

A nemzetközi földminősítési kutatások eredményeinek és a földminősítés külföldi rendszereinek áttekintése

Bevezetés

A termőföldek termelési értékben megmutatkozó minőségének reális megítélése iránti igény nem újkeletű. Ennek ellenére Magyarországon napjainkig nem került bevezetésre olyan módszer, amely pontosan számot tudna adni a mezőgazdasági területek potenciális termőképességéről, illetve a termőképességet befolyásoló környezeti – és ezen belül talajtani – tényezők egymáshoz való viszonyáról.

A földminősítéssel szemben támasztott követelmények között szerepel a különböző gazdasági növények szerinti értékelés, az évjáratí hatások kifejezésének lehetősége, a különböző agrotechnikai beavatkozások hatásának értékelése, a trágyázás termés-növelő hatásának értékelése is (FÜLEKY, 1988; MÁTÉ, 1960, 1999; MÁTÉ & TÓTH, 1996; STEFANOVITS, 1999a,b; TÓTH, 1996a,b, 2000; TÓTH & MÁTÉ, 1999; VÁRALLYAY, 1989, 1999; VÁRALLYAY et al., 1985). A talajminőség természettudományos fogalma napjainkban a növénytermesztésre való alkalmasság mellett a környezeti állapot, a talaj-higiéné (talaj „egészség”) kifejezését is magába kell hogy foglalja. Ebben az értelemben a talaj ökológiai funkcióira helyeződik a hangsúly.

Jelen közlemény abban a reményben veszi számba a földminősítéssel kapcsolatos nemzetközi kutatások eredményeit, és mutat be néhány külföldi földminősítési rendszert, hogy ezzel is rávilágíthat a téma fontosságára, illetve a talajminősítés alkalmazási lehetőségeire.

A földminősítési módszerek rendszerezése

A földminősítés feladata a vizsgált terület meghatározott szempontok szerinti felmérése és az adott kritériumok szerinti minősítése. A föld minőségének meghatározása, a földminősítés céljának megfelelően különböző módon történhet.

A FAO (1976) meghatározása szerint a „földminősítés az a folyamat, ami során a föld teljesítménye egy vagy több meghatározott használati cél alapján kerül becslésre, és amely folyamat magában foglalja a területről rendelkezésre álló tájforma, talaj, vegetáció, klimatikus és egyéb szempontok szerinti adatok gyűjtését és interpretációját az értékelés céljának legmegfelelőbb földhasználati formák meghatározása és összehasonlítása érdekében”. Ez a meghatározás tágan értelmezi a földminősítés feladatát, lehetővé téve az egyedi szempontok figyelembe vételét. Amennyiben a szempontok között az ökológiai, természettudományos földminősítés mellett gazdasági minősítés is szerepel, akkor a minősítés folyamatát földértékelésnek nevezzük. A mezőgazdaság igényeire szabott földminősítés meghatározása szerint a FAO (1983, 1985) a föld-

minősítést úgy írja le, mint „a folyamat, ami során a meghatározott hasznosítású föld termelési potenciálja kiszámítható”. Magyarországon ez utóbbi meghatározáshoz hasonlóan a földminősítést általában a termékenységi értékelés jelentette és jelenti (STEFANOVITS, 1999b; VÁRALLYAY 1989).

A talajtani kutatások kezdete óta az egyik központi kérdés ennek a „termelési potenciálnak”, a talajok termékenységének, annak lehetséges mértékének, illetve a termékenység tényezőinek megismerése volt. Különböző iskolák más és más megközelítésben, más módszerekkel modellezték és modellezik a föld produktív potenciálját, az értékelés céljának megfelelően. Ezeket a módszereket mutatja be az alábbi összeállítás.

Kvantitatív és kvalitatív földminősítési rendszerek

A földminősítési módszerek a föld termékenységének kifejezése szempontjából lehetnek *kvalitatív*, *kvantitatív* vagy a kétféle megközelítést ötvöző módszerek (BOUMA, 1989). A kvantitatív, kvalitatív, valamint a vegyes földminősítési rendszerek szerkezetüket nézve lehetnek statikusak vagy dinamikusak (VAN LANEN et al., 1992a,b).

A leíró jellegű, *kvalitatív* rendszerek általában gyors, de általános válaszokkal szolgálnak a termékenységi potenciált illetően. A termesztési feltételek egyszerű jellemzésére alkalmasak, ám a részletes megismeréshez kvantitatív ismérvek bevonása is szükséges (VAN LANEN & BOUMA, 1989). A kvalitatív rendszerek a meghatározott földhasználati célok szerinti vizsgálat során legtöbbször a gátló tényezők figyelembe vételével csoportosítják a földterületeket (DUMANSKI & ONOFREI, 1989; LIN, 1984; SANCHEZ et al., 1982). A csoportosítás alapjai az ún. alkalmassági osztályok (suitability classes), amik a javasolható földhasználati módzatok elkülönítésére szolgálnak. A figyelembe vett gátló tényezők lehetnek talajtani, domborzati, hidrológiai vagy klimatikus tényezők is, és az adott esetben való számításba vételük a szakemberek döntésétől függ. Hasonló rendszerekkel találkozunk DAVIDSON (1992), DIAMOND (1984), KLINGEBIEL és MONTGOMERY (1966), SONG (1994), SYS (1980) és mások munkáiban.

