

Globális klímaváltozások hatása a talajra

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. Az emberiség léte, jövője, életének minősége függ attól, hogy miképp sikerül a gazdasági fejlődés (termelés) érdekeit és a környezet megóvás feltételeit összehangolni, s a változásokat ennek megfelelően szabályozni. A jelen kor tudományával szembeni nagy kihívás ez, amelyben mindenkinek megvan a maga felelősség-területe. Az eredményes beavatkozások előfeltétele a várható változások előrejelzése, befolyásolási lehetőségeinek felvázolása.

Az alábbiakban a várható (prognosztizált) klímaváltozások talajtani—mezőgazdasági földhasználati következményeinek összefoglalására tesztek kísérletet.

Prognosztizált klímaváltozások. Elsősorban a gyorsan szaporodó emberiség robbanásszerűen fokozódó, sokoldalú tevékenységének hatására jelentős mértékben változott *légkörünk összetétele*. A levegő CO₂-koncentrációja az iparosodás óta eltelt 100—120 év alatt 25—30 %-kal nőtt (250—270 ppm → 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 teresztris ökoszisztémák CO₂-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 (*1. táblázat*).

1. táblázat

Vegyület	Koncentráció (1985)	Évi növekedés mértéke %	Résztétel mértéke az üvegházhatásban %
CO ₂	345 ppm	0,5	50
CO	90 ppb	0,2	1
CH ₄	1,6—1,8 ppm	1	19
N ₂ O	300 ppb	0,25	4
CFCs	0,2—0,3 ppb	3—4	15

A levegő összetételének megváltozását követő ún. „üvegházhatás” eredményeképpen a szakemberek a következő 50—100 évben mintegy 2—5 °C-os (0,1 — 0,8 °C/10 év mértékű) átlagos *globális felmelegedést* prognosztizálnak. Az előrejelzésekhez használt globális cirkulációs modellek arra is rámutatnak, hogy ez a hőmérséklet-változás nagy tér- és időbeni változatosságot mutat. Legnagyobb mértékű felmelegedés a sarkvidékek közelében (Eurázsia és Észak-Amerika északi kontinentális területein) várható, s az a trópusok felé csökken. Viszonylag nagyobb nyári és kisebb téli felmelegedés várható mind az északi, mind a déli féltekén. A hőmérséklet térbeni variabilitása tehát bizonyos mértékig csökken, fokozódik viszont szezondinamikája, időbeni szélsőségei. Erre vonatkozóan az említett modellek azonban már meglehetősen bizonytalan választ adnak, s inkább csak várható tendenciákat jeleznek.

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) evapotranszspiráció miatt nő a globális ariditás: egyre nagyobb területeken és egyre gyakrabban kell aszály-veszéllyel számolni. Később a világtengerekből történő fokozott párolgás miatt jelentősen módosul az egész Föld cirkulációs rendszere, s ez ismételtén és jelentősen átrendezi a szárazföldre 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 prognózis* valójában nem vállalkozhat többre, mint néhány lehetséges, feltételezhető éghajlati helyzet következményeinek a felvázolására.

Az 1. ábrán az éghajlat fontosabb elemeinek (levegő összetétele, hőmérséklet 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:

1. A hőmérsékletváltozások 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, várható 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 jég-sapkáinak 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 hó-olvadékból származó lefolyás-viszonyokat, az ebből táplálkozó folyókon levonuló árhullámok jellegét, nagyságát, tartósságát, időpontját.

3. Fenti három ok, valamint a *világtengerek* felmelegedését követő térfogat-növekedés miatt azok átlagos *vízszintjének* 0,2—1,4 méteres *emelkedésével* lehet számolni. Ez néhány

országban (például Hollandiában) igen komoly megelőző intézkedéseket követel; széles, kis-esésű, lapos tengerpartok közvetlen víz alá kerülését jelenti; végül nagyterjedésű 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 kell.

4. Az éghajlati elemek és a növényzet megváltozása természetesen jelentős mértékben befolyásolja a *területi vízmérleget és a talaj vízháztartását*.

A növekvő hőmérséklet például:

a) növeli a fizikai párolgást; valamint a transzspirációt (ha a növényállomány kialakulását és párolgató 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 aszályérzékenységet;

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

A csökkenő mennyiségű csapadékból

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

b) nő a termőhely aszályérzékenysége;

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

Mivel a várható klímaváltozások különböző éghajlati scenáriókat (leegyszerűsítve száraz-meleg; nedves-meleg; száraz-hideg; nedves-hideg) eredményezhetnek, ezért a talajtani prognózisokat azok lehetséges alaptípusaira egyaránt el kell készíteni. A különböző globális cirkulációs modellek a Föld különböző területeire vonatkozóan nagyon különböző talaj-nedvesség-változásokat prognosztizálnak, pedig a növényzet hatásait gyakorlatilag nem is veszik figyelembe.

5. Az éghajlat, a növényzet és a területi vízmérleg változásaival együtt jár a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok, 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 évezredekig vesz igénybe (például szemcseösszetétel, ásványi összetétel); mások évszázadok vagy évtizedek alatt (például szervesanyag-tartalom, agyagásvány-összetétel, adszorpciós viszonyok); ismét mások évek során változnak (például kémhatásviszonyok, mészállapot, szikesedési viszonyok); vagy éppen jellegzetes szezonidinamikát mutatnak, esetleg egyes emberi beavatkozások hatására gyorsan módosulnak (szerkezeti állapot, tömördőtségi, nedvességtartalom, tápanyagtartalom). A globális előrejelzés a változékonnyal talajtulajdonságokra vonatkozóan értelmetlen és szükségtelen. Még a változások tendenciáinak prognosztizálása is meglehetősen bizonytalan valószínűsítés csupán.

6. Ilyen valószínűsítést kíséreltünk meg a 2. ábrán összefoglalni arra vonatkozóan, hogy a feltételezhető 4 alapvető éghajlati scenárió bekövetkezése várhatóan milyen változásokat eredményez a legfontosabb *talajdegradációs folyamatokban*.

2. ábra

Különböző éghajlati scénáriók hatása a talajdegradációs folyamatokra

Talajdegradációs folyamatok	Jel	Éghajlati scénáriók				Okozó tényezők	
		Hideg + száraz	Hideg + nedves	Meleg + száraz	Meleg + nedves	Természei okok	Emberi-beavatkozások
Víz okozta talajerózió	E	4	1	4	1	1,2,3	9,10,11,14
Szél okozta talajerózió	D	3	4	2	4	3	9,10,11,14
Talajsavanyodás	S	3	1	4	1	2,4	12,15
Szikesedés	Sz	3	4	1	4	5,6,8	13
Fizikai degradáció	F	3	2	2	1	-	10,14
Szélsőséges vízháztartás, belvizvesztés	V	4	1	4	2	5,6,7	11,13,14
Biológiai degradáció	B	3	2	2	1	-	11,16
Kedvezőtlen tápanyagforgalom	A	3	2	2	1	(2,6)	12
Talajszennyeződés (toxicitás)	T	4	3	3	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. Túl-legeltetés
11. Irracionális föld-használat
12. Irracionális trágyázás
13. Nem megfelelő öntözés
14. Nem megfelelő talajművelés
15. Savas ülepedés
16. Kémiai talajszennyezés

7. A termőhelyi viszonyokban bekövetkező változásokra az ember kétféleképpen reagálhat: vagy megváltoztatja (megelőzi, módosítja) azokat, vagy racionális talajhasználattal 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 ez természetesen jelentős társadalmi következményekkel jár. Mindezek azután visszahatnak az egész körfolyamatra, legalábbis annak jelentős részére, s így jönnek létre a tényleges változások.

Magyarország kezdettől fogva eredményesen vesz részt a globális éghajlati változások talajtani következményeinek elemzését célzó nemzetközi programokban, így a Nemzetközi Talajtani Társaság (ISSS), a Nemzetközi Alkalmazott Rendszerelemzési Intézet (IIASA),

valamint a Nemzetközi Geoszféra Bioszféra Program (IGBP) ezirányú tevékenységében. Az eddigi eredmények két monográfiában kerültek összefoglalásra:

- Soils on Warmer Earth. ELSEVIER, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1990.
- Global Soil Change. IIASA-ISSS-UNEP, Budapest, 1990.*

Magyarországra vonatkozóan a globális klímaváltozások hatásai még nehezebben 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. Mivel 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 (például „AGRO-21 program” stb.) eredményesen segítheti a nemzetközi együttműködés. Néhány nyugati ország (például Nagy-Britannia) azért kezdeményez ilyet, hogy az ott várható globális klímaváltozások jövő-modelljét Magyarország jelenlegi természeti viszonyain tanulmányozza.

Összehangolt hazai agrár- és környezetvédelmi 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.

* Szabolcs István és Várallyay György mindkét monográfiának szerzője.