónák és a klímaváltozás. – „KLÍMA-21” Füzetek 56. pp. 36–42.
- MOLNÁR Á.–GÁCSER V. 2014: Szélsőséges éghajlat – szélsőséges időjárás. – Iskolakultúra 24. 11–12. pp. 4–12.
- MOLNÁR K. 1996: Hazai csapadékváltozások. – Természet Világa 127. Különszám. pp. 66–68.
- NAGY J. 2005: A mezőgazdasági földhasználat, a szántóföldi növénytermelés és vizgazdálkodás. – „AGRO-21” Füzetek 41. pp. 38–46.
- PATRICK, J. M. 2002: Global Warming. – Cato Institute, Washington.
- PÁLFAI I. 2004: Belvizek, aszályok Magyarországon. – Közlekedési Dokumentációs Kft, Budapest. 492 p.
- PEPÓ P. 2005: A globális klímaváltozás hatásai és válaszai a Tiszántúli szántóföldi növénytermelésében. – „AGRO-21” Füzetek 41. pp. 59–65.
- PEPÓ P. 2007: A klímaátalakulás kedvezőtlen hatásai és az alkalmazkodás termesztéstechnológiai elemei a szántóföldi növénytermelésben. – Agroforum 18. 11. pp. 17–26.
- RAJKAI K. 2004: A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. – MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest. 155 p.
- RAKONCZAI J. 2011: Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin. – In: BLANCO, J.–KHERADMAND, H. (szerk.): Climate change. Geophysical foundations and ecological effects, Intech Open Access Publisher. pp. 297–322.
- RÁCZ L. 1999: Climate history of Hungary since 16th century: past, present and future. Discussion paper. – Centre for Regional Studies of the Hungarian Academy of Sciences, Pécs. 160 p.
- SZALAI S.–SPINONI, J.–GALOS, B.–BESSENYEI M.–MOLAR, P.–SZENTIMREY T. 2014: Use of regional database for climate change and drought. – 5th IDRC Davos 2014, Global Risk Forum (GRF). Davos.

- SZÁSZ G. 2005: Az éghajlat változékonysága és a szántóföldi növények termésingadozása. – „AGRO-21” Füzetek 38. pp. 59–77.
- SZILASSI P.–FIALA K.–LADÁNYI ZS.–BLANKA V. 2014: A vízhiány hatása a mezőgazdasági termelésre. – In: BLANKA V.–LADÁNYI ZS. (szerk.): Vízhiány és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban. Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, pp. 97–102.
- TÓTH B.–MAKÓ A.–GUADAGNINI, A.–TÓTH G. 2012: Water retention of salt affected soils: quantitative estimation using soil survey information. – *Arid Land Research and Management* 26. pp. 103–121.
- TÓTH G. 2001: Soil productivity assessment method for integrated land evaluation of Hungarian croplands. – *Acta Agronomica Hungarica* 49. 2. pp. 151–160.
- VAN LEEUWEN, B.–TOBAK Z.–SZATMÁRI J. 2008: Development of an integrated ANN – GIS framework for inland excess water monitoring. – *Journal of Environmental Geography* 1. 3–4. pp. 1–6.
- VARGA-HASZONITS Z.–VARGA Z. 2005: Nyugat-Magyarország éghajlati viszonyai és a kukorica. – „AGRO-21” Füzetek 43. pp. 71–79.