

KLÍMAVÁLTOZÁSOK LEHETSÉGES TALAJTANI HATÁSAI A KISALFÖLDÖN

VÁRALLYAY GYÖRGY

ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországra vonatkozóan a globális klímaváltozások hatásai nehezen prognosztizálhatóak, hisz a Kárpát-medence három fő éghajlati zóna (atlanti, mediterrán, kontinentális) találkozási területe, ahol ezek hatásai gyakran keverednek, módosulnak, térben és időben igen változatos időjárási helyzeteket eredményeznek. Ismeretes azonban gazdaságunk és életünk, mezőgazdasági termelésünk lehetőségei és korlátai, valamint környezetünk állapota nagymértékben ennek a függvénye, a várható változásokra nekünk is időben kell felkészülnünk, megfelelő beavatkozási–alkalmazkodási alternatívákkal. A hazai törekvéseket segítheti a nemzetközi együttműködés.

Összehangolt hazai mezőgazdasági vízgazdálkodási kutatásainknak a globális klímaváltozások közvetlen (hazánkban bekövetkező) és közvetett (más térségekben bekövetkező klímaváltozások gazdasági következményei) hatásainak elemzésére és kezelésére egyaránt megfelelő módszereket, válaszokat kell kidolgoznia országos és térségi szinten egyaránt, mert ez az időben történő alkalmazkodás alapvető feltétele.

A PROGNOSTIZÁLT KLÍMAVÁLTOZÁSOK LEHETSÉGES TALAJTANI KÖVETKEZMÉNYEI

Az ember sokoldalú tevékenysége jelentős változásokat eredményezett a Föld természeti viszonyaiban. A bioszférát érintő változások különösen az utóbbi évszázadban, s ezen belül is az utóbbi évtizedekben gyorsultak fel, okoznak egyre fenyegetőbb veszélyeket (Csete, 2003, 2004; Lal et al., 1995a,b; Watson et al., 1995).

A levegő CO_2 -koncentrációja az iparosítás óta eltelt 100–120 év alatt 25–30%-kal nőtt (250–270 ppm $\rightarrow$ 320–350 ppm) és évi növekedési üteme jelenleg 0,5% körüli. A főleg fosszilis tüzelőanyagok felhasználásából és az erdőirtásokból adódó fokozott emissziót (6,5–7,5 Gt szén évente) az óceánok és a terasztris ökoszisztémák CO_2 -fogyasztása (3,5–4,0 Gt/év) nem tudja ellensúlyozni, a fennmaradó különbözet +3,0–3,5

Gt/év. De ugyanígy növekszik a többi, ún. „üvegházhatású gáz” koncentrációja is légkörünkben. A kibocsátás korlátozására irányuló nemzetközi egyezményeket nehéz elfogadtatni, még kevésbé betartatni. A legutóbbi években meginduló CO_2 -kibocsátás kvóta kereskedelem is csak eseti és helyi kezdést jelenthet (Faragó – Kerényi, 2004).

A levegő összetételének megváltozása miatt a szakemberek egy része a következő 50–100 évben mintegy 2–5 °C-os (0,1–0,8 °C/10 év mértékű) átlagos globális felmelegedést prognosztizál. Az előrejelzésekhez használt globális cirkulációs modellek ugyanakkor azt is jelzik, hogy ez a hőmérséklet-változás nagy tér- és időbeni változottságot mutat. Egyesek – bizonyos területeken – egyenesen hűlést, sőt „eljegesedést” jósolnak. Egyetértés talán csak abban van, hogy a szélsőséges időjárási helyzetek valószínűsége nő, azok mértéke, tartama, gyakorisága, hatása fokozódik (Watson et al., 1995; Lal et al., 2005a,b).

Még bizonytalanabb természetesen a *csapadékvizonyok* előrejelzése. A feltételezett felmelegedés első időszakában az átlagos globális csapadék mennyisége várhatóan csökken, s egyidejűleg fokozódik tér- és időbeni variabilitása. A kevesebb csapadék és a nagyobb (potenciális) evapotranszpiráció miatt nő a globális ariditás: egyre nagyobb területeken és egyre gyakrabban kell aszály bekövetkezésével számolni. Később a világtengerekből történő fokozott párolgás miatt jelentősen módosul az egész Föld cirkulációs rendszere, s ez ismételten és jelentősen átrendezi a szárazföldekre hulló csapadék mennyiségét és eloszlását. De a páratartalom és felhőzet módosításán keresztül mindez visszahat a hőmérséklet-viszonyokra is. A többszörösen áttételes hatások prognosztizálása ma még nem megoldott, s az ezt célzó modellek igen nagy bizonytalansággal terheltek.

Ha már az éghajlati elemek (hőmérséklet, csapadék, s azok tér- és időbeni megoszlása) előrejelzése is ilyen bizonytalan, akkor érthető, hogy a *talajtani-földhasználati-víz-gazdálkodási prognózis* reálisan nem vállalkozhat többre, mint néhány lehetséges, feltételezhető éghajlati helyzet következményeinek a felvázolására.

Az 1. ábrán az éghajlat fontosabb elemeinek (levegő összetétele, hőmérsékleti és időbeni ingadozása; csapadék formája, mennyisége, intenzitása, tér- és időbeni megoszlása) közvetlen és közvetett hatásait foglaltuk össze a talajképződési folyamatokra. Ezek közül legfontosabbak a következők (Varga-Haszonits, 2003; Varga-Haszonits et al., 2000; Várallyay, 1990a,b,c, 1992a, 1998, 2002):

1. A hőmérséklet-változások hatására a nagy természetes vegetációs övezetek határa a sarkvidékek felé tolódik. Például az észak-amerikai kontinensen a tűlevelű erdők zónájának 25–200 km/100 év „sebességű” északra tolódását prognosztizálják. Mivel a természetes vegetációnak nem minden eleme képes ilyen gyors változásokat követni, vár-

ható fajösszetételének, diverzitásának, populáció-dinamikájának, produkciójának, sőt esetleg típusának megváltozása is. Az ökoszisztéma változásai pedig természetesen a talajok anyagforgalmának megváltozásában is kifejezésre jutnak.

2. A felmelegedés hatására elolvad a sarkvidékek jégsapkáinak egy része (részben helyben, részben a leúszó jéghegyek olvadásán keresztül); megváltozik a talajfagy határa, s „kienged” az állandó talajfagy által helyhez kötött talajnedvesség egy hányada; végül feljebb tolódik a hegyvidékek örök hóhatára, a gleccserek egy része elolvad, megváltoztatva a hóolvadékból származó lefolyás-viszonyokat, az ebből táplálkozó folyókon levonuló árhullámok jellegét, nagyságát, tartósságát, időpontját.

3. Fenti okok, valamint a *világtengerek* felmelegedését követő térfogat-növekedés miatt azok *átlagos vízszintjének* 0,2–1,4 m *emelkedésével* lehet számolni. Ez néhány országban (például néhány szigetországban, lapos deltavidéken, vagy Hollandiában) igen komoly megelőző intézkedéseket követel; széles, kis esésű, lapos tengerpartok közvetlen víz alá kerülését jelenti; végül nagy kiterjedésű területeken eredményezi *sós és szikes talajok kialakulását* az időszakos tengervízborítás, valamint a tengervízzel kapcsolatban álló sós talajvíz szintjének megemelkedése hatására. A sófelhalmozódási és szikesedési folyamatoknak egyébként a növekvő ariditás is kedvez, tehát azok terjedésére és erősödésére a szárazföldi területeken is számítani lehet.

4. Az éghajlati elemek és a növényzet megváltozása természetesen jelentős mértékben befolyásolja a *területi vízmérleget és a talaj vízháztartását*, amelynek elemeit a 2. ábrán, várható változásainak tendenciáit pedig az 1. táblázatban foglaltuk össze – leegyszerűsítve 4 alapvető klíma scenárióra vonatkozóan (Várallyay, 1988).

A növekvő hőmérséklet például:

a) növeli a fizikai párolgást; valamint a transzspirációt (ha a növényállomány kiala-

kulását és párologtató képességét nem akadályozza csapadékhiány, vagy talajtani okok miatti szárazság);

b) fentiek miatt mérsékli a felszíni lefolyást, a beszivárgást és a talajban hasznosan tározott víz mennyiségét, növeli az adott termőhely aszályérzékenységét;

c) csökkenti a fagyhatást, s annak kedvező (rögaprózás) és kedvezőtlen (beszivárgás és növényi vízfelvétel akadályozása) következményeit (Várallyay, 1992a, 2003).

A csökkenő mennyiségű csapadékból

a) kevesebb folyik el a felszínen, de a talajba is kevesebb szivárog és kisebb mennyiség áll a növények rendelkezésére;

b) nő a termőhely aszályérzékenysége;

c) kisebb a víz okozta, de nagyobb a szél okozta erózió veszélye.

5. Az éghajlat, a növényzet és a területi vízmérleg változásaival együtt jár a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalom, a *talajképződési és talajpusztulási folyamatok* megváltozása. Az ezek eredményeképpen a talajtulajdonságokban bekövetkező változások tulajdonképpen két tényezőtől függenek: a hatás(ok) mértékétől, valamint az adott talajtulajdonság stabilitásától, változékonyságától, ami igen széles határok között mozog. Egyes *talajtulajdonságok* változása évezredekkel vesz igénybe (pl. a szervesanyag-tartalom, agyagásvány-összetétel, adszorpciós viszonyok); ismét mások évek során változnak (pl. a kémhatásvizonyok, mészállapot, szikesedési viszonyok); vagy éppen jellegzetes szezonidőszakokat mutatnak, esetleg egyes emberi beavatkozások hatására gyorsan módosulnak (szerkezeti állapot, tömördésség, nedvességtartalom, tápanyagtartalom). A globális előrejelzés a változékonny talajtulajdonságokra vonatkozóan értelmetlen és szükségtelen. Még a változások tendenciáinak prognosztizálása is meg lehetőséget bizonyítan a valószínűsítés csupán (Lal et al., 1995a,b; Várallyay, 1990a,b,c; Várallyay, 1992a, 1998).

6. Ilyen valószínűsítést kíséreltünk meg összefoglalni arra vonatkozóan, hogy a feltételezhető négy alapvető éghajlati szcenárió bekövetkezése várhatóan milyen változásokat eredményez a legfontosabb *talajdegradációs folyamatokban*: 3. ábra (Várallyay, 2003).

7. A termőhelyi viszonyokban bekövetkező változásokra az ember kétféleképpen reagálhat: vagy megváltoztatja (megelőzi, módosítja) azokat, vagy racionális talajhasználatával alkalmazkodik azokhoz. A megváltoztatás egyrészt csak bizonyos határok között lehetséges, többnyire költséges, másrészt gyakran káros környezeti mellékhatásokkal jár. Globális változások esetében ezért ennek az alternatívának korlátozottak a reális esélyei. Az alkalmazkodás ugyanakkor felkészülést igényel, szocio-ökonómiai következményekkel, társadalmi mozgásokkal jár. Megváltoznak a mezőgazdasági termelés lehetőségei és korlátai, s ennek természetesen jelentős társadalmi következményei vannak. Mindezek azután visszahatnak az egész körfolyamatra, legalábbis annak jelentős részére, s egy adott helyen, adott körülmények között bekövetkező változások így jönnek létre (Csete, 2003, 2004; Csete – Várallyay, 2004; Varga-Haszonits, 2003; Varga-Haszonits et al., 2000).

