

Az európai talajmegfigyelésre vonatkozó törvényjavaslat talajegészség-értékelési rendszere és ennek egyes hazai vonatkozásai

Bakacsi Zsófia^{1*}, Takács Tünde²

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály,
Budapest, Magyarország

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, Talajbiológiai Osztály, Budapest, Magyarország

*Levelező szerző, e-mail: bakacsi.zsolia@atk.hun-ren.hu

Beérkezett: 2025. április 30.; elfogadva: 2025. június 17.

Összefoglalás

Az „Egy Egészség” holisztikus szemléletű, rendszerszintű megközelítés, amely az ember és a környezeti elemek kapcsolatát egységként vizsgálja, nem csupán az egyes részeket külön-külön. Rávilágít arra, hogy a talaj központi szerepet tölt be az emberi, állati és környezeti egészség megőrzésében: nemcsak az élelmiszer-termelés alapja, hanem az ökoszisztéma működésének és a klímaváltozás mérséklésének is meghatározó tényezője. Az Európai Parlament és a Tanács javaslatot nyújtott be egy egységes európai talajmegfigyelési és ellenálló képességi keretrendszer létrehozására. Az irányelv célja, hogy minden tagállamban információt biztosítson a talaj állapotáról, valamint útmutatást adjon az egészséges talajállapot eléréséhez és fenntartásához.

A legtöbb talajegészségi indikátor a feltalajra (0–30 cm) koncentrál, ami összhangban van a Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) Rendszer jelenlegi mintavételi mélységével. Néhány újonnan javasolt mutató bevezetése azonban szükségessé teszi a TIM korszerűsítését. Az új biodiverzitás-indikátorok integrálása, a nemzetközi laboratóriumi módszerek átvétele, a hazai eredmények statisztikai összehangolása és a beavatkozási küszöbértékek meghatározása szakmai és finanszírozási kihívásokat jelenthetnek.

Kulcsszavak: talajegészség, ellenálló képesség, talajmonitoring, talajbiológia

Soil health assessment system of the European soil monitoring law proposal, and some Hungarian aspects

Zsófia Bakacsi¹, Tünde Takács²

¹HUN-REN Centre for Agricultural Research, Institute for Soil Sciences,
Department of Soil Physics and Water Management, Budapest, Hungary

²HUN-REN Centre for Agricultural Research, Institute for Soil Sciences, Department of Soil Biology,
Budapest, Hungary

Summary

Soil health has a direct impact on food security, disease control and ecosystem resilience, and is closely linked to the health of people, animals and the environment. Sustainable land management practices that conserve both the quantity and quality of soils, while preserving soil biodiversity, are essential to mitigating the risk of infectious diseases. The richness and diversity of the soil microbiome can play a pivotal role in combating antibiotic-resistant bacteria, facilitating the degradation of environmental pollutants, and enhancing the safety of the food chain – all of which are fundamental to advancing the objectives of the “One Health” framework.

Currently, there is no unified method or set of criteria in the EU for assessing soil quality. The indicators used for this purpose must be reliable, easy to measure, cost-effective, and closely linked to soil functions. It is important that they sensitively reflect the impacts of climate change and land use, while providing a comprehensive view of soil condition. The directive proposed by the European Parliament and the Council aims to establish a unified soil monitoring and resilience framework that provides information on soil status across all member states and offers guidance on how to achieve and maintain healthy soils. The framework is intended to ensure good soil condition in EU member states by 2050, reduce pollution, and support ecosystem services. Technical negotiations on the legislation are ongoing, gradually moving toward a final agreement through compromises.

The European Soil Health Directive aims to identify key indicators – covering physical, chemical, and biological aspects – to define optimal soil conditions. However, international indicators (e.g., erosion, biological markers) may not be directly applicable at the national level without prior, site-specific assessments. It is important to ensure cooperation between the suggested measurement methods and national monitoring systems, as well as their alignment at the international level, where the so-called LUCAS (Land Use/Cover Area Frame Survey) Soil Monitoring methodology could serve as a key connecting link. Most soil health indicators focus on topsoil (0–30 cm), aligning with the current sampling depth of the Hungarian Soil Information and Monitoring (TIM) system. However, implementing some newly proposed indicators will require upgrades and methodological expansion of the TIM. Integrating new biodiversity indicators, adopting international lab methods, aligning national results statistically, and defining intervention thresholds (“trigger values”) pose professional and funding challenges.

During the debate on the draft law, several soil biodiversity indicators were discussed, but one of the most widely supported was DNA metabarcoding, an indicator already tested in the LUCAS biodiversity survey. Microorganisms can serve as excellent indicators, as their high surface-to-volume ratio enables a much closer interaction with their environment compared to higher organisms. They actively participate in numerous soil processes and respond more rapidly and sensitively to changes in soil conditions.

There is an urgent need to adapt international and domestic data for local use and possibly designate additional sampling sites, as EU member states will be required to report every 5–6 years on the condition of soil health zones based on changes in monitored indicators.

Keywords: soil health, soil resilience, soil monitoring, soil biology

Bevezetés

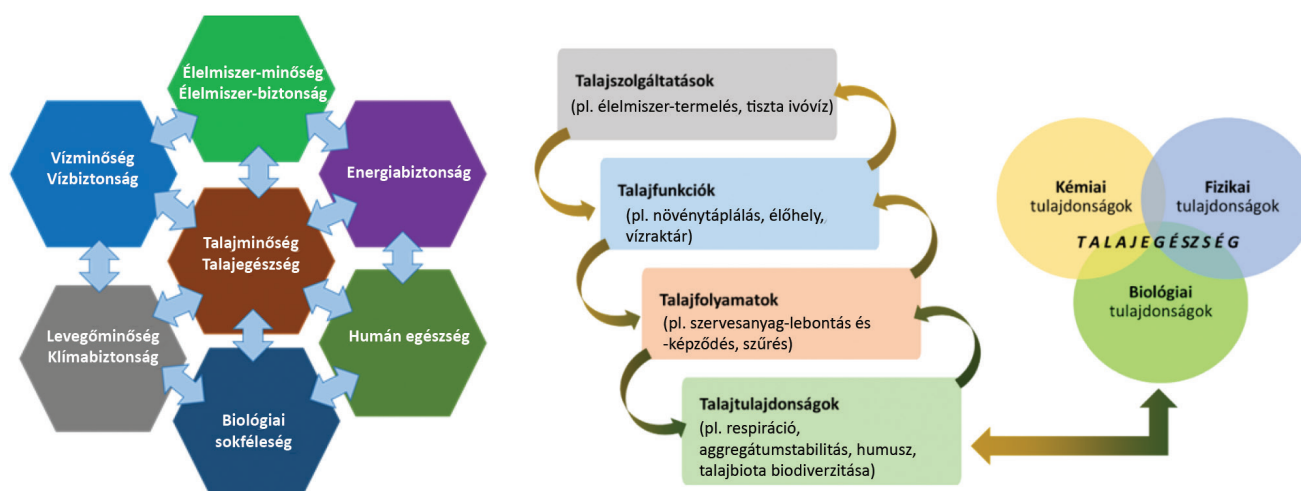
Az „Egy Egészség” szemlélet hangsúlyozza az emberi, állati és környezeti egészség szoros összefonódását, amelyben a talaj központi szerepet játszik. A talaj nem csupán az élelmiszer-termelés alapja, hanem az ökoszisztéma létfontosságú eleme is: támogatja a növények növekedését, biztosítja a víz körforgását, szénmegkötéssel képes mérsékelni a klímaváltozást, és hatással van az állatok és az emberek egészségére is.

A talaj Földünk egyik legfontosabb, feltételelesen megújuló erőforrása – különösen Magyarország számára, ahol kevés egyéb természeti kincs áll rendelkezésre. Németh Tamás és Várallyay György minden fórumon hangsúlyozták, hogy megfelelő használat mellett a talaj minősége megőrizhető, de megújulása nem automatikus, ezért termékenységének fenntartása tudatos, szakszerű beavatkozást igényel, például talajvédelemmel és megfelelő földhasználattal (Németh–Várallyay 2015). A talaj három sajátos tulajdonsága – termékenység, megújuló képesség és multifunkcionalitás – teszi lehetővé, hogy egyszerre szolgálja a természetet és az emberiséget. Ökológiai szerepe révén biztosítja a növényzet életfeltételeit, tárolja a vizet és a tápanyagokat, kiegyenlíti a hőmérsékleti szélsőségeket, szűri és méregteleníti a szennyeződések, sőt a biológiai sokféleség és a múlt örökségeinek megőrzésében is kulcsszerepet tölt be. Funkciói és jelentősége folyamatosan változnak, azon-

ban egyik sem nélkülözhető a fenntartható fejlődés szempontjából (Németh *et al.* 2005).

A talaj mikrobiális közösségei – a talajmikrobiom – kritikus szerepet töltenek be a tápanyagkörforgásban, de emellett rezervoárjai lehetnek antibiotikum-rezisztens géneknek és patogén kórokozóknak is, amelyek közvetve élelmiszereken vagy közvetlen környezeti expozíción keresztül elérhetik az állatokat és az embereket. A szennyezett talajból származó toxinok, nehézfémek vagy más káros anyagok az élelmiszerekbe kerülve közvetlen egészségügyi kockázatot is jelenthetnek.

A talaj védelme, egészségének megőrzése kulcsfontosságú nemcsak a fenntartható mezőgazdaság, hanem az élelmiszer-biztonság, a járvány megelőzés és az antibiotikum-rezisztencia elleni küzdelem szempontjából is – szorosan illeszkedve az „Egy Egészség” integrált megközelítéséhez. A talajok minősége és az általuk nyújtott talajszolgáltatások (funkciók) közötti szoros kapcsolat szükségessé teszi talajökológiai indikációs módszerek kidolgozását és minél szélesebb körű gyakorlati alkalmazását (Lehmann *et al.* 2020). A talajminőség és a talajegészség napjainkban szinonimaként használt fogalmak; az „egészség” szó humán vonatkozásaiból adódóan talán pozitívabb kicsengésű, az állapotjelzésen túl mindenképpen rámutat az optimálisan működő rendszer elvárásaira is. A talajegészség a talaj állapotának és működésének összetett mutatója, amely a talaj biológiai, fizikai és kémiai tulajdonságainak optimális egyensúlyát jelenti, így jóval túlmutat a talajok termőképességén, termelékeny-



1. ábra | A talajminőség és a talajegészség kapcsolódási pontjai és kölcsönhatásai a környezeti elemekkel, az energiaellátás biztonságával és a humán egészséggel (balra). A talajszolgáltatások, talajfunkciók, talajfolyamatok és -tulajdonságok kapcsolatrendszere (jobbra).

ségén (Doran–Zeiss 2000). A talaj egészsége a talaj azon képessége, amely összetett élő rendszerként – függetlenül attól, hogy természetes vagy mesterséges ökoszisztémákról van-e szó – fenntartja a növények és az állatok biológiai produkcióját, és biztosítja egészségüket, továbbá fenntartja vagy javítja a víz és a levegő minőségét, hozzájárul az emberi egészséghöz és a létfeltételek biztosításához (Keith–Schmidt–McMahon 2016). Az egészséges talajban élő organizmusok segítenek a növénybetegségek, rovarok és gyomkártevők elleni védekezésben, jótékony szimbiotikus kapcsolatokat alakítanak ki a növény gyökereivel, újrahaznosítják az alapvető növényi tápanyagokat, javítják a talaj szerkezetét, valamint pozitív hatásuk van a talaj víz- és tápanyagmegtartó képességére. Az egészséges talajok képesek alkalmazkodni a különböző terhelésekhez, képesek regenerálódni és hosszú távon fenntartani a mezőgazdasági termelés és más talaj- és ökológiai szolgáltatások feltételeit (1. ábra).

A talajegészség meghatározása cél- és helyspecifikus, komplex állapotjelző indikátorok, indikátorcsoportok létrehozását igényli. Jelenleg az Európai Unióban nem létezik egységes módszer vagy kritériumrendszer a talajminőség értékelésére. Az erre szolgáló indikátoroknak megbízhatónak, könnyen mérhetőnek, költséghatékonynak és a talajfunkciókkal szoros kapcsolatban állónak kell lenniük. Fontos, hogy érzékenyen jelezzék a klímaváltozás és a talajhasználat hatásait, és komplex módon mutassák be a talaj állapotát.

Az irányelv megszületése

Az Európai Parlament (EP) 2023. július 5-én tette közzé a talajmegfigyelésről és -rezilienciáról szóló irányelv tervezetét. Tartalmából adódóan a dokumentumot gyakran nevezik talajegészségi vagy talajmonitoring-törvénynek is. Az irányelv célja egy talajmegfigyelési és ellenálló képességi keretrendszer létrehozása, amely minden tagállamban információt biztosít a talaj állapotáról, valamint

útmutatást ad az egészséges talajállapot kialakításának feltételeiről és lehetőségeiről.

Az EP javaslata a fizikai és kémiai indikátorok mellett nagyszámú biodiverzitás-mutatót is beépített a rendszerbe (lásd 1. táblázat). A biodiverzitás-mutatók egy része laborigényes (pl. DNA metabarcoding), másik része pedig – például a különböző talajlakó állatcsoportok (mikro-, mezo-, makrofauna) fajmeghatározására épülő mutatók – rendkívül munka- és szakemberigényes. Néhány tagállamon kívül az országok többsége egyelőre nem rendelkezik akkora mérési és szakértői kapacitással, hogy teljesítse egy országos monitoring elvárásait, ugyanakkor a tagországok szeretnék biodiverzitás-mutatóikat maguk mérni.

Főbb, nem biológiai indikátorokra tett javaslatok az irányelvben

Az irányelvben a talaj egészségének egyik kiemelt mutatója a talaj szervesanyag-tartalma (1. táblázat). A talaj szerves anyaga – különösen a talaj szerveszén-tartalma (SOC) – a talajegészség és -minőség egyik legfontosabb mutatójának tekinthető, amely kölcsönhatásban van a talaj (hidro)fizikai tulajdonságaival, a tápanyagok elérhetőségével és a talaj termékenységével. Számos talajfolyamatban betöltött szerepe miatt a talajtömörödés szintén kiemelt talajegészség-mutató; a javaslat szerint mind az altalajban, mind a feltalajban mérni kellene. A feltalajra vonatkozóan mindkét indikátor szerepel a jelenlegi LUCAS (Land Use/Cover Area Frame Survey) monitoring talajparaméterei között is.

Biológiai indikátorokra tett javaslatok az irányelvben

Az élőlények, a növények, az állatok és a mikroorganizmusok anyag- és energiaáramokra nyílt rendszerek lévén alkalmasak indikációra. Érzékenységtől és tűrőképes-

1. táblázat | A talajegészség-indikátorokra érkezett javaslatok összesített, rövidített listája

Folyamat/állapot	Lehetséges leíró/indikátor
Szikesedés	Elektromos vezetőképesség
Talaj szervesszén-tartalmának csökkenése	Talaj szerves szén (SOC) koncentrációja; szén/agyag arány
	Talaj szerves szénkészlete
	Talaj szerves széntartalma
Talajerózió	Talajerózió mértéke
Talajtömörödés (feltalaj)	Tömegsűrűség a feltalajban
	Telített hidraulikus vezetőképesség
	Légtartalom
Talajtömörödés (altalaj)	Térfogattömeg az altalajban
	Telített hidraulikus vezetőképesség
	Levegőtartalom
Tápanyagtartalom a talajban	Kinyerhető foszfor (mg/kg)
	Elérhető foszfor
	Összes nitrogén a talajban
	SOC/N arány
Nitrogén-ciklus	Nitrogén-mineralizáció
	Nitrogén-ellátottság
Talajszennyezettség	Nehézfémek koncentrációja
	Szerves szennyező anyagok koncentrációja (válogatott)
	Növényvédő szerek
	Per- és polifluorozott alkil anyagok (PFAS)
	Gyógyszerészeti és állatgyógyászati készítmények
	Mikro- és nanoműanyagok koncentrációja
A talaj vízmegtartó képességének csökkenése	Talaj víztartó képessége
	Telített talaj térfogata (nem egyértelmű)
	Telített hidraulikus vezetőképesség
	Levegőtartalom
Talajsavanyodás	Talajsavasság, pH (vízben mért)
	Bázistelítettség
Talaj-biodiverzitás csökkenése	A tagállamoknak legalább egy jellemzőt ki kell választaniuk
	Talajlégzés (EP: mikrobiális)
Talaj biológiai aktivitásának csökkenése	A tagállam választhat jellemzőt (Tanács: a talajlégzés ide került át)
Talajszerkezet	Vízstabil aggregátumok

Folyamat/állapot	Lehetséges leíró/indikátor
Talaj-biomassza	Talaj mikrobiális biomassza szén
	Mikrobiális biomassza (funkcionális csoportonként)
	Talajállatok biomasszája (taxonómiai csoportonként: fonálférgek és giliszták)
	Gyökér-biomassza (mg száraz tömeg / g száraz talaj)
Enzimaktivitás	Savas foszfatáz enzimaktivitás (EC 3.1.3.2)
	N-acetil-glükózaminidáz enzimaktivitás (EC 3.2.1.50)
	Xilozidáz enzimaktivitás (EC 3.2.1.37)
	Cellobiohidroláz enzimaktivitás (EC 3.2.1.91)
Taxonómiai sokféleség (diverzitás)	β-glükozidáz enzimaktivitás (EC 3.2.1.21)
	Talajorganizmusok diverzitása metabarcoding alapján (baktériumok, gombák): 16S, 18S, ITS
	Talajállatok fajgazdagsága csoportonként (fonálférgek, giliszták)
	Metagenomikai alapú talajbiodiverzitás: taxonómiai csoportonkénti számlálás
	Talajállatok fajgazdagsága csoportonként (ugróvillások és atkák)
	Idegen honos inváziós fajok jelenléte
Talajorganizmusok mennyisége (egyedsűrűség)	Vírusdiverzitás metagenomikai módszerekkel
	Baktériumok és archeák összes mennyisége
	Gombák összes mennyisége (18S rRNS génrégió másolatain alapulva)
	Gombák összes mennyisége (belső transzkripció tér (ITS) alapján)
	Patogén gombák összes száma és aránya
	Fonálféreg-csoportonkénti összes egyed-szám morfológiai alapú funkcionális besorolással
Gyökérzet tulajdonságai	Talajállatok összes egyedszáma taxonként (fonálférgek és giliszták)
	Összes nitrogén a gyökerekben
	Gyökérhossz-sűrűség
	Átlagos gyökérátmérő
	Gyökérátmérő változékonysága
Talajtextúra	Gyökér szárazanyag-tartalom
	Homok, iszap, agyag arány
Területkivonás és talajlefedés	Durva vázrészecskék aránya (>2 mm)
	Területarány-változás

Forrás: Council of the European Union 2024

ségüktől függően akár egyedek szintjén, akár szupraindividuálisan reagálnak a környezetükben bekövetkező időbeli és térbeli változásokra. Bioindikáció az élőlények változó ökológiai környezetre adott biológiai válaszainak (mortalitás, migráció, fitness, adaptáció, funkcionális változások stb.) összehasonlító és dinamikus vizsgálatai révén lehetséges. A biológiai indikáció speciális esete a terhelt vagy szennyezett talajok ökotoxikológiai vizsgálata, továbbá jelzőnövények – például hiperakkumulátorok – jelenlétének detektálása. A talajkörnyezet jelentős térbeli és időbeli heterogenitása miatt az általánosan alkalmazható indikátorok mellett cél- és helyspecifikus indikátorok, továbbá kulcsindikátorok meghatározására is szükség van. A mikroorganizmusok nagy felület/térfogat arányuk miatt a magasabb rendű élőlényekhez képest szorosabb kapcsolatban vannak környezetükkel, és számos, a talajban lezajló folyamat résztvevői, ezért gyorsabban is reagálhatnak a talajállapotban bekövetkező változásokra. A mikrobiális közösségek azon tulajdonságai, amelyek biomonitoring-rendszerek mutatói lehetnek: a biomassza-aktivitás, összetétel és diverzitás (genetikai és funkcionális), reziliencia (tolerancia és adaptáció), valamint a növény–mikróba interakciók (Szili-Kovács-Kátai-Takács 2011).

Az irányelvben szereplő főbb indikátorok összhangban vannak a talajdegradáció mérésére használt paraméterekkel is, de az állapot értékeléséhez határértékeket kell hozzájuk rendelni. A Tanács javaslata szerint minden indikátornak lenne egy tudományosan megalapozott, „fenntarthatósági” célértéke (target value), valamint egy tagállam-specifikus beavatkozási szintje (trigger value). Fontos az alkalmazott mérési módszerek együttműködése a nemzeti monitoringokkal, illetve nemzetközi szintű összehangolásuk is, amiben az egyik összekötő kapocs lehet a LUCAS talajmonitoring módszertana.

A LUCAS egy olyan program, amely a feszínborítást és a használatot monitorozza. Ennek része a LUCAS Topsoil, amely kifejezetten a feltalaj állapotát követi nyomon. Az első adatfelvételezés 2009-ben történt, azóta rendszeresen ismétlődik (2012, 2015, 2018, 2022). A LUCAS adatbázis jelentős szerepet játszik az uniós környezetvédelmi politikák kialakításában.

Vizsgálati anyag és módszer

Megvizsgáltuk, hogy a hazai Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) Rendszer gyakorlata milyen hasonlóságokat és eltéréseket mutat az európai LUCAS Topsoil monitoringgal.

Monitoringok összehasonlítása: LUCAS vs. TIM

A LUCAS felvételezési pontjait a program egész Európát lefedő 2×2 km-es rácshálózatának pontjaiból az Eurostat által statisztikailag megalapozott módszertan szerint választják ki. A 2022-es felmérés során az Eurostat több módszertani változtatást vezetett be a pontki-

választásban, amelyek egyrészt a korábbi felvételezések tapasztalataira, másrészt új igényekre (ún. moduláris megközelítésre) épültek (Ballin-Barcaroli-Masselli 2022). A terepi mintavételi módszertan szerint a felvételezőnek legalább 100 méterre kell megközelítenie a georeferált mintavételi helyet (Fernández-Ugalde et al. 2017). Általános esetben az ebben a pontban, illetve az e körül húzott 2 méter sugarú körön a négy égtáj felé összesen öt darab, ásóval vett részmintából tevődik össze az átlagminta, amelyből legalább félfilónyi talajanyag kerül begyűjtésre. A mintavétel mélysége 2022-ben a korábbi 0–20 cm-ről 0–30 cm-re változott. A „biodiverzitás-modulban” 2018-ban ezer helyszínt választottak ki annak érdekében, hogy megvizsgálják a talaj taxonómiai (archeák, baktériumok, gombák és egyéb eukarióták) és funkcionális diverzitását (szimbionták, lebontó és kórokozó szervezetek, bioremediátorok) DNS-metabarkódolás alkalmazásával (Orgiazzi et al. 2022).

A NÉBIH által koordinált TIM-rendszerben az 1992/1993-as alapfelvételezést követően évente végeznek mintavételt, mintegy 1236 pontban. A pontokat helyismerettel rendelkező talajtani szakértők jelölték ki a hazai természetföldrajzi egységek reprezentatívnak tekintett területein (TIM 1995). A mintavétel kezdetben az úgynevezett genetikus talajszinteket célozta, majd az ezredfordulón áttért az egyenközű mintázásra. A jelenlegi módszertan szerint a TIM-pont körül 50 méter átmérőjű körben kilenc darab, fúrással vett részmintából kell átlagmintákat képezni a 0–30 cm, 30–60 cm és 60–90 cm mélységű rétegekből. A TIM a talajfizikai, vízgazdálkodási és talajkémiai jellemzők, valamint a tápanyagtartalom meghatározása mellett a talajbiológiai aktivitással szoros összefüggésben lévő nedvességtartalmat, továbbá a mikrobiális aktivitás jellemzésére a CO₂-kibocsátást (respiráció), a cellulózbontó aktivitást és a dehidrogenáz enzimaktivitást is vizsgálni hivatott (hasonlóan a javaslat-hoz; lásd 1. táblázat).

A LUCAS talajmonitoring laboratóriumi mérési módszereit és a hazai TIM szerint alkalmazott eljárásokat (a mértékegységekkel együtt) a 2. táblázat mutatja be.

Vizsgálati eredmények

A LUCAS és a TIM monitoringrendszer nemcsak térbeli mintázataiban és a pontok számosságában tér el, hanem a mintavétel módjában és egyes alapvető laboratóriumi módszerekben is. 2022 előtt hazánkban a LUCAS monitoring 2×2 km-es rácshálójának 489 pontjában történt talajtani mintavételezés. 2022-ben a pontok száma közel megduplázódott (911 pont), megközelítve a TIM-et (Ballin-Barcaroli-Masselli 2022).

A 2022-es LUCAS-felvételezés már a 0–30 cm-es feltalajt vizsgálta, ami illeszkedik a TIM gyakorlatához. A mintavételben tapasztalható módszertani eltérések hatása (öt vagy kilenc rész minta, fúróval, illetve ásóval véve) további vizsgálatokat igényel.

2. táblázat | A LUCAS paramétereinek mérési módszerei és a hazai TIM szerint alkalmazott eljárások

Talajtulajdonság	LUCAS		TIM	
	Módszer	Mértékegység	Módszer	Mértékegység
Szemcseeloszlás (homok, iszap, agyag)	Szitálás és ülepítés (FAO/WRB) ISO 11277: 1998	%	Pipettás módszer (Stokes) MSZ-08-0205-1978	%
Szervesszén-tartalom	Száraz égetés ISO 10694: 1995	g/kg	„Székely”-eljárás (módosított Tyurin) 1:2 K ₂ Cr ₂ O ₇ és H ₂ SO ₄ MSZ-08-0210-1977	%
Karbonáttartalom	Térfogatos eljárás ISO 10693: 1995	g/kg	Térfogatos eljárás (Scheibler) MSZ-08-0206/2-1978	%
pH(vizes)	Üvegelektrod 1:5 (V/V) talaj szuszpenzióban, vízzel ISO 10390: 1994	—	Üvegelektrod 1:2,5 (V/V) talaj szuszpenzióban, vízzel MSZ-08-0206/2-1978	—
pH(CaCl ₂)*	Üvegelektrod 1:5 (V/V) talaj szuszpenzióban, CaCl ₂ ISO 10390: 1994	—	Üvegelektrod 1:2,5 (V/V) talaj szuszpenzióban, KCl MSZ-08-0206/2-1978	—

* A LUCAS-ban mért pH(CaCl₂) helyett a TIM-nél a hazai gyakorlatban elterjedt pH(KCl) leírása szerepel.

Az egyes talajparaméterek laboratóriumi mérésében jelentős eltérés van a talajegészség-törvény egyik kulcsindikátorának, a talaj szervesszén-tartalmának (TIM: humusztartalom) meghatározásában. A LUCAS a száraz égetéses eljárást alkalmazza, míg a hazai gyakorlatban a Tyurin-féle nedves oxidációs eljárás, illetve ennek változata terjedt el. A talajegészség-törvény a nemzetközi szabványok alkalmazását javasolja a tagországoknak.

A törvényjavaslat vitájában számos talajbiodiverzitás-indikátor került terítékre, amelyek közül az egyik legáltalánosabb a LUCAS biodiverzitás-felmérésben már tesztelt módszer, a DNS-metabarkódolás volt. A mikro-organizmusok kiváló indikátorok, mivel magas felület/térfogat arányuk révén sokkal szorosabb kapcsolatban állnak környezetükkel, mint a magasabb rendű élőlények. Aktívan részt vesznek számos, a talajban végbeménő folyamatban, így gyorsabban és érzékenyebben reagálnak a talajállapot változásaira.

Az eredmények összefoglalása és következtetések levonása

A talajegészség-irányelv megpróbál konszenzusos, fizikai, kémiai és biológiai szempontból fontos talajegészség-mutatókat választani az optimálisnak tekinthető talajállapot meghatározására. Valószínűsíthető, hogy a nemzetközi talajegészség-mutatókat (pl. erózió, biológiai indikátorok) előzetes, helyspecifikus elemzések nélkül nem lehet egy az egyben nemzeti szinten is elfogadni.

A talajegészségre vonatkozó indikátorok többsége a feltalaj (0–30 cm) tulajdonságain alapul, ami összhangban van a TIM jelenlegi mintavételi mélységével. Újonnan bevezetni kívánt indikátorok számításához szükség lesz a TIM-rendszer korszerűsítésére és módszertani bővítésére. Szakmai és finanszírozási kihívást jelenthet a rendszeres monitoringba beépíteni javasolt, a korábbiaktól eltérő talajbiodiverzitás-indikátorok mérése, a nem-

zetközi szabványnak megfelelő egyes laboratóriumi módszerek átvétele vagy a hazai mérési eredmények statisztikailag alátámasztott megfeleltetése ezeknek, illetve az egyes mutatókhoz rendelhető beavatkozási küszöbértékek meghatározása. További potenciális adatforrás lehet a TalajWEB-rendszer, amely az Agrártechnológiai Nemzeti Laboratórium keretében kerül kialakításra, és amely rendszerezi és adatbázisba illeszti a magyarországi talajlaboratóriumokban keletkezett adatokat.

Sűrgeti a hazai és az európai adatok együttes alkalmazásának hazai viszonyokra történő kidolgozását és az esetlegesen szükséges további mintavételi helyek kijelölését, hogy a tervezett jogszabályi keretek alapján a tagállamoknak öt-hat évente jelentést kell készíteniük a későbbiekben egységes szempontok alapján kialakítandó úgynevezett talajegészség-körzetek állapotáról, a monitoringpontokon mért adatok alapján meghatározott indikátorok változása mentén.

Irodalomjegyzék

- Ballin, M., Barcaroli, G. & Masselli, M. (2022) New LUCAS 2022 sample and subsamples design: Criticalities and solutions. Statistical Working Paper, Eurostat – European Communities. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/957524>
- Council of the European Union (2024) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). 11999/24. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52023PC0416>
- Doran, J. W. & Zeiss, M. R. (2000) Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, Vol. 15. pp. 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- Fernández-Ugalde, O., Orgiazzi, A., Jones, A., Lugato, E. & Panagos, P. (2017) LUCAS 2018 – Soil Component: Sampling Instructions for Surveyors. JCR Technical Reports – European Commission. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/023673>
- Keith, A. M., Schmidt, O. & McMahon, B. J. (2016) Soil stewardship as a nexus between Ecosystem Services and One Health. *Ecosystem*

- Services, Vol. 17. Suppl. 1. pp. 40–42. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.11.008>
- Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I. & Rillig, M. C. (2020) The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, Vol. 1. pp. 544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- Németh T., Stefanovits P. & Várallyay Gy. (2005) Talajvédelem. Az Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest. http://www.ktm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/talaj_tajekoztato/index.htm
- Németh T. & Várallyay Gy. (2015) A természeti erőforrások fenntarthatósága. Mi van, ha nincs? *Gazdálkodás*, Vol. 59. No. 3. pp. 201–219. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.225548>
- Orgiazzi, A., Panagos, P., Fernández-Ugalde, O., Wojda, P., Labouyrie, M., Ballabio, C., Franco, A., Pistocchi, A., Montanarella, L. & Jones, A. (2022) LUCAS Soil Biodiversity and LUCAS Soil Pesticides: New tools for research and policy development. *European Journal of Soil Science*, Vol. 73. No. 5. e13299. <https://doi.org/10.1111/ejss.13299>
- Szili-Kovács T., Kátai J. & Takács T. (2011) Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. 1. Módszerek. *Agrokémia és Talajtan*, Vol. 60. No. 1. pp. 273–286. <https://doi.org/10.1556/Agrokem.60.2011.1.20>
- Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM) (1995) Módszertan. Földművelésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest.