

TALAJAINK KLÍMAÉRZÉKENYSÉGE

(Zárójelentés)

Az EU talajvédelmi stratégiáját előkészítő szakértői tanulmányok a talaj víz általi erózióját a legjelentősebb talajdegradációs folyamatnak tekintik, ami a legnagyobb, pénzben is kifejezhető gazdasági kárt okozza. A klímaváltozásnak a talajerózióra gyakorolt hatásai, illetve e hatásoknak a talajféleségenkénti eltérései lehetőséget kínálnak a klímaérzékenység mértékének kifejezésére. A szakértői jelentés azt is megállapítja, hogy az erózió térben és időben igen változékony jelenség, ezért a monitorozása nem egyszerű. A monitoring legmegfelelőbb egysége, a kisvízgyűjtő szintű mérés lehet.

Kutatásaink alapján elvárásként megfogalmazhatjuk, hogy a kisvízgyűjtő legyen nagyobb a táblák méreténél, de még legyen elég kicsi ahhoz, hogy az általános talajveszteségi egyenletet és egyéb, komplexbb eróziós modelleket megbízhatóan alkalmazni lehessen rá. Ez a területnagyság alkalmas arra, hogy az eredményeket mind a mezőgazdasági, mind a vízügyi szakemberek és irányítók felé megfelelően kommunikálhassuk. Ha kis számú táblát tartalmaz egy kisvízgyűjtő, akkor a területhasználat és felszíni lemosódás között még könnyebben megtalálhatók az oksági összefüggések, ugyanakkor már önálló hidrológiai egységnek tekintjük.

A kis vízgyűjtőkről a csapadék hatására bekövetkező lefolyás gyorsan lejátszódik, ezért a kézi mintavétel nem megoldható, automatikus mintázásra van szükség. A Pannon Egyetem Georgikon Kara és együttműködő partnerként az MGSZH Somogy Megyei Növény és Talajvédelmi Igazgatósága együttesen működtet egy három mérőállomásból álló eróziós hálózatot a Balaton vízgyűjtőjén. A három reprezentatív kisvízgyűjtő:

1. Zánka-Tagyon (északi vízgyűjtő, meredek lejtők, a lejtő tetején erdő, alsó kétharmadán szőlő, agyagos vályog talaj),
2. Nagyhorváti (nyugati vízgyűjtő, enyhe átlagos lejtés, mélyrétegű, nem erodált vályog talajok, túlnyomóan szántó) és
3. Somogybabod (déli vízgyűjtő, a felső részén erdő, alsó részén szántó, viszonylag meredek lejtők, erősen erodált talajok homokos löszön).

Ezek a kisvízgyűjtők térben és időben megbízható összehasonlítást tesznek lehetővé, képviselik a három fő vízgyűjtő jellegzetes földhasználati típusait, megjelennek a talajok főbb fizikai típusai és az itt kapott eredmények segítségével többféle vizsgálati szint integrálása is lehetővé válik (pontvizsgálatok – parcella – tábla – kisvízgyűjtő – részvízgyűjtő – vízgyűjtő).

A kutatás során vizsgáltuk, hogy a csapadék radar adatok, amelyek elvileg alkalmasak lennének 500x500 méter területi bontásban a csapadék mennyiségének a jellemzésére akár negyedóránkénti bontásban, hogyan viszonyulnak a felszíni mérések eredményeikhez. Kiderült, hogy a megfeleltetés igen nehéz. Valószínű, hogy területenként más-más eredménnyel járó térbeli és időbeli optimalizációt (adat-aggregálást) kellene végrehajtani, hogy a radar adatokat a felszíni mérések adataihoz lehessen kalibrálni.

Mivel erre nem volt lehetőségünk, a hagyományos meteorológiai adatok gyűjtésével, térinformatikai adatbázisba szervezésével és elemzésével oldottuk meg a feladatot. A csapadék eróziós potenciáljára vonatkozóan a Magyarországon kevés információ hozzáférhető. Országosan Bacsó (1964), a Balaton vízgyűjtőjére pedig Horváth és Kamarás (1980) végeztek részletes számításokat. Gyakran az eróziós számításokban az évi átlagos

csapadékot használják, mint a legkönnyebben hozzáférhető térbeli adatot, de erről bebizonyítottuk, hogy nem alkalmas az eróziós potenciál becslésére (PÖCZE ÉS SISÁK, 2009). Szükség van a különböző időbeli felbontású csapadék adatok közötti összehasonlításra az eróziós becslések pontosítása érdekében. Erre dolgoztunk ki egy alternatívát a kutatás során.