TALAJKÉPZŐDÉSI TÉNYEZŐK, FOLYAMATOK ÉS TALAJOK A KISALFÖLDÖN

A Kisalföld mintegy 5400 km²-es területe Magyarország természetföldrajzi tájbeosztása szerint 3 középtájat, benne 12 kistájat foglal magában, az alábbi százalékos megoszlásban (Marosi – Somogyi, 1990; Stefanovits, 1963, 1992):

1. Győri-medence (47%): Szigetköz (7%), Mosoni-sík (8%), Fertő-medence (2,8%), Hanság (8,4%); Rábaköz (20,8%); Kapuvári-sík (10,4%), Csornai-sík (10,4%).
2. Marcal-medence (28,3%): Marcal-

völgy (3,7%), Kemenesalja (3,7%), Pápa–Devecseri-sík (20,9%).

3. Komárom–Esztergomi-síkság (24,7%): Győr–Tatai-teraszvidék (10,4%), Igmánd–Kisbéri-medence (12,4%), Almás–Táti–Duna-völgy (1,9%).

A terület éghajlata környezeténél szárazabb, szélsőségesebb, jellegzetesen kontinentális: a nyári–téli hőmérséklet-ingadozás nagy; a csapadék évi átlagos mennyisége 550–600 mm, amelyből a nyári félfévre 300–350 mm, a tenyészidőszakra 250–300 mm esik. Jellegzetes a csapadék nagyon szeszélyes tér- és időbeni megoszlása, gyakori a „klimatikus aszály”. A terület nagy részének vízmérlege negatív: a párolgási veszteséget a medenceperemek felőli oldalirányú beszívargás tartja egyensúlyban, ami a talaj anyagforgalmában a felhalmozódási folyamatoknak (karbonátok, szerves anyag) kedvez.

A Kisalföld felszíni *geológiai felépítését* tekintve nagy kiterjedésű árterekre, teraszokra, hordalékkúp-síkságokra és vékonyabb-vastagabb lösszel fedett halomvidékekre osztható. Ennek a felépítésnek egyaránt oka és következménye a terület sajátos *vízrajza és hidrológiai viszonyai*, amely jelentős hatással volt a talajképződési folyamatokra.

A Kisalföldön több talajképződési sor és azok szinte minden lépcsője megfigyelhető (Várallyay, 1992b):

(A) *Idő-sor (kronoszekvensz)* a rendszeresen ismétlődő áradások, víz- és iszapborítások megszűnése, illetve a zavartalan talajképződés megindulása óta eltelt idő függvényében:

nyers öntés → öntés-
talaj → humuszos
öntéstalaj →
→ terasz csernozjomok

(B) *Toposzekvenszet követő hidromorf sor* a felszíni és felszín alatti vizek talajképződésre gyakorolt hatásának intenzitása függvényében:

csernozjom → réti csernozjom → csernozjom
réti talaj → réti talaj → lápos réti talaj → láptalaj

(C) *Kilúgzási sor* a talaj kilúgzottságának mértékétől függően:

agyagbemosódásos barna erdőtalaj → barnaföld (Ramann-féle barna erdőtalaj) → csernozjom barna erdőtalaj

Fenti talaj-sorokat színesíti tovább a nagytáj nyugtalan felszínű dombvidéki területein a *talajerózió* hatása, amelynek szintén minden fokozata megfigyelhető (Stefanovits, 1963).

A kronoszekvensz fejlődési sebessége függ a lerakott öntésanyag mechanikai összetételétől, kémhatás-viszonyaitól és karbonáttartalmától, „eredeti” szervesanyag-tartalmától, a megtelepedett növényzet karakterétől, illetve a mezőgazdasági hasznosítás módjától, az alkalmazott agrotechnikától. A humuszos öntéstalajok fejlődésének további irányát a talaj nedvességforgalma, átmedvesedési viszonyai határozzák meg. Ez az adott területen két tényező függvénye:

– a talajvízszint terep alatti mélysége és időbeni ingadozása;

– a talaj felszíne és a talajvízszint közti talajszelvény rétegezettsége és a rétegek vízgazdálkodási tulajdonságai.

A talaj vízháztartásának alakulása a Kisalföld dunai kavicsteraszán

Amennyiben a talajvíz finomszemcsés üledékrétegekben áll, szintje ebben ingadozik és felszín közelben marad (illetve nem süllyed jelentősen), úgy a talajfejlődés további iránya a réti talajképződés felé megy végbe, a térszíni fekvés toposzekvenszének megfelelően. Ez figyelhető meg a Lajta, Rába, Rábca, Répce és Marcal alluviális területein. Ha viszont a talajvíz durvaszemcsés üledékanyagban (kavics, murva) fordul elő, úgy még a viszonylag felszín közeli talajvíz sem hat a fedőréteg talajképződési

folyamataira, hisz akadályozott e fedőréteg talajvízből történő kapilláris vízellátása, folyamatos vagy rendszeres alulról történő átmedvesedése. Ilyen esetekben a humuszos öntéstalajok fejlődése az ún. terasz-csernozjomok kialakulása irányában megy végbe. Jellegzetes példája figyelhető meg ennek a Duna hatalmas kavicsterasznál (4. ábra) (Várallyay, 1992b).

A talajképződési tényezők hatása alatt végbemenő talajképződési folyamatok összehatásának eredményeképpen jött létre a Kisalföld változatos, nagy térbeli variabilitást, horizontális (foltosság) és vertikális (rétegezethez) heterogenitást mutató talajtakarója. Ennek vázlatos térképét mutatjuk be az 5. ábrán. A talajok főbb tulajdonságainak területi megoszlását pedig – a Kisalföld 3 középtájára vonatkozóan – a 2. táblázatban foglaltuk össze (Láng et al., 1983; Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989; Marosi – Somogyi, 1990; Stefanovits, 1963).

A Kisalföld talajviszonyai – leegyszerűsítve – az alábbiak szerint jellemezhetők:

(1) Győri-medence

A Győri-medence a Kisalföld legerőteljesebben süllyedő területe.

A Szigetköz a Duna főmedre és a Mosoni-Duna közt terül el. Öntéstalajok borítják, amelyek között az elhumuszosodás mértékében és a mechanikai összetételben, az öntésanyag iszapos vagy homokos jellegében van különbség. A nagyobb területre jellemző erősebben humuszos talajok már a réti öntésekhez tartoznak. Ezek nedvességforgalmára a felszíni vizek csökkenő hatása mellett a felszín közelben ingadozó talajvíznek volt és van jelentős hatása.

A Mosoni-síkság délről csatlakozik a Szigetközhez. Magasabban fekvő részei a Duna régebbi kavicsterasza. Jóllehet a talajvíz itt sem mély, de gyakran kavicsban áll, így nincs (jelentősebb) hatása a vékonyabb-vastagabb finom fedőrétegben végbemenő talajképződési folyamatokra. Ilyen körülmények között alakultak ki a terasz csernozjomok. Ahol a talajvíz finom fedőrétegben

áll, ott réti csernozjomok képződtek. A talajok egyébként általában jó termékenységet a kavicsréteg felszín közeli megjelenése miatti sekély termőréteg korlátozhatja, s teheti a talajt aszályérzékenyvé, sülevényessé.

A Fertő–Hanság-medence az ország legnagyobb lápterülete. Felszínén a nyílt vízterületek mellett a nádasoktól kezdve a tőzeg, tőzeges és kotus láptalajokon át a lápos réti talajokig a teljes talajlánc megtalálható. A Fertő tó partján még a szikesedés is megfigyelhető. A terület nagy részét lecsapolták, telkesítették. A kiszáradt felszínt – mely jórészt könnyű, sok szerves anyagot tartalmazó kotuból áll – könnyen pusztítja a szél.

A Rábaköz a Rába és a Répce öntésterületét foglalja magában. Felépítése nem egységes, taljai igen változatosak, részben savanyúak. Délen a folyók öntései fokozatosan mennek át mind humuszosabb réti öntésekbe. Észak felé egyre több a réti talaj, egyre erősebb a humuszosodás, egyre kötöttebbek a talajok.

(2) Marcal-medence

A Marcal-medence nagy részét a Rába és a Marcal negyedkori kavicstakarója, a mélyebb fekvésű területeken fiatalkori alluviuma és jelenkori öntésanyaga borítja. A gyengébb lefolyás-viszonyokkal rendelkező pangóvízes részekben – többnyire ásványi anyaggal keveredett – vékony szervesanyag-rétegű lápos réti talajok találhatók. A Pápa–Devecseri-sík nagy része réti talajokkal borított, míg a Kemenesalján jelentős területen fordulnak elő barna erdőtalajok, amelyek B-szintjét az abba mosódó agyag és másfészeres-oxidok a kavicssal tömörre cementálják („vaskőfok”), ami felszín közeli megjelenés esetén a talaj sekély termőrétegűségét okozza. A lefolyástalan, mélyebb völgyekben és pangóvízes medencékben kisebb foltokban szikes talajok is előfordulnak. Sajátos tájképi jeleget adnak a Marcal-medencének a bazalt tanúhegyek (Somló, Ság, Kis-Somló).

(3) Komárom–Esztergomi-síkság

A tájat részben a Duna, részben a Dunára

merőlegesen, D–É irányban lefutó kis folyók és patakok hordaléka építette fel, amelyekre helyenként lösz települt, helyenként pedig szélhordta homok borította. A Győr–Tatai-teraszvidék talajtanilag igen változatos. A Duna medrét nyers öntések keskeny sávja kíséri, amelyeket az idősebb Duna-teraszokon hamar réti öntéstalajok váltanak fel. A Középhegység mészkő- és dolomitterületeiről érkező felszín alatti vizek a táj medencéiben gyakran „megpanganak” (horizontális áramlásuk nagyon lelassul), s a kiszáradó felszín okozta kapilláris vízmozgás jelentős mennyiségű karbonátokat szállít a felsőbb talajrétegekbe. A gyökérzóna alján ezek betöményednek, szállított karbonátanyaguk egy része oldhatatlan formában kiválik, s a mészkakkumulációs szintek legkülönbözőbb fokozatait hozza létre, az „atkás” rétegektől kezdve a tömör mészkőpadokig, amelyek felszín közeli megjelenése az egyébként is aszályérzékeny talajt sekély termőrétegvé, sülevényessé teszi. A homokos felszínnek víz- és szélerozióval szemben egyaránt érzékenyek, s a nem megfelelő talajhasználat komoly talajpusztuláshoz vezethet, annak minden káros következményével együtt.

KLÍMAVÁLTOZÁSOK LEHETSÉGES HATÁSAI A KISALFÖLDÖN

Ha munkánk első részében kifejtett „bizonytalanság-mátrixot” ráültetjük a térség változatos természetföldrajzi viszonyaira és gyakran mozaikosan tarka talajtakarójára, úgy csak egyetlen bizonyos következtetést lehet levonni, a klímaváltozások lehetséges talajtanit-alajhasználati változásainak elemzése a Kisalföldre vonatkozóan *teljességgel bizonytalan*. Miért? Mert nincs szinte egyetlen – megbízhatóan szilárd – kiindulópont sem (Csete, 2003, 2004; Csete – Várallyay, 2004; Várallyay, 1990a,b,c, 2003). Bizonytalan:

– hogy lesz-e (van-e?) egyáltalán klímaváltozás; milyen irányú, mértékű, tartalmú?

– hogy fog ez érvényesülni a Föld különböző területein, s különösen a Kárpát-medencében, ahol a nagy uralkodó frontok cirkulációját a Kárpátok koszorúja és az Alpok elő-nyúlványai ugyancsak átrendezik (lásd jelenünk időjárását, naponta változó fronthatásait, az atlanti, mediterrán és kontinentális elemek – nem ritkán szó szerint vibráló – gyors egymásutánját)?

– hogyan fognak megmutatkozni e – gyakran váratlan és nehezen előrejelezhető – változások a Kárpát-medence, benne Magyarország, benne pedig a természetföldrajzilag nagyon különböző körzetek éghajlatában, időjárásában?

– melyek lesznek az egyes területeken a változás fő elemei? Egyértelműen növekvő (vagy éppen csökkenő) hőmérséklet; több vagy kevesebb légköri csapadék (mennyiség, intenzitás, forma stb.); növekvő vagy csökkenő ariditás? Vagy éppen ezek „hagyományos” trendjeinek – látszólag rendezetlen – teljes felborulása, a nehezen előrejelezhető szélsőségek fokozódásának, gyakoriságának növekedése?

– miképp érvényesülnek a klíma-(változás)-hatások felszíni folyóhálózatunk vízhozamának alakulásában, árhullámainak, ill. kritikus „kisvízi” időszakainak gyakoriságában, mértékében, tartamában?

– mennyire tudja követni az éghajlati változásokat a természetes vegetáció (ha egyáltalán van még ilyen), illetve a földhasználat?

Csupa-csupa kérdőjel, amelyekre ma még sajnos nincs (és lehet, hogy nem is lesz egyhamar) egyértelmű válasz. Hogy is lehetne ilyen bizonytalanságok mellett megalapozott választ adni az „éghajlatváltozás” talajtani hatásaira a Kisalföldre vonatkozóan, ahol – mint láttuk

– a talajképződési tényezők hatása nagyon különbözőképpen érvényesül(t);

– a talajképződésre ma is jelentős hatása van (volt és lesz) a felszíni vizek hálózatának (Duna, Rába, Lajta, Rábca, Marcal és a

kisebb vízfolyások), különösen akkor, ha abba az ember is „belenyúl”;

– ugyancsak jelentős hatása van a felszín alatti vizeknek, valamint a nyílt vízfelületeknek (Fertő, számos kisebb tó és időszakos víztározó);

– érvényesülnek a határainkon túli (Ausztria, Szlovákia) vízgyűjtő területre gyakorolt „klíma-hatás” következményei: csapadékviszonyok, hóolvadás mértéke és gyorsasága, a terület földhasználata, közvetlen vagy közvetett vízháztartási beavatkozásai.

Hogy a kérdésre adandó választ mégse kerüljük ki teljesen, vigyünk végig egy logikai gondolatmenetet egy meleg(edő) és száraz(odó) klímaváltozás szcenárióra.

Növekvő hőmérséklet, csökkenő mennyiségű és – változatlanul is fokozottan – tér- és időbeni eloszlású csapadék, növekvő ariditás.

Folyók vízhozama csökken (bár ezt a vízgyűjtőterület gleccsereinek olvadása – kezdetben –

mérsékli); kisebb tavak egy része eltűnik; Fertő is visszaszorul, sőt esetleg kiszárad, s szikes/sós pusztát hagy maga mögött.

Süllyed a talajvízszint (kérdés hol, milyen talajszelvény-rétegezethez esetén mikor, mennyire).

Fokozódik az aszályérzékenység (kevesebb és változatlanul szeszélyes eloszlású csapadék, süllyedő szintű talajvízből kisebb kapillaris vízutánpótlás a gyökérzónába, öntözés tovább szűkülő lehetőségei).

Talajképződési folyamatok eltolódása a toposztekvensz (víz-hatás)

réti talaj → réti csernozjom → csernozjom, illetve láptalaj → réti talaj irányába („sztyepesedés”).

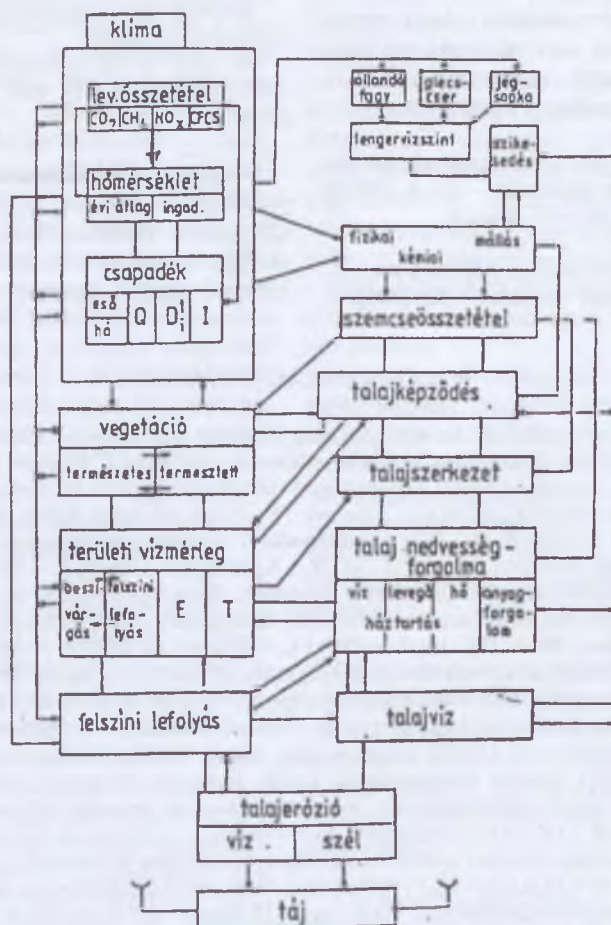
Hogy az ember, illetve a társadalom szempontjából mindez jó-e vagy nem, azt további szempontok részletes elemzése döntheti csak el. Természetesen csak akkor, ha lesz egy – klímaváltozásra vonatkozó – fix pont.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) CSETE L. (szerk.) (2003): Az agrárgazdaság jövőképe. „AGRO-21” Füzetek 31., 109 p. (2) CSETE L. (szerk.) (2004): Klímaváltozás-hatások-válaszok. „AGRO-21” Füzetek 35., 85 p. (3) CSETE L. – VÁRALLYAY Gy. (szerk.) (2004): Agroökológia (agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei) „AGRO-21” Füzetek 37., 217 p. (4) FARAGÓ T. – KERÉNYI A. (2004): Globális környezeti problémák és a Riói megállapodások végrehajtásának helyzete. KVM és Debreceni Egyetem kiadása, Budapest, 166 p. (5) LAL, R. – KIMBLE, J. – LEVINE, E. – STEWARD, B. A. (eds.) (1995a): Soils and Global Change. CRC Lewis Publishers. Boca Raton, 440 p. (6) LAL, R. – KIMBLE, J. – LEVINE, E. – STEWARD, B. A. (eds.) (1995b): Soil management and greenhouse effect. CRC Lewis Publishers. Boca Raton, 385 p. (7) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 265 p. (8) Magyarország Nemzeti Atlasza 1989. Akadémiai Kiadó, Budapest, 395 p. (9) MAROSI S. – SOMOGYI S. (szerk.) (1990): Magyarország kistájainak katasztere. I–II. kötet. MTA Földrajztud. Intézet kiadása, Budapest, 1023 p. (10) STEFANOVITS P. (1963): Magyarország taljai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (11) STEFANOVITS P. (1992) Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 380 p. (12) VARGA-HASZONITS Z. (2003) Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati szcenáriók. „AGRO-21” Füzetek 31., 9–28. pp. (13) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. – LANTOS Zs. – VAMOS O. – SCHMIDT R. (2000): Magyarország éghajlati erőforrásainak agroklímológiai jellemzése. Lorisprint, Mosonmagyaróvár, 223 p. (14) VÁRALLYAY Gy. (1988): Talaj, mint a biomasz-termelés aszályérzékenységének tényezője. Vízügyi Közlemények, LXX. évf. (3) 46–68. pp. (15) VÁRALLYAY, Gy. (1990a): Influence of climatic change on soil moisture regime, texture, structure and erosion. In: Scharpenseel, H. W., Schomaker, M., Ayoub, A. (Eds.): „Soils on a warmer Earth” (Proc. Int. Workshop, Nairobi, 12–14. Febr. 1990). Elsevier, Amsterdam, Chapter 4. 39–49. pp. (16) VÁRALLYAY, Gy. (1990b): Consequences of climate induced changes in soil degradation processes. Trans. 14th Int. Congr. Soil

Sci., Kyoto, Japan, 12–18. August, 1990. Volume V. 265–270. pp. (17) VÁRALLYAY, Gy. (1990c): Potential impacts of global climatic changes on soil moisture regime and soil degradation processes. Proc. UNESCO-MAB Int. seminar „Future research trends in MAB”, Tokyo, Japan. 20–22. August, 1990. 256–267. pp. (18) VÁRALLYAY Gy. (1992a): Globális klímaváltozások hatása a talajra. Magyar Tudomány 9. 1071–1076. pp. (19) VÁRALLYAY Gy. (1992b): A Szigetközi talajtani kutatások eredményei. M. Hidr. Társ. Szigetközi Ankétjának anyaga. Győr, 1992. V. 25–26. Pro Aqua, Győr, 179–187. pp. (20) VÁRALLYAY, G. (1998): Climate change and soil processes. Proc. Int. Conf. on „Agriculture and forestry – adaptability to climate change”. Acad. Sci. and Art, Croatia, Zagreb, 5–16. (21) VÁRALLYAY, Gy. (2002): Climate change and soil processes. Időjárás. 106. (3–4) 113–121. pp. (22) VÁRALLYAY Gy. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. Mezőgazdasági vízgazdálkodás szakirányú továbbképzési szak. Budapest–Gödöllő, 168 p. (23) WATSON, R. T. et al. (Eds.) (1995): Climate change. Cambridge University Press, 879 p.

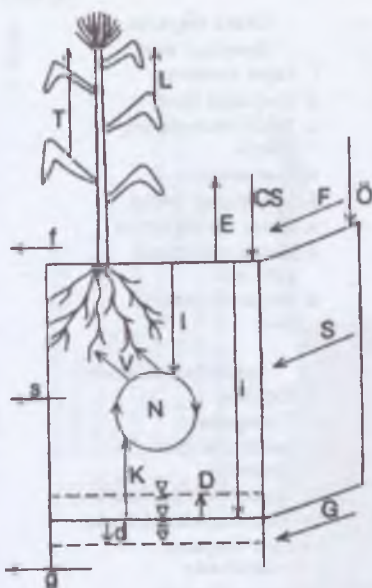
1. ábra



Globális klímaváltozások lehetséges hatása a talajra

Q = csapadék évi átlagos mennyisége; I = a csapadék intenzitása; D¹ = csapadék tér- és időbeni eloszlása; E = fizikai párolgás; T = a növény párologtatása

2. ábra



- $CS+Ö$ = a talaj felszínére jutó csapadék- és öntözővíz
 F = felszíni odafolyás
 S = háromfázisú zónában végbemenő odaszivárgás
 G = horizontális talajvíz odaszivárgás
 L = közvetlen párolgás a növény felületéről (intercepció)
 T = a növény párologtatása (transzspiráció)
 E = közvetlen párolgás a talaj felszínéről (evaporáció)
 f = felszíni elfolyás
 s = a háromfázisú zónában végbemenő elszivárgás
 g = horizontális talajvíz elszivárgása
 l = a talajba beszivárgó víz mennyisége
 K = a talajvízből történő felfelé irányuló kapilláris vízmozgással a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz mennyisége
 i = a talajba beszivárgó víz talajvízbe jutó és azt tápláló hányada
 v = a növény vízfelvétele, közvetve csökkenti
 d = a talajvízszint süllyedése (a K csökkentésén keresztül)

A talaj vízmérlegének elemei

1. táblázat

Feltételezett globális klímaváltozás-helyzet hatása a talaj vízháztartására

Tényező (2. ábra)	Hideg és nedves	Hideg és száraz	Meleg és nedves	Meleg és száraz
	éghajlati változat (szcenárió)			
CS	N	CS	N	CS
F, f	N	CS	N	CS
S, s	—	—	—	—
G, g	n	cs	n	CS
l	N	cs	N	CS
i	n	CS	(n)	CS
N	n	cs	(N)	CS
E	CS	E	E	N
T	CS	E	n	N
D	n	—	(N)	—
d	—	n	—	N

Tényezők jelmagyarázatát: lásd 2. ábra. A tényezőkben bekövetkező változás: N = erős növekedés; n = gyenge növekedés; E = egyensúly; CS = erős csökkenés; cs = gyenge csökkenés

3. ábra

Talajdegradációs folyamatok	Jel	Éghajlati scenáriók				Okozó tényezők	
		Hideg + száraz	Hideg + nedves	Meleg + száraz	Meleg + nedves	Termés- zei okok	Emberi- beavatko- zások
Víz okozta talajerózió	E	4	4	4	4	1,2,3	9,10,11,14
Szél okozta talajerózió	D	3	4	4	4	3	9,10,11,14
Talajsavanyodás	S	3	4	4	4	2,4	12,15
Szikesedés	Sz	3	4	4	4	5,6,8	13
Fizikai degradáció	F	3	2	2	2	-	10,14
Szélsőséges vízháztartás, belvízveszély	V	4	4	4	2	5,6,7	11,13,14
Biológiai degradáció	B	3	2	2	2	-	11,16
Kedvezőtlen tápanyagforgalom	A	3	2	2	2	(2,6)	12
Talajszennyeződés	T	4	4	4	4	-	16

erős közepes gyenge nincs, vagy elhanyagolható

Okozó tényezők

Természeti okok:

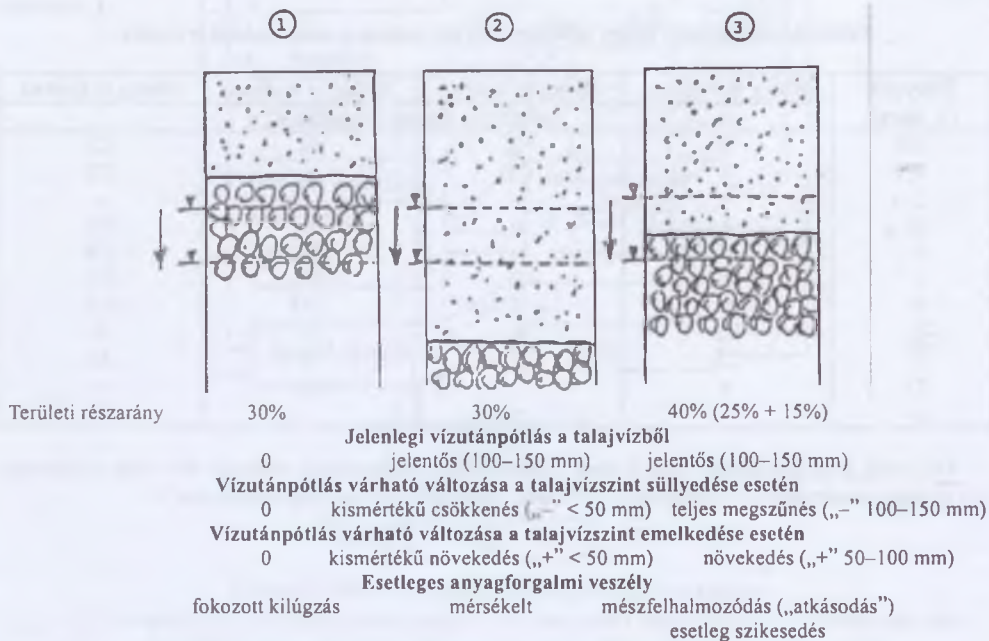
1. Tagolt domborzat
2. Talajképző kőzet
3. Tartós növénytakaró hiánya
4. Avarle bomlás
5. Mélyfekvésű terület
6. Rossz drénviszonyok
7. Magas talajvízszint (nem sós)
8. Magas talajvízszint (sós)

Emberi beavatkozások:

9. Erdőtirtás
10. Túllegettetés
11. Irracionális földhasználat
12. Irracionális trágyázás
13. Nem megfelelő öntözés
14. Nem megfelelő talajművelés
15. Savas ülepedés
16. Kémiai talajszennyezés

Különböző éghajlati scenáriók hatása a talajdegradációs folyamatokra

4. ábra



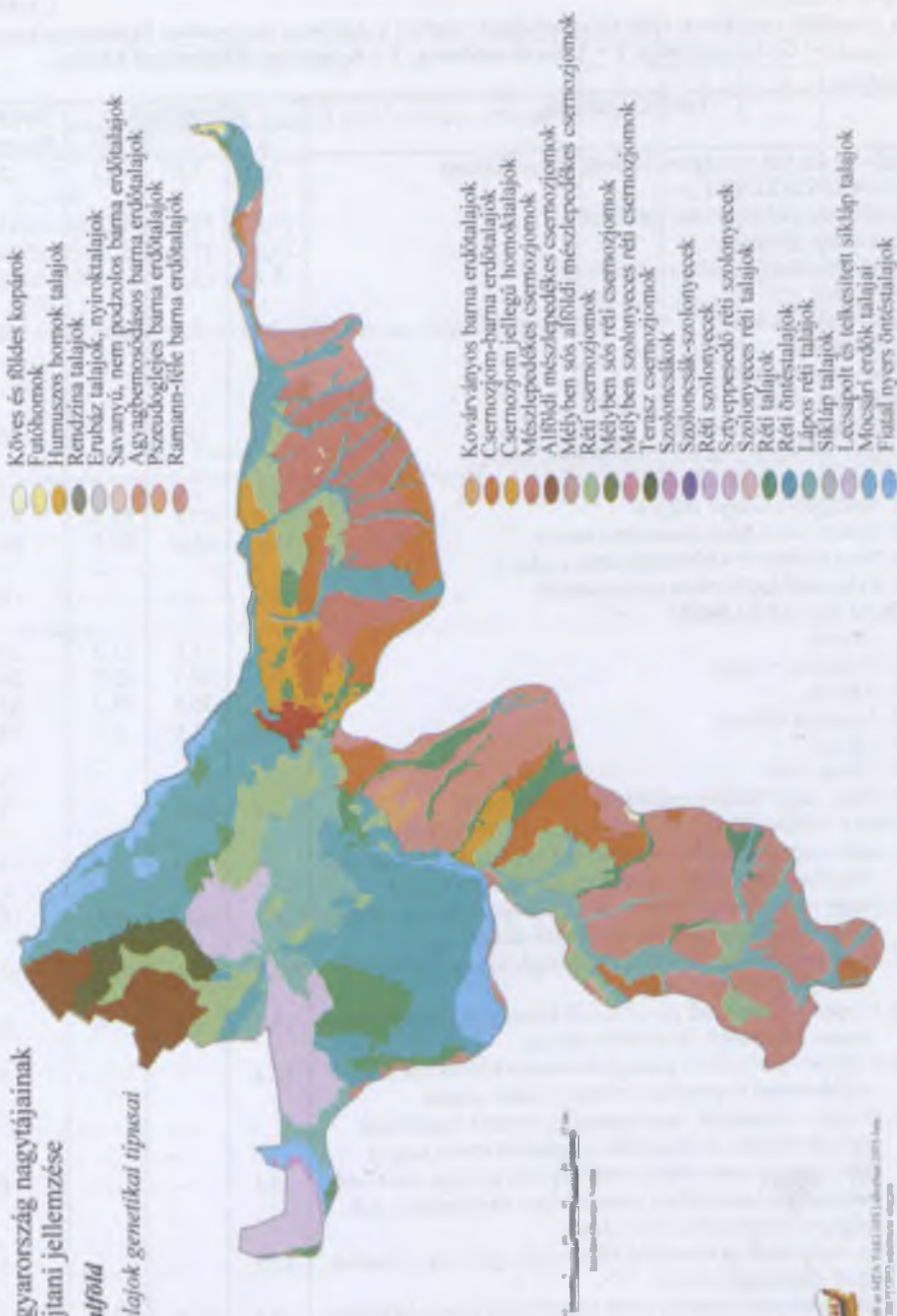
A talaj vízháztartásának alakulása a Kisalföld dunai kavicsterasán

5. ábra

Magyarország nagytájainak
talajtani jellemzése

Kisalföld

A talajok genetikai típusai



Készítette: VÁRALLYAY László (2011) ábrákban: 2011. évi adatok alapján

2. táblázat

A Kisalföld talajainak főbb tulajdonságok szerinti százalékos megoszlása középtájanként
(1 = Győri-medence; 2 = Marcal-medence; 3 = Komárom–Esztergomi síkság)

Talajtulajdonság	Középtájak			Nagytaj összesen
	1	2	3	
Mindösszesen (az ország területének százalékában)	2,7	1,8	1,3	5,8
TALAJKÉPZŐ KÖZET				
1. Glaciális és alluviális üledékek	77,8	59,2	38,6	63,5
2. Lössös üledékek	21,0	17,0	61,4	28,5
3. Harmadkori és idősebb üledékek	0,8	23,0	–	7,6
4. Nyirok	–	–	–	–
5. Mészke, dolomit	0,4	0,1	–	0,2
6. Homokkő	–	–	–	–
7. Agyagpala, fillit	–	–	–	–
8. Gránit, porfirít	–	–	–	–
9. Andezit, riolit, bazalt	–	0,7	–	0,2
A TALAJ KÉMHAATÁSA ÉS MÉSZÁLLAPOTA				
1. Erősen savanyú talajok	5,7	4,9	–	4,2
2. Gyengén savanyú talajok	35,5	67,1	17,5	41,5
3. Szénsavas meszet tartalmazó talajok	58,5	28,0	82,5	54,2
4. Nem felszíntől karbonátos szikes talajok	–	–	–	–
5. Felszíntől karbonátos szikes talajok	0,3	–	–	0,1
FIZIKAI TALAJFÉLESEG				
1. Homok	2,4	17,8	17,7	10,5
2. Homokos vályog	3,2	30,7	42,3	20,3
3. Vályog	49,0	30,2	39,7	41,2
4. Agyagos vályog	30,9	1,0	0,3	14,8
5. Agyag	–	–	–	–
6. Tőzeg, kotu	12,1	–	–	5,7
7. Nem, vagy részben mállott durva vázrészek	2,4	20,3	–	7,5
A TALAJ VIZGAZDÁLKODÁSI TULAJDONSÁGAI				
1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge víztároló képességű, igen gyengén víztartó talajok	–	2,4	1,6	1,1
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes víztároló képességű, gyengén víztartó talajok	4,7	20,7	48,6	19,3
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó víztároló képességű, jó víztartó talajok	42,3	30,1	42,9	38,6
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy víztároló képességű, jó víztartó talajok	15,4	6,2	2,4	9,7
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy víztároló képességű, erősen víztartó talajok	18,4	–	–	8,6
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok	–	–	–	–
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok	0,3	–	–	0,1
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy víztároló képességű talajok	12,1	–	–	5,7
9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok	6,8	40,6	4,5	16,9

2. táblázat folytatása

Talajtulajdonság	Középtájak			Nagytaj összesen
	1	2	3	
SZERVESANYAG-KÉSZLET (t/ha) (a talaj humuszos rétegére vonatkoztatva, cm)				
1. 0–50	–	0,5	0,6	0,3
2. 50–100	7,7	48,4	1,0	19,0
3. 100–200	23,5	20,7	53,0	29,1
4. 200–300	36,0	17,0	21,2	26,8
5. 300–400	9,1	–	23,9	9,4
6. 400–	23,7	13,4	0,3	15,4
A TERMŐRÉTEG VASTAGSÁGA (kő, kavics, talajvíz, cm)				
1. 0–20	–	0,5	–	0,2
2. 20–40	4,5	18,3	–	7,8
3. 40–70	19,1	21,8	4,5	16,8
4. 70–100	11,5	14,9	–	10,1
5. 100–	64,9	44,5	95,5	65,1