DRIESSEN (1989) abban látja a kvalitatív és kvantitatív módszerek közötti fő különbséget, hogy az utóbbi esetben diszkrét változók fejezik ki a minőségi kritériumokat, amelyeknek értékei az egész földhasználati rendszer pillanatnyi igényeitől függenek. A kvantitatív osztályozás kizárólagos tulajdonsága továbbá, hogy a felhasználó olyan precíz, numerikus információhoz jut általa, amely gazdasági összefüggésben is értelmezhető (SYS et al., 1991). A kétféle földminősítési rendszerre alább részletesen kifejtett példákkal szolgálunk. A modern földminősítési, földértékelési módszereket a FAO (1976) rendszere foglalja keretbe, ennek mikéntjéről szintén részletes ismertetés olvasható a későbbiekben.

A földminősítési modell felépítése

BURROUGH (1989a) szerint a földminősítési modellek három nagy csoportba oszthatók: (I) empirikus modellek, (II) determinisztikus modellek, és (III) sztochasztikus modellek. Az *empirikus modellek* esetében a talajjellemzők és a termékenység közötti kapcsolat ismert, „csak” a termékenység mértékét meghatározó pontos mechanizmus ismeretlen. A *determinisztikus modellek* ismert fizikai törvények alapján magyaráznak

bizonyos folyamatokat. A *sztochasztikus modellek* a részfolyamatokat egy tágabb, sztochasztikus elmélet jegyében vizsgálják.

Empirikus modellek. – Az empirikus modellek sokfélék lehetnek, amik közül a regressziós vizsgálat alapján és határértékek segítségével meghatározott struktúrájuk a legelterjedtebbek.

A *regressziós modellek* kísérleti megfigyelések adatait dolgozzák fel egy- vagy többváltozós regresszió-analízis segítségével (GODEV & KLEVTSOV, 1971; TAKEZAWA, 1999; TRASHLIEV et al., 1971), az így kapott értékek lesznek a modell szabályozó paraméterei. Például:

$$FÉ = aX + bY + \dots$$

ahol FÉ (földérték) szabályozó paraméterei a, b; bemeneti értékei X, Y, ..., feltételezve, hogy ez utóbbiak függetlenek egymástól.

A *határérték modellek* a diagnosztikai tulajdonságok szélső értékeit használják a kimenő (output) értékek meghatározásához. A bemeneti (input) adatok legtöbbször – de nem kizárólag – már osztályozottak, például a fizikai talajféleség vagy talajképző kőzet szerint. A kimeneti érték általában egyszerű bináris kód (pl. 0 - nem megfelelő, 1 - megfelelő), vagy nominális skálán mozog (pl. JOHNSON et al., 1994).

Egyszerű bool-algebra gyakran használatos, ahol a modell alapját a következő egyenlőtlenségek jelentik:

$$\text{Ha } X = P_1 \text{ és } Y < P_2 \text{ akkor az eredmény} = Z$$

ahol X és Y a bemeneti adatok, P_1 és P_2 a szabályozó paraméterek és Z az eredmény (output). A gyakorlatban a szabályozó paraméterek kísérleti úton állapíthatók meg. A határértéken alapuló modellek egyik hátránya, hogy használatukkor a szubmodelleket sorba állítva megnő a hibás osztályozás esélye (MARSMAN & DE GRUIJTER, 1984). Ezen veszély minimalizálására fuzzy matematikai módszer alkalmazása javasolható. Mivel a számítógépek kapacitásának növekedésével a fuzzy rendszerek gyakorlati használata már a közeljövőben realitássá válhat, érdemes ezek elméleti hátterét röviden vizsgálni.

A *fuzzy matematikai analízisen, illetve fuzzy rendszereken alapuló talajtérképezés és földminősítés* lehetőségeit vizsgáló elméleti munkák univerzálisan alkalmazható módszertani leírást adnak ezekről a technikákról (BURROUGH, 1989B; CHANG & BURROUGH, 1987; TANG et al., 1991; TANG & VAN RANST, 1992). Lényegük, hogy olyan esetekben, amikor bizonyos jellemzők nem osztályozhatók élesen elválasztható csoportokba, akkor ezek a jellemzők a csoportok közötti átmeneti elemként kerülnek meghatározásra. Más szóval, egy folyamatos skálán különböző szempontok szerint elválasztott kategóriák nem középső értékeire eső elemek részben a szomszédos kategória tulajdonságaival mutatnak egyezést. Az egyezés mértékével módosul az elem kategória-jellemzője. A talajjellemzők legtöbbje (a termékenység mértékét is ide értve) ilyen folyamatos skálán mozog. A fuzzy modellek alkalmazása a jövőben Magyarországon is mindenképpen szerephez juthat.

Megjegyzendő, hogy a módszer már a talajtérképezést megalapozó talajosztályozás során (illetve a talajosztályozást reformáló térképezés folyamán) is szerepet kaphat, ami aztán pontosabb termékenységi osztályozást tesz lehetővé. MCBARTNEY és munkatársai (1992) Hollandiában dolgoztak ki talajtérképezési módszert „folyamatos-talajosztály” leírásra. Hasonló munka folyik az orosz talajklasszifikáció egységei kö-

zötti átmenetek tudományos definiálására a moszkvai Dokucsájev Intézetben is (Pistniatchevsky szóbeli közlése). A folyamatos osztályozás és térinformatikai rendszerek együttes alkalmazási lehetőségeiről IRVIN és munkatársai (1997) számolnak be.

Determinisztikus modellek. – A determinisztikus modellek (vagy determinisztikus folyamatmodellek) a jól ismert fizikai és kémiai törvények alapján modellezik a folyamatok legfontosabb részeleleit. A talajminőséget meghatározó értékek a folyamatot leíró differenciálszámítás eredményeiből nyerhetők. Például a talajvíz elszivárgásának modellje (a Darcy-féle sebesség) a talajpermeabilitás (hidraulikus vezetőképesség) a talajoszlop piezometrikus szintje és a talajoszlop L irányú kiterjedésének függvénye (SCHUT, 1996).

A modell részegységekre osztott nagy területekre használatos, ahol az egyik részegység kimenő paramétere lesz a következő egység bemenő paramétere.

Sztochasztikus modellek. – Az esetek nagy többségében nem célszerű az egyes események eredményeinek egymástól független vizsgálata, hanem célszerű a folyamatok több részelemét – azok kombinált hatását – együttesen értelmezni. Amennyiben ez az „átlagos” viselkedés egy jól meghatározott sztochasztikus folyamattal leírható, akkor a modell output paramétereként olyan eredményt kapunk, ami egy lehetséges értékkel jellemzi az egész folyamatot. Mivel teljes mértékben determinisztikus modellekre alapozva nem mindig kapható pontos eredmény a folyamatok egészének leírásához, a földértékelés során gyakran a determinisztikus és sztochasztikus megközelítések együttes használata jelenti a megoldást. Hasonló megközelítéssel találkozhatunk BOUMA és VAN LANEN (1987), HU és munkatársai (1999), VLAD (1996) és mások munkáiban.

Külföldi földértékelési módszerek

Az Osztrák–Magyar Monarchiához hasonló hozadéki rendszerek jelentették más országokban – így Franciaországban, Olaszországban, Németországban, Dániában – is az első földértékelési rendszereket, melyek a termékenység mértékének becslését szolgálták (FEKETE, 1965). Más országokban (pl. Bulgáriában) a földek forgalmi értéke képezte a földértékelés alapját. Ezen rendszereket az utóbbi évtizedekben folyamatosan váltja fel az éghajlati, domborzati és talajtani tényezőket is figyelembe vevő földértékelés. Az Európai Unió országainak földértékelési gyakorlata már többnyire természeti tényezők alapján kidolgozott földminősítésre alapozott (TAR, 1999). A továbbiakban az ötvenes–hatvanas évektől kifejlődő természettudományos alapú földértékelési rendszereket vizsgálom.

A földértékelési rendszerek kifejlesztése során a különböző országokban más és más megközelítést alkalmaztak és alkalmaznak a földértékelés céljának, az adott térség természeti viszonyainak, a rendelkezésre álló információknak megfelelően. Ezeket a megközelítéseket alapvetően két csoportba lehet osztani. Meglehető, a kétféle módszer gyakran azonos technikákat alkalmaz az értékelés során, szerkezetükben és felhasználási lehetőségeikben is alapvetően különböznek.

Az egyik féle megközelítés a – korábban tárgyalt – *kvalitatív osztályozás* elméletére támaszkodva a gátló tényezők hasonlósága alapján csoportosítja a talajokat. Ezek a tényezők lehetnek a növények vízhez és tápanyaghoz jutását gátlók, illetve a földművelését nehezítők. A legfontosabb növénytermesztést gátló tényezők a rossz ég-

hajlat, sekély termőréteg, rossz vízgazdálkodás, túlnedvesedés, magas sótartalom, erózió, meredek lejtőszög stb. Ilyen megközelítésű számos nyugati földértékelési rendszer (DA LA ROSA & MAGALDI, 1982; FÜLEKY, 1999; HAANS & HEIDE, 1984; KLINGEBIEL & MONTGOMERY, 1966; MAGALDI & RONCHETTI, 1984; SANCHEZ et al., 1982; SYS, 1985 stb.), valamint a fejlődő országok növénytermesztési potenciálját felmérő újabb rendszerek túlnyomó része (FISCHER & ANTOINE, 1994; FU & GULINCK, 1994; MAKHDOUN, 1993, SHAO, 1984 stb.).

A kvantitatív alapú földértékelés, amely a földértékelési rendszerek második nagy csoportját képezi, nem egyszerűen a növénytermesztésre való alkalmasság szerint osztályozza a talajokat, hanem a termékenységet – talajegységenként viszonylagos mértékkel – méri is. Ilyen a magyar 100 pontos földértékelési rendszer (FÓRIZSNÉ et al., 1972), a legtöbb kelet-európai talajbonitációs rendszer (DZATKO, 1995; KARMANOV & FRIYEV, 1985; SISOV et al., 1991; VLAD, 1996 stb.), az első paraméteres földértékelési rendszerek között számon tartott Storie index (KORELESKI, 1988; STORIE, 1976), a szintén az USA-ban kidolgozott produktivitási osztályozási index (Productivity rating index) (USDA, 1951), a franciaországi földértékelési rendszerek (TAR, 1999) és egyéb rendszerek (LARSON, 1987; ROBERT, 1989). A rendelkezésre álló adatok, térképek mennyiségének és megbízhatóságának növekedésével a kvantitatív módszerek gyakorlati bevezetése egyre több helyen válik elérhetővé. Ennek megfelelően több országban is folytak és folynak munkák a helyi viszonyoknak megfelelő kvantitatív jellegű földértékelés tudományos megalapozására (KUMAR et al., 1984a,b; LAL, 1989, cit: SYS, 1978, 1980; WU, 1993).

A két – kvalitatív és kvantitatív – rendszert ötvöző termékenységi talajklasszifikációk (pl. HU et al. 1999; RIQUIER et al., 1970; SYS & FRANKART, 1971) előnyösek lehetnek a komplex földhasználati feladatok támogatásánál. Amíg ugyanis a leíró (kvalitatív) rendszerek a földhasználatra való alkalmasságot, a termékenység mértékét osztályozó (kvantitatív) rendszerek a termésmennyiség becslését tűzik célul, addig a két rendszer kombinációjával olyan eszköz juthat a használó kezébe, amely az adott termésszint elérésében szerepet játszó (illetve a nagyobb termésszint elérését gátló) tényezőket is számba veszi (TÓTH, 1996c). Megjegyzendő, hogy a numerikus rendszerek legtöbbszörben adott a lehetőség a kvalitatív ismérvek kifejezésére is, valamint a kvalitatív rendszerek továbbfejleszthetők vegyes rendszerekké.

A földértékelési, földminősítési módszerek számára mutat egyfajta irányvonalat a FAO (1976) „Framework for Land Evaluation” című dokumentuma. A dokumentum általános szabályokat fogalmaz meg a földértékelési munkák során elvégzendő lépésekről, illetve a különböző célú és léptékű földértékelési rendszerek szerkezetével kapcsolatban. Megjelenése óta a legkülönbözőbb földminősítési és földértékelési rendszerek megalkotói mindig ügyelnek a FAO irányelveivel való kompatibilitásra, bár mára a modern kutatási eredmények és a gyakorlati megvalósítás lehetőségei is sok tekintetben már túlhaladták a kereterv által elképzelt formákat.

A továbbiakban két példán – KLINGEBIEL és MONTGOMERY (1966), valamint SISOV és munkatársai (1991) rendszerein – keresztül kívánom bemutatni, hogy a gyakorlatban miként épül fel egy kvalitatív és egy kvantitatív földminősítési rendszer. KLINGEBIEL és MONTGOMERY (1966) klasszifikációja a kvalitatív osztályozások között az egyik első volt, aminek metodológiája alapján a mai napig újabb, hasonló rendszereket fejlesztenek különböző országokban. A SISOV és munkatársai (1991) által – KARMANOV és FRIYEV (1985) rendszere alapján – kidolgozott talajbonitáció az orosz (és kelet-európai) hagyományokat követve, a talajegységek termékenységét egy, a ge-

netikai talajtípustól és egyéb tényezőktől függő viszonyzámmal jellemzi. A kvalitatív és kvantitatív rendszerekre felhozott példák bemutatása után, harmadikként a FAO általános földértékelési irányelveit ismertetem, amely a gyakorlatban is számos esetben szolgált komplex tanulmányok alapjául (HENNEBERT et al., 1996; KASSAM et al., 1991).

A talajtermékenység osztályozása KLINGEBIEL és MONTGOMERY (1966) szerint

Az elsősorban művelhetőségi szempontokat figyelembe vevő, a talajtermékenységet limitáló tényezők előfordulása alapján kategorizáló rendszer a „Földek Termőképességük Szerinti Osztályozása” (Land Capability Classification).

Az osztályozás alapja a „termőképességi egység” (capability unit), amiben a talajok csoportosításának kritériuma az azonos művelési, meliorációs és trágyázási gyakorlat mellett elért hasonló terméseredmény. A hosszú távú becsült termésátlagok ugyanazon egységen belül nem térhetnek el 25 %-nál nagyobb mértékben egymástól.

Az értékékelés második szintje az alosztály (capability subclass), ahol a termőképességi egységekben szereplő talajok a limitáltság eredete szerint vannak csoportosítva. A négy fő számításba vett limitáló tényező az: 1. erózió; 2. glejesedés; 3. gyökérszóna limitáltság és 4. klímaviszonyok.

A harmadik, legtágabb kategória nyolc termékenységi osztályba sorolja a talajokat (capability class). A limitáltság szintje fokozatosan nő az elsőtől a nyolcadik osztályig, így a feltételeknek megfelelően romlanak a növénytermesztési lehetőségek.

Az osztályozási rendszer ezeket a feltételeket nem hozza összefüggésbe a potenciális termésmennyiséggel, a kulcskérdés a művelés alá vonhatóság. Ennek megfelelően nem beszélhetünk általánosan alkalmazható talajértékelésről, a hangsúly itt a földek megfelelő használatán van. A rendelkezésre álló agrotechnika alkalmazásával csökkenthető vagy megszüntethető limitáltság a földhasználati, talajértékelési besorolásnál feltételelesen számításba vett tényező.

A növények szempontjából is történő osztályozás szerint az 1.–4. osztályok a honosított növények termesztési igényeinek is megfelelő talajokat jelölik. Az 5.–7. osztályok talajain csak az adaptált őshonos növényfajták termesztése javasolt, míg a legalacsonyabb (8.) osztály talajain mezőgazdasági termelés haszonnal nem folytatható.

A fenti osztályozás egyik előnye a termőföldek növénytermesztésre való alkalmasságának felmérése mellett a meliorációs feladatok és lehetőségek szerinti rendszerezés, amiből a rendelkezésre álló agrotechnika/technológia ismeretében a földterületek végső felhasználásáról is dönteni lehet.

SISOV és munkatársai (1991) talajbonitációs rendszere

A különböző talajbonitációs rendszerek célja számszerűen kifejezni a különböző talajok egymáshoz viszonyított, relatív növénytermesztési potenciálját, gyakran adott növénykultúrák szerint. Ezen rendszerek alapja a genetikai talajféleség szerinti talajklasszifikáció, így a meglévő genetikai talajtérképekre támaszkodva lehetővé válik a különböző termékenységű földek területi elkülönítése. A relatív termékenységi potenciál kifejezésével kapott viszonyszám segíthet a művelési ág megválasztásában és a földadó mértékének pontos megállapításában is.

KARMANOV és FRIYEV (1985) az ún. „Talaj Ökológiai Index”-et (TÖI) használja a talajértékszám kifejezésére. Ezt vette át munkatársaival Sisov, és ezt a viszonyszámot

korrigálja a növények igényeinek megfelelően, különböző talajtípusok és klíma-viszonyok esetében más és más mértékben, a termőhelyi érték kiszámításához. A TÖI kiszámítása az alábbi egyenlet szerint történik:

$$TÖI = 12,5(2 - \delta) \cdot H \cdot E \cdot \frac{\sum t^{\circ} > 10^{\circ}(NI - k)}{KK + 100} \cdot ÖA$$

ahol: δ = a térfogat tömeg, H = a „hasznos térfogat” (egy, a talajtípusonként a különböző mechanikai összetétel jelentőségét is magába foglaló viszonyszám), E = egyéb jellemzők (limitáltság szerint), $\sum t^{\circ} > 10^{\circ}$ = kumulatív évi középhőmérséklet a 10°C -ot meghaladó napi középhőmérsékletű napokat figyelembe véve, NI = nedvességi index, k = korrekciós koeficiens a nedvességi indexhez, KK = kontinentalitási koeficiens (szélességi foknak megfelelően), $ÖA$ = összesített agrokémiai jellemzők (NPK-ellátottság), $12,5$ = standard érték, aminek segítségével az ökológiai viszonyok a TÖI 100 egységére lesznek vonatkoztathatók.

A TÖI-ben szereplő adatok a bonitációs rendszer ismertetőjének mellékletében vannak rendszerezve. A korrekciós számok – genetikai talajtípusok és klímaviszonyok alapján – a főbb termesztett növények igényei szerint szerkesztett táblázatokból keleshetők ki.

A FAO földértékelési irányelvei (FAO, 1976)

A „földértékelési irányelvek” komplex megközelítésben értékeli a föld potenciálját, amely értékelés során a táj egésze az értékelés tárgya, és a termőföld a táj (land) szerves részeként kerül értékelésre. A rendszer megalkotásának kezdeti szakaszában az egyik legnagyobb gondot a földnek – illetve a tájnak – mint az értékelés tárgyának pontos meghatározása jelentette (DAVIDSON, 1992). A végül elfogadott definíció szerint „a táj olyan fizikai tulajdonságokkal leírható terület, amely az emberi hasznosítás szempontjából fontos, vagy fontossá válhat”. Az értékelés nem szorítkozik pusztán a természeti elemek felmérésére, hanem a felmérés során olyan tényezőket is mérlegel, amelyek a fizikai értékelés céljával kapcsolatban állnak. Ezek egyaránt lehetnek gazdasági, társadalmi és környezeti hatások. A FAO földértékelési rendszer bemutatása során a következő hat alapvető szükséges kiemelni:

a) A „talajmegfelelés” (land suitability) a földhasználat céljával összefüggésben vizsgálendő. Ez az alapvetés azt a felismerést rögzíti, hogy a különböző földhasználati formák környezettel szemben támasztott igényei különbözőek lehetnek. Az egyes növény vagy növénycsoport számára ugyanaz a tábla nagyon megfelelő természeti feltételeket kínálhat, míg mások számára kevésbé.

b) Az értékelésnek figyelembe kell venni a különböző típusú földeken szükséges be-ruházási (input) és nyereségi (output) tényezőket. Ez a termelési költségek és a (azonos használatú) különböző földterületekről származó gazdasági haszon összevetésével érhető el.

c) A multidiszciplinaritás igénye. A minőségi értékelés érdekében a speciális igényeknek megfelelően szükség van a különböző szakterületeken dolgozó szakemberek (ú.m. ökológus, pedológus, agrármérnök, közgazdász stb.) együttműködésére.

d) Az értékelésnek a vizsgált terület egyéni sajátosságainak messzemenő figyelembevételével kell folynia. Az természetes, hogy a földhasználati javaslatnak reális-

nak kell lenni, ennek érdekében helyi társadalmi–gazdasági tényezők is figyelembe veendőek a komplex tanulmány készítésekor.

e) *A megfelelő földhasználat egyben fenntartható földhasználatot is jelent.* A javasolt földhasználati forma nem okozhat környezeti degradációt.

f) *A különböző földhasználati formák egyszerű közgazdasági alapon kerülnek összehasonlításra.* Ez azt jelenti, hogy a legmegfelelőbb használati formát a megtermelt érték és a termelési költségek összehasonlításával kell megítélni. Természetesen az előző pontokban felvázolt követelmények figyelembevételével.

A hat követelmény bizonyos átfedéssel határozza meg a földértékelés legfontosabb feladatait. Alapvetően a legmegfelelőbb földhasználati forma meghatározása a cél, majd ezt követően a megjelölt földhasználat optimalizálásának módjára tevődik a hangsúly. Az optimalizálás ebben az esetben a térképezési egységeken belüli természeti feltételek az adott gazdasági–társadalmi közegben való legjobb kihasználását hivatott felmérni. Ez a folyamat összehasonlító vizsgálatokat jelent.

A természeti feltételek társadalmi–gazdasági kívánalmak szerinti értékelésére a „Földértékelési Irányelvek” kétféle módszert javasol. Az egyik alternatíva egy kétlépcsős folyamat, ahol először a természeti tényezők értékelése történik, egy, a följebb vázolt KLINGEBIEL és MONTGOMERY (1961) rendszeréhez hasonló, kvalitatív módszerrel. Ezt – opcionálisan – követi a gazdasági és társadalmi elemzés, valamint ezek alapján egy kvantitatív osztályozás. A másik alternatívát a párhuzamos értékelés jelenti. Itt a természeti tényezők kvalitatív és/vagy kvantitatív osztályozásával párhuzamosan folyik a gazdasági és társadalmi tényezők szerinti értékelés. A két értékelési folyamat egymással párhuzamosan, és egymással kölcsönhatásban megy végbe.

Az 1976-os kiadványban megfogalmazott keretek alapján a FAO 1983-ban kiadott irányelvei (FAO, 1983) már konkrét értékeket is meghatároznak a termékenységet befolyásoló különböző tényezők hatását leíró tanulmányban.

A talajminőség, mint a fenntartható földhasználat mértéke

A talajminőség a produkciós potenciál kifejezésén túl a talaj azon képességére is utal, amely alapján az képes betölteni ökológiai funkcióit. Ezen funkciókról VÁRALLYAY (1995) ad részletes ismertetést. A nemzetközi szakirodalom hasonló értelmezésben használja a talajminőség (*soil quality*) fogalmát (DUMANSKI et al., 1998). A legelterjedtebb megközelítés szerint a talaj minőségét a talaj három fő funkciójának – tartamos biológiai produkció, környezeti minőség, növényi és állati (valamint emberi) egészség biztosítása – együttese mutatja (KARLEN et al., 1997; MAUCHBACH & TUGEL, 1997).

A fenntartható mezőgazdaság és környezetgazdálkodás, a biológiai alapok fenntartása szempontjából fontos kategória a talajminőség egyik összetevője, a szintén ökológiai összefüggésben használatos „talaj-egészség” (*soil health*) kifejezés. Jelentése arra utal, hogy a talaj eredeti (természetes) állapotához képest mennyire képes betölteni szerepét az ökoszisztémában (agrár-ökoszisztémában), illetve milyen mértékű a környezeti érzékenysége (DORAN et al., 1997; DORAN & PARKIN, 1996). Ennek értékelésére meghatározott talajjellemző együttesek vizsgálata javasolható, ahol a jellemzők között biológiai, fizikai és kémiai mutatók is szerepelnek (DORAN & PARKIN, 1996). Az értékeléshez minimálisan szükséges talajjellemzők körét (*minimum dataset*)

az értékelte terület nagysága, a felmérés léptéke határozza meg. Ez alapján tábla- és vízgyűjtő-, vagy regionális szintű felmérések során vizsgálandó talajjellemző együtteseket különböztethetünk meg.

A talajminőség fenti megközelítése az Amerikai Egyesült Államokban terjedt el elsősorban. Ezekről a megközelítési módokról hazai kutatóink közül MICHÉLI (1999) számol be bővebben. A talajminőség környezeti szempontú megítélésével, értékelésével kapcsolatos eddigi kutatások eredményeit SOJKA és UPCHURCH (1999) kritikája foglalja össze.

Következtetések

Átalakuló mezőgazdaságunk várhatóan túljut az elmúlt éveket jellemző nehézségeken, s újra az ország ökológiai adottságait tükröző termelési szintet fog produkálni. Ezzel párhuzamosan – az Európai Unió csatlakozásunk kapcsán is – egyre nagyobb szükség lesz a mezőgazdasági tervezést segítő, már a környezeti kívánalmakat is számon tartó földkataszterre. Egy modern kataszteri osztályozást szolgáló földértékelés alapjául csak a természeti feltételeket sok szempontból számba vevő rendszer felelhet meg. Ennek kidolgozása a közeljövő egyik nagy feladata, amihez a különböző tudományterületek szakembereinek összehangolt munkájára van szükség.

Az ismertetett módszerek tanulmányozása talán hozzájárulhat egy átgondolt, pontos, és minden igényt kielégítő hazai földértékelési rendszer szerkezetének legcélravezetőbb megtervezéséhez.

Irodalom

- BOUMA, J., 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances in Soil Science*. **9**. 179–213.
- BOUMA, J. & VAN LANEN, H. A. J., 1987. Transfer functions and threshold values: from soil characteristics to land qualities. In: *Quantified Land Evaluation Procedures*. (Eds.: BEEK, K. L., BURROUGH, P. A. & MCCORMACK, D. E.) 106–110. ITC Publ. No. 6. Enschede.
- BURROUGH, P. A., 1989a. Matching spatial databases and quantitative models in land resource assessment. *Soil Use and Management*. **5**. (1) 3–8.
- BURROUGH, P. A., 1989b. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *J. Soil Sci.* **40**. 477–492.
- CHANG, L. & BURROUGH, P. A., 1987. Fuzzy reasoning: a new quantitative aid for land evaluation. *Soil Survey and Land Evaluation*. **7**. 69–80.
- DA LA ROSA, D. & MAGALDI, D., 1982. Approximation to a Land Evaluation System with Special Reference to Mediterranean Regions. Technical Reports. CEBAS, Sevilla (MACHIN és NAVAS, 1995 után)
- DAVIDSON, A. D., 1992. *The Evaluation of Land Resources*. Longman. New York.
- DIAMOND, S., 1984. Land evaluation methodology: A case study in East Waterford, Ireland. In: *Progress in Land Evaluation. Proc. Seminar on Soil Survey and Land Evaluation*, Wageningen, The Netherlands, 26–29 Sept. 1983. (Eds.: HAANS, J. C. F. M., STEUR, G. G. L. & HEIDE, G.) 27–42
- DORAN, J. W., 1997. Soil quality and sustainability. (Kézirat) Paper presented to Commission V. „Inventory, Genesis, Morphology and Classification of Soils” at the 26th Brazilian Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, July 20–26, 1997.

- DORAN, J. W. & PARKIN, T. B., 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. In: *Methods of Assessing Soil Quality*. (Eds.: DORAN, J. W. & JONES, A. J.) 25–37. SSSA Spec. Publ. No. 49. SSSA, Madison, WI.
- DORAN, J. W. et al., 1997. Determinants of soil quality and health. In: *Soil Quality and Erosion*. (Ed.: LAL, R.) Soil and Water Conservation Society, Ankey, IA.
- DRIESSEN, P. M., 1989. Quantified land evaluation: consistency in time and space. In: *Land Qualities in Space and Time*. Proc. ISSS Symp. (Eds.: BOUMA, J. & BREGT, A. K.) 137–143. Wageningen, The Netherlands.
- DUMANSKI, J. & ONOFREI, C., 1989. Techniques of crop yield assessment for agricultural land evaluation. *Soil Use and Management*. 5. (1) 9–16.
- DUMANSKI, J., GAMELDA, S. & PIERI, C., 1998. Indicators of Land Quality and Sustainable Land Management. An Annotated Bibliography. World Bank – Agriculture and Agri-Food Canada. Washington, D.C.
- DZATKO, M., 1995. Recent development in land evaluation and sustainable land use planning in Slovakia. In: *From Soil Survey to Sustainable Farming*. 203–210. Soil Fertility Research Institute. Bratislava.
- FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome.
- FAO, 1983. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. FAO Soils Bulletin No. 52. Rome
- FAO, 1985. Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. FAO Soils Bulletin No. 55. Rome
- FEKETE Z., 1965. Direktívák a gyakorlati földértékeléshez. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- FISCHER, G. W. & ANTOINE, J., 1994. Agro-ecological Land Resources Assessment for Agricultural Development Planning. A Case Study of Kenya. Making Land Use Choices for District Planning. World Soil Resources Report. 71/9. FAO–IIASA, Laxenburg, Austria.
- FŐRIZS J-NÉ, MÁTÉ F. & STEFANOVITS P., 1972. Talajbonitáció – Földértékelés. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 30. (3) 359–378
- FÜLEKY GY., 1988. A talaj. Gondolat Kiadó. Budapest.
- FÜLEKY GY., 1999. Az angol földértékelés rendszere. In: *A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei*. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 43–69. MTA Agrártud. Oszt. Budapest
- FU, B. & GULINCK, H., 1994. Land evaluation in an area of severe erosion: the loess plateau of China. *Land Degradation & Rehabilitation*. 5. 33–40.
- GODEV, G. & KLESTOV, V., 1971. Statistical evaluation of soil fertility at given plant environment system. In: *Meeting of Panel of Experts on Land Productivity Evaluation*, Sofia, Bulgaria, 27–29 Sept. 1971. UNDP/FAO 472. Bulgaria 6.
- HAANS, J. C. F. M. & HEIDE, G., 1984. Dutch and German methods of soil survey interpretation: A critical comparison. In: *Progress in Land Evaluation*. Proc. Seminar on Soil Survey and Land Evaluation, Wageningen, The Netherlands, 26–29 Sept. 1983. (Eds.: HAANS, J. C. F. M., STEUR, G. G. L. & HEIDE, G.) 225–254.
- HENNEBERT, P. A. et al., 1996. Validation of a FAO land evaluation method by comparison of observed and predicted yields of five crops in Burundi. *Soil Use and Management*. 12. 134–142.
- HU, Y., DAI, J. & WANG, R., 1999. GIS-based red soil resources. Classification and evaluation. *Pedosphere*. 9. (2) 131–138.
- IRVIN, B. J., VENTURA, S. J. & SLATER, B. K., 1997. Landform classification for soil-landscape studies. Kézirat.
- JOHNSON, A. K. L., CRAMB, R. A. & WEGENER, M. K., 1994. The use of crop yield prediction as a tool for land evaluation studies in Northern Australia. *Agricultural Systems*. 46. 93–111.
- KARLEN, D. L. et al., 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *J. Soil Sci. Soc. Am.* 61. 4–10.

- KARMANOV, I. I. & FRIYEV, T. A., 1985. Site quality based on ecological soil indices. *Soil Survey and Land Evaluation*. 5. (1) 40–48.
- KASSAM, A. H. et al., 1991. Agro-ecological Land Resources Assessment for Agricultural Development Planning. A Case Study of Kenya. World Soil Resources Report No. 71. FAO–IIASA. Laxenburg, Austria.
- KLINGEBIEL, A. A. & MONTGOMERY, P. H., 1966. Land Capability Classification. *Agriculture Handbook No. 210*. USDA Soil Conservation Service. Washington, D. C.
- KORELESKI, K., 1988. Adaptations of the Storie Index for land evaluation in Poland. *Soil Survey and Land Evaluation*. 8. 23–29.
- KUMAR, R., KALBENDE, A. R. & LANDEY, R. J., 1984a. Soil evaluation for agricultural land use. I. Characterization. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 32. 459–466.
- KUMAR, R., KALBENDE, A. R. & LANDEY, R. J., 1984b. Soil evaluation for agricultural land use. II. Productivity potential appraisal. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 32. 467–472.
- LAL, R., 1989. Productivity evaluation of some benchmark soils of India. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 37. 78–86.
- LARSON, W. E., 1987. An index for assessing the long-term productivity of soil. In: *Quantified Land Evaluation Procedures*. (Eds.: BEEK, K. J., BURROUGH, P. A. & MCCORMACK, D. E.) 72–77. ITC Publ. No. 6. Enschede.
- LIN, C. F., 1984. Fertility Capability Classification as a Guide to N-fertilization of Lowland Rice. FFTC Book Series No. 27. *Problem Soils in Africa*.
- MACHIN, J. & NAVAS, A., 1995. Land evaluation and conservation of semiarid agroecosystems in Zaragoza (NE Spain) using an expert evaluation system and GIS. *Land Degradation & Rehabilitation*. 6. 203–214.
- MAGALDI, D. & RONCHETTI, G., 1984. Report on developing project for land evaluation in Italy on a 1:1 million scale. In: *Progress in Land Evaluation. Proc. Seminar on Soil Survey and Land Evaluation, Wageningen, The Netherlands, 26–29 Sept., 1983*. (Eds.: HAANS, J. C. F. M., STEUR, G. G. L. & HEIDE, G.) 57–63.
- MAKHDOUM, M. F., 1993. First application of automated land evaluation in Iran. *Environmental Management*. 17. (3) 409–419.
- MARSMAN, B. & DE GRUITER, J. J., 1984. Dutch Soil Survey goes into quality control. In: BURROUGH, P. A. & BIE, S. W.: *Soil Informations Systems Technology*. 127–134. PUDOC. Wageningen.
- MAUCHBACH, J. M. & TUGEL, A., 1997. Soil quality – A multitude of approaches. Keynote address at the Kearney Foundation Symposium on Soil Quality: From Critical Research to Sustainable Management, Berkeley, California, March 25. 1997.
- MÁTÉ F., 1960. Megjegyzések a talajok termékenységük szerinti osztályozásához. *Agrokémia és Talajtan*. 9. 419–426.
- MÁTÉ F., 1999. A termőföld minősítése a főbb növények termesztésre való alkalmasság alapján. In: *A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei*. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 100–109. MTA Agrártud. Oszt. Budapest.
- MÁTÉ F. & TÓTH G., 1996. A talajbonitáció, mint a földértékelés egyik tényezője. In: *Agrár-ökonómiai Tudományos Napok, 1996 márc. 26–27*. 2. 513–516. GATE Mezőgazdasági Főiskolai Kar. Gyöngyös.
- MCBARTNEY, A. B., DE GRUITER, J. J. & BRUS, D. J., 1992. Spatial predictors and mapping of continuous soil classes. *Geoderma*. 54. 39–64.
- MICHÉLI E., 1999. A talajminőség megítélése az Egyesült Államokban. In: *A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei*. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 70–80. MTA Agrártud. Oszt. Budapest.
- RIQUIER, J., BRAMAO, D. L. & CORNET, J. P., 1970. A New System of Soil Appraisal in Terms of Actual and Potential Productivity. *FAO Soil Resources, Development and Conservation*. Rome.

- ROBERT, P. C., 1989. Land evaluation at farm level using soil survey information systems. In: Land Qualities in Space and Time. Proc. ISSS Symp. (Eds.: BOUMA, J. & BREGT, A. K.) 299–311. Wageningen, The Netherlands.
- SANCHEZ, P. O., COUTO, W. & BUOL, S. W., 1982. The fertility capability soil classification system: interpretation, applicability, and modification. *Geoderma*. **27**. 283–309.
- SHAO, X. N., 1984. Land evaluation in China. *Soil Survey and Land Evaluation*. **4**. (1) 39–43.
- SCHUT, P., 1996. Canadian Soil Information System (kézirat). Research Branch Server. Agriculture and Agri Food, Canada.
- SISOV L. L. et al., 1991. Teoreticeszkije osnovü i prakticeszkije szredsztva izmenenija plodorogia pocsvü. Agropromizdat. VASZHNIL. Moszkva.
- SOJKA, R. E. & UPCHURCH, D. R., 1999. Reservations regarding the soil quality concept. *J. Soil Sci. Soc. Am.* **63**. 1039–1054.
- SONG, SHENGAO, 1994. Termékenységi Földosztályozás Kínában. Földkategóriák közepes és alacsony termékenységű területekre, valamint az ezeken alkalmazandó meliorációs technikák. (kínai nyelven) Központi Talaj és Trágyázási Állomás. Kínai Népköztársaság Mezőgazdasági Minisztérium. Peking, Kína.
- STEFANOVITS P., 1999a. Mit kell tenni a termőföld minőségének jobb megismerése és értékelése érdekében? Összefoglaló javaslatok. In: A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 7–8. MTA Agrártud. Oszt. Budapest.
- STEFANOVITS P., 1999b. A talaj minőségétől a földértékelésig. In: A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 9–18. MTA Agrártud. Oszt. Budapest.
- STORIE, R. E., 1976. Storie index soil rating (revised) 1978. Special Publ. Division of Agricultural Science, University of California, Berkley, CA.
- SYS, C., 1978. The outlook for the practical application of land evaluation in developed countries. In: Land Evaluation Standards for Rainfed Agriculture. World Soil Resources Report No. 49. 97–111. FAO. Rome.
- SYS, C., 1980. Land characteristics and qualities and methods of rating them. In: World Soil Resources Report No. 52. 23–49. FAO. Rome.
- SYS, C., 1985. Land Evaluation. I-II-III. State University of Ghent.
- SYS, C. & FRANKART, R., 1971. Land capability classification in the humid tropics. *African Soils*. **16**. (3) 153–175.
- SYS, C., VAN RANST, E. & DEBAVEYE, J., 1991. Land Evaluation. II. Methods in Land Evaluation. Agricultural Publ. No. 7. ITC – Univ. of Ghent – General Administration for Development Cooperation, Brussels.
- TAKEZAVA, K., 1999. Nonparametric Regression and Its Use in Plant Growth Analysis. Ph.D. Dissertation.
- TANG, HUAJUN & VAN RANST, E., 1992. Testing of fuzzy set