Többféle, eltérő részletességű csapadék adatsort vizsgáltunk: 50 éves (1901-1950) meteorológiai megfigyelések átlagos adatai a Balaton vízgyűjtőn és környékén (Kakas, 1960); 71 meteorológiai állomás napi adatait is feldolgoztuk az ország egész területéről egy öt éves periódusban (2003 augusztus és 2008 szeptember között); 1970-1993 napi adatsor Keszthelyen, 1998-2005 órás csapadék adatok Keszthelyen a 10 mm feletti csapadékú napokra; csapadék radar adatok (15 perces felbontás) és hasonló részletességű saját mérések három eróziós mérőállomás adatai alapján a 2004 és 2005. évben. A három monitoring állomás közül a somogybabodi mérőállomás 2004 és 2007 között mért öt perces gyakoriságú csapadék adatait is feldolgoztuk.

A csapadék eróziós potenciájának a nagy részletességű becsléséhez feldolgoztuk a vízgyűjtőn és közvetlen környezetében található 114 meteorológiai állomás ötvenéves átlagos csapadékadatait. Regressziós összefüggést számítottunk a térbeli koordináták (EOV) és a magasság adatok valamint az éves átlagos csapadék mennyiség között. A Horváth és Kamarás (1980) által adott eróziós potenciál becslések és a Balaton vízgyűjtőre adott nagy részletességű csapadék becslések segítségével az eróziós potenciált is nagy részletességgel becsültük a vízgyűjtőre. Megállapítottuk, hogy az így elkészített adatbázis nem ad kellő felvilágosítást az eróziót ténylegesen kiváltó nagy csapadékokról. Az eróziós potenciálra nézve durva becslés adható a 10 mm feletti csapadékok havi száma és a havi legnagyobb napi csapadék alapján (SISÁK ET AL., 2007).

A somogybabodi mérőállomás 2004 és 2007 között mért öt perces gyakoriságú csapadék adataiból Stewart et al. (1975) módszere szerint kiszámítottuk a csapadékesemények eróziós potenciálját. Bizonyítottuk, hogy nagy csapadékok 10 %-a különösen eróziós. A május, június és augusztus hónapokban hulló 20 mm-t meghaladó csapadékok között igen nagy százalékban (kb. 40 %) nagy eróziós csapadékok vannak, amelyek R értéke a csapadék mennyiségével arányos. Mivel a vízgyűjtő főbb meteorológiai állomásaira publikálták a 10 és 20 mm-t meghaladó csapadékú napok átlagos számát, ez lehetőséget ad arra, hogy kiszámítsuk az eróziós potenciált is. Órás csapadékadatokból az R érték egész pontos becslését el lehet végezni. (SISÁK ET AL., 2007).

A 10 mm feletti napi csapadékok átlagos nagysága jó indikátora lehet az eróziós potenciálnak. Ez alapján a Dunántúlon egy viharos zóna jelenlétét lehet kimutatni, amely áthúzódik a Balaton vízgyűjtő felett is. A kisvízgyűjtő szintű talajveszteségek és a csapadék eróziós potenciálja között azonban csak gyenge lineáris összefüggés állapítható meg (PÖCZE ÉS SISÁK, 2009).

A klímaváltozás Magyarországon az évi összes csapadék csökkenése mellett (Varga-Haszonits, 2003) a nagy csapadékok gyakoriságának növekedésével (Bartholy és Pongrácz, 2005) jár együtt. A nagy csapadékok növekedése az eróziós potenciál legalább ugyanakkora növekedését is jelenti függetlenül az összes csapadék mennyiségtől, mert az eróziós potenciált lényegében a nagy csapadékok adják. A kisvízgyűjtőkön végzett mérésekkel valószínűsítettük, hogy 10 % gyakoriság növekedés következtében az erózió (és a lebegőanyaghoz kötött tápanyagok lemosódása) mintegy 7 %-al lesz nagyobb. Egy rövidebb

időszak részletes vizsgálata Somogybabodon (2004-2007) viszont azt is megmutatta, hogy a különösen erózió csapadékok átlagos nagysága a kevésbé erózió, de még mindig nagy csapadékokhoz képest mintegy 2,5-szeres, de az eróziós potenciáljuk között az arány tízszer nagyobb, akár 25-szörös is lehet. Ez azt valószínűsíti, hogy az évi összes eróziós potenciál könnyen akár a duplájára nőhet, ha a az ilyen extrém csapadékok megszorodnak, ami viszont már az eróziós kockázatot 60 %-al növelné (PÖCZE ÉS SISÁK, 2009).

A barázdás erózió megjelenése a felgyorsult eróziós folyamatok jó indikátora, és a szabályozás megfelelő eszköze is lehetne, ha elvárás lenne a barázdaképződés megelőzése. Terepi kisparcellás eróziós méréseket egy fizikai modell segítségével értékeltünk ki és bizonyítottuk, hogy a fizikai modellben használt talaj erodálhatósági mutató becsülhető a z általános talajvesztési egyenletben használt eróziós mutató és a talaj eliszapolódásra való hajlamát jelző mutatószám segítségével. Ha az ezekből számított érték 2 fölött van, akkor a talaj barázdás erózióra hajlamos (HAUSNER ÉS SISÁK, 2009). A Tetves patak vízgyűjtőjére a becslést elvégeztük, és megállapítottuk, hogy a mezőgazdasági terület 12,5 %-a ebbe a kategóriába tartozik.

* * *

A talajok vízgazdálkodási tulajdonságaira visszavezethető klímaérzékenységének vizsgálatát elsőként az OMTK (Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek) 9 kísérleti helyéről származó 34 éven át gyűjtött termésadataival és az éves csapadékadatokkal végeztük el. Az őszi búza-kukorica-kukorica-őszi búza vetésforgók terméseit (t/ha), a trágyázatlan és az optimális tápanyagkezelésben hasonlítottuk össze. (Az optimálisnak ítélt kezelés az első 20-évben 50-N, 50-P₂O₅ és 100-K₂O kg/ha/év, a 21-évtől pedig 100-60-100 kg/ha/év műtrágya hatóanyagot kapott a búzánál és 100-60-200 kg/ha/év adagot a kukoricánál.) A vízellátás szempontjából irodalmi források alapján, az agrometeorológiai évre, az őszi búza és a kukorica növények tenyészidőszakára és a kritikus időszakokra bontva vizsgáltuk a csapadékeloszlást. Vízellátottsági kategóriákat képeztünk a tartamkísérleti tapasztalatok alapján: száraz-, kevés-, átlagos-, nedves- szinteket. A termésadatokat a statisztikai klasszifikációs módszerrel (SPSS/Classification-tree-CHAID) csoportosítottuk. Vizsgáltuk a kísérleti helyek közötti őszi búza és kukorica átlagtermés-különbségeket az optimális tápelemellátottságnál az agrometeorológiai évek, a tenyészidőszakok és a kritikus időszakok vízellátottságától és az előveteményektől függően. Ezen felül összefüggés vizsgálatokat végeztünk, a búza és kukorica termései (t/ha) által kifejezett produkciós válaszok és a tenyészidő csapadékának hasznosulása (kg termés/mm) között.

Megállapítottuk többek között, hogy a statisztikai vizsgálatok alapján általában a kukoricának kedvezőbb előveteménye volt a búza, míg a búzánál (egy szélsőséges eset kivételével) nem mutattunk ki igazolható elővetemény hatást. A tenyészidő csapadékának (mm) hasznosulása a búza és kukorica termései által kifejezett produkciós válaszok alapján az IR (Iregszemcse), KE (Keszthely), KO (Kompolt), PU (Putnok) kísérleti helyeken volt a leghatározottabban kimutatható ($R^2=0,34-0,83$). A klasszifikációs fa módszerrel kapott eredmények szintén a tenyészidő csapadékelátottságának elsődleges hatását emelik ki ezeken a kísérleti helyeken (HERNÁDI ET AL., 2007.; DEBRECZENINÉ ÉS MAKÓ, 2008.).

A klímaváltozásnak a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak változására vonatkozó kutatásaink másik részében különböző talajtípusok eltérő talajváltozatainak vízforgalmát és vízmérlegét kívántuk matematikai modell segítségével tanulmányozni. A kutatási időszak zárásáig a hazai mészlepedékes csernozjom talajok klímaérzékenységét vizsgáltuk két klímaváltozási forgatókönyv és egy, a jelenlegi klímát reprezentáló időszak tükrében.

Vizsgálataink során a Hadley Centre 2007-ben kiadott A2 és B2 klímaszcenárióját, valamint az 1960-1990-es referencia időszak napi leskálázott meteorológiai adatait használtuk fel. A mintaévek kiválasztását a 31-31 éves idősorok éves csapadékösszegének relatív gyakorisága (P_{SP}) szerint végeztük el. A tanulmányba bevont 49 talajszelvény leválogatása altípusuk, valamint fizikai féleségük alapján történt a MARTHA ver1.0 (Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis) felhasználásával. Az azonos csoportba tartozó – azonos fizikai féleségű - talajszelvények víztartóképeség függvényeinek változatosságát a skálázási eljárás segítségével vettük figyelembe. Ezzel a módszerrel a talaj hidrofizikai tulajdonságainak változékonyságát egy paraméterrel, a skálázási együtthatóval fejezhetjük ki. Az egyes klímaforgatókönyvek adott gyakorisággal előforduló éveinek hatását a vizsgált talajváltozatok vízforgalmára scenárió analízissel tanulmányoztuk. E célból a SWAP matematikai modellt textúra csoportonként 6-6 referencia talajszelvény talajhidrológiai jellemzőinek és 9-9 előzetesen leválogatott mintaév meteorológiai adatainak kombinációira futtattuk.

Eredményeink alapján igazoltuk a csernozjom talajok vízforgalmának és vízmérlegének nagyfokú klímaérzékenységet. A növényi vízfogyasztás alakulására irányuló számításaink eredményei arra engednek következtetni, hogy hazai körülmények között az A2 scenárió kedvezőtlenebb feltételeket teremtene az őszi búza termesztéséhez mészlepedékes csernozjom talajokon, mint a B2 scenárió. Megállapítottuk, hogy a talaj víztartóképeség függvényeinek jellemzésére használt skálázási együttható esetenként megfelelő indikátora lehet a talajvízforgalom klímaérzékenységének.

A vizsgált klímaszcenáriók különböző mértékben változó éghajlati tényezői eltérő mértékben befolyásolták a talaj összes vízkészletének éves alakulását. Az éghajlati elemek szélsőséges változása a talaj vízmérlegében is szélsőségesebb változást eredményezett. Ennek megfelelően, a szélsőséges csapadékösszegű években nagyobb eltérést tapasztaltunk a különböző klímaforgatókönyvekre becsült talajvízmérleg-elemek között, mint az átlagos csapadékmennyiséggel rendelkező években. Ezt az általános tendenciát azonban az A2 scenárióra jellemző, nagy csapadékkéntenzitással bíró extrém időjárási helyzetek esetenként felülírták, elsősorban a mélybeszivárgás megnövekedése révén. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy bár modellezési eredményeinkből kimutathatóak általános összefüggések, a talajok klímaérzékenységének tanulmányozásához szükséges a csapadék éven belüli eloszlásának és a szélsőséges időjárási helyzetek hatásának vizsgálata is.

A kapott eredmények összevetése során kimutattuk, hogy statikus jellemzőkből, a talajvízforgalom folyamatának mérleg-elvekre épülő, dinamikus megközelítése nélkül csak óvatos következtetéseket vonhatunk le a talajok vízgazdálkodására és klímaérzékenységre vonatkozóan. Reményeink szerint a felvázolt összefüggések hozzájárulnak a megelőző, illetve a káros hatásokat csökkentő beavatkozási stratégiák kidolgozásához a szélsőséges vízforgalmi helyzetek negatív következményeinek enyhítése céljából (HERNÁDI ET AL., 2008A.; HERNÁDI ET AL., 2008B.; FARKAS ET AL., 2009.; HERNÁDI ET AL., 2009.).

* * *

A talajok klímaérzékenységének vizsgálata keretében a csapadék és párolgásviszonyoktól függő vízellátottságnak a kukorica terméseredményekre gyakorolt hatását tanulmányoztuk az AIIR (Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer) országos adatbázis táblaszintű adatait, illetve a táblákhoz rendelhető meteorológiai körzetek állomásainak éghajlati adatait felhasználva. A nagyszámú, talajtulajdonságokhoz és művelési módhoz (kijuttatott NPK, elővetemény) köthető termésadatot tartalmazó AIIR adatbázist a Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, illetve annak elődje a múlt század nyolcvanas éveiben

hozta létre a különböző szakhatósági vizsgálatok, talajtérképezési, táblatorzskönyvi és termésadatok gyűjtésével. A csapadék- és párolgás-adatokon alapuló, a növények nyári vízellátottságát kifejező Szász-féle vízellátottsági értékek (VE) 15 meteorológiai állomásról álltak rendelkezésünkre. Az AIIR adatbázisból kiválasztottuk azokat a táblaszintű kukorica termésadatokat, melyek a meteorológiai körzetbeosztás alapján megfeleltethetőek voltak a 15 állomás egyikével, majd az 1985-1989. évek megfelelő VE értékét hozzárendeltük egy, a növényi vízellátottságot (vagy közvetve a talajok nedveségtartalmát) kifejező paraméterként a termésadatokhoz. 15 kiválasztott meteorológiai körzetre, 3 főtípusra (erdőtalajok, csernozjom talajok és réti talajok) leszűkített AIIR adatbázison statisztikai módszerekkel vizsgáltuk a - kiválasztott - kukorica növény (csapadék és hőmérsékleti viszonyoktól függő) vízellátottságának a terméseredményekkel való kapcsolatát.

Bemutatott eredményeink ismeretében megállapítható a talajok - kukorica szemtermés termelésében megnyilvánuló - nagyfokú klíma-, illetve vízellátottság-érzékenysége. Az egyes vizsgált talajtani és agrotechnikai tényezők a különböző vízellátottságú évjáratokban eltérő módon fejtik ki hatásukat.

Az AIIR adatbázis talaj- és termésadatainak klimatológiai szempontú elemzését célzó munkánk során feltételeztük, hogy összevetve az éghajlati elemek változását a termésre gyakorolt hatással a talajok klímaérzékenysége egyfajta mérőszám képezhető. Vizsgálataink hazai vonatkozásban az első olyan nagy adatbázison történő elemzések, amelyek a tudományosan különböző talaj taxonómiai szinteken elkülönített és különböző agrotechnikai eljárásokkal kezelt talajok statisztikailag igazolt termésátlagait vetette össze a klímaérzékenység jellemzésére, lehetővé téve a fenti mérőszámok („évjárat faktorok”) országos területi általánosítását.

Eredményeink alapján megállapítható többek között, hogy a klímaváltozásokhoz való talajhasználati - agrotechnikai alkalmazkodást talajosztályozási egységenként eltérő eljárásokkal (vetésszerkezet, tápanyagellátás, vízgazdálkodás) lehet teljesíteni. A talajok klímaérzékenységének döntő tényezője a vízgazdálkodásuk, ám a vízgazdálkodási tulajdonságok érvényesülése a magasabb taxonómiai talajosztályozási szintek által kifejezett tulajdonságkomplexum által meghatározott.

Vizsgálataink az utóbbi években folytatott földminősítési munkáknak (a földminőség évjárat-függőségnek kifejezését célzó mutatók kidolgozása terén) is új szempontokkal szolgálhatnak (MAKÓ ET AL., 2008.; MAKÓ ET AL., 2009.)

A CORINE felszínborítási adatbázis, az AGROTOPO talajtani adatbázis, Magyarország digitális klimatikus térképe és a megyei kukorica és búza termésátlagok hosszú távú idősorainak térinformatikai elemzését végeztük el a KLÍMA-21 füzetekben megjelent tanulmányunkban (Sisák et al., 2009). A CORINE adatbázisból a szántó felszínborítási kategóriát ábrázoló réteget összemetsztük a többi térképi adatbázissal és a 10 km²-nél nagyobb poligonra végeztük el az elemzést, amelyek így a szántó csaknem 98 százalékát fedték le. A poligonok területével súlyozott átlagot számítottunk a búza és kukorica termésekből a talajtípusokra és a klímaterületekre is minden évben. A talajokat és klímaterületeket is rangsorba állítottuk és átlagos rangszámot, valamint nem paraméteres szórás jellegű mutatóként a rangok alsó és felső kvartilisének a távolságát számítottuk ki. Ezekből a kiindulási értékekből közelítő klímaérzékenységi mutatót számítottunk, amely azt mutatja meg, hogy a klimatikus ingadozáson felül a talajtól függő terméshingadozás mekkora. Feltehető, hogy azoknál a talajoknál, amelyeknél a rövid távú időjárási hatásokra (évjáráthatás) válaszként a termésben megmutatkozó nagy ingadozást találunk, azok a hosszú távú klimatikus változásokra is érzékenyebben reagálnak, tehát az általunk számított mutató a talajok klímaérzékenységeként fogható fel.

* * *

A klímaváltozás jelenségei közül figyelmet érdemel a természetföldrajzi övezetek határainak elmozdulása. Hazánk hőmérsékleti- és csapadékadatainak évszázados és az utolsó évtizedekben megfigyelt változása a jellegzetes (kontinentális, atlanti, mediterrán) szezonális dinamikával jellemezhető évek gyakoriságának változása útján valósult meg. Ez előrevetíti a mezőségi talajképződés szerepének a visszavonulását, a barna erdőtalaj képződés terjedését, illetve egyes területeken a mediterrán fahéjszínű erdőtalajok irányába történő elmozdulását (MÁTÉ ET AL., 2008.; MÁTÉ ET AL., 2009.; MAKÓ ET AL., 2009B)

Hivatkozott irodalmak

- Bacsó N., 1964. Záporerősség és gyakoriság területi eloszlása Magyarországon. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Közleményei. Akadémiai Kiadó. Budapest. XXII/I. p. 215-225.
- Bartholy J. - Pongrácz R., 2005. Tendencies of Extreme Climate Indices Based on Daily Precipitation in the Carpathian Basin for the 20th Century. Időjárás. 109, p. 1-20.
- DEBRECZENI BÉLÁNÉ – MAKÓ ANDRÁS, 2008. A csapadékviszonyok és a terméseredmények összefüggésének vizsgálata az Országos Műtrágyázási Tartamkísérleti helyeken. Talajvédelem. Különszám: Talajtani Vándorgyűlés (Magyar Talajtani Társaság, MTA TAB és Nyíregyházi Főiskola szervezésében) Nyíregyháza, 2008. május 28-29. p. 63-72.
- FARKAS CSILLA – HERNÁDI HILDA – MAKÓ ANDRÁS – MÁTÉ FERENC, 2009. Mészlepedékes csernozjom talajaink egyes talajváltozatainak klímaérzékenysége. "Klíma-21" Füzetek. 57. p. 15-30.
- HAUSNER CSABA – SISÁK, ISTVÁN, 2009. Predicting risk of rill initiation in a sub-catchment of Lake Balaton, Hungary. European Geosciences Union, General Assembly 2009, Vienna, Austria, 19 – 24 April 2009
- HERNÁDI HILDA - MAKÓ ANDRÁS - DEBRECZENI BÉLÁNÉ - MÁTÉ FERENC, 2007. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek talajainak klímaérzékenysége. „Agrárgazdaság a vidékért, a környezetért, az életminőségért” XLIX. Georgikon Napok. Keszthely 2007. szeptember 20-21.
- HERNÁDI HILDA - FARKAS CSILLA - MAKÓ ANDRÁS - MÁTÉ FERENC, 2008a. Hazai csernozjom talajok vízforgalmának klímaérzékenységi vizsgálata a MARTHA adatbázis és a SWAP szimulációs modell felhasználásával. Talajvédelem. Különszám: Talajtani Vándorgyűlés (Magyar Talajtani Társaság, MTA TAB és Nyíregyházi Főiskola szervezésében) Nyíregyháza, 2008. május 28-29. p. 95-104.
- HERNÁDI HILDA – FARKAS CSILLA – MAKÓ ANDRÁS – MÁTÉ FERENC, 2008b. Investigation of the climate sensitivity of Hungarian Chernozem soils' water regime using the MARTHA database and the SWAP simulation model. 16th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day. Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. 13th November 2008. Institute of Hydrology SAS, Bratislava, Slovak Republic. p. 182-188.
- HERNÁDI HILDA – FARKAS CSILLA – MAKÓ ANDRÁS – HAGYÓ ANDREA - MÁTÉ FERENC, 2009. Climate sensitivity of soil water regime of different Hungarian Chernozem soil subtypes. Biologia. 64. p. 496-501.

- Horváth-Kamarás, 1980. Mezőgazdasági eredetű tápanyagterhelés talajvédelmi eljárásokkal történő csökkentése lehetőségének vizsgálata a Balaton vízgyűjtőjén. VIZITERV. Budapest (kézirat)
- Kakas J., 1960., Magyarország éghajlati atlasza. II. Adattár. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MAKÓ, ANDRÁS - MÁTÉ, FERENC - SISÁK, ISTVÁN - HERNÁDI, HILDA, 2008. Climate sensitivity of the main Hungarian soil types. Cereal Research Communication. 36. p. 407-410.
- MAKÓ ANDRÁS - MÁTÉ FERENC - SZÁSZ GÁBOR - TÓTH GERGELY - SISÁK ISTVÁN - HERNÁDI HILDA, 2009. A talajok klímaérzékenységének vizsgálata a kukorica termésreakciói alapján. "Klíma-21" Füzetek. 56. p. 18-35.
- MAKÓ ANDRÁS - HERNÁDI HILDA - SISÁK ISTVÁN, 2009b. A hazai talajok klímaérzékenysége. Agro napló. XIII. 4. p. 42.
- MÁTÉ FERENC – MAKÓ ANDRÁS – SISÁK ISTVÁN – SZÁSZ GÁBOR, 2008. Talajaink klímaérzékenysége – talajföldrajzi vonatkozások. Talajvédelem. Különszám: Talajtani Vándorgyűlés (Magyar Talajtani Társaság, MTA TAB és Nyíregyházi Főiskola szervezésében) Nyíregyháza, 2008. május 28-29. p. 141-146.
- MÁTÉ FERENC – MAKÓ ANDRÁS – SISÁK ISTVÁN – SZÁSZ GÁBOR, 2009. A magyarországi talajzónák és a klímaváltozás. „KLÍMA-21” Füzetek 56. p. 36-42.
- PÖCZE, TAMÁS – SISÁK, ISTVÁN, 2009. Spatial and temporal distribution of highly erosive rainfalls in the watershed of Lake Balaton, Hungary. European Geosciences Union, General Assembly 2009, Vienna, Austria, 19 – 24 April 2009
- SISÁK ISTVÁN - MÁTÉ FERENC - BÁMER BALÁZS - SZÁSZ GÁBOR, 2007. A csapadék eróziós potenciáljának becslése a Balaton vízgyűjtőjén és lehetséges változása a globális felmelegedés következtében. XLIX. Georgikon Napok. Keszthely, 2007. 2007. szeptember 20–21. CD kiadvány. ISBN-978-963-9639-22-5
- SISÁK ISTVÁN – MÁTÉ FERENC – MAKÓ ANDRÁS – SZÁSZ GÁBOR – HAUSNER CSABA, 2009. A talajok klímaérzékenysége. „KLÍMA-21” Füzetek 57. p. 31-42.
- Steward, B. A., et al., 1975. Control of pollution from cropland, U.S. EPA Report No. 600/2-75-026 or U.S.D.A. Rep. no. ARS-H-5-1, Washington, DC.
- Varga-Haszonits Z., 2003. Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásainak elemzése, éghajlati szcenáriók. Agro-21. 31. p. 9-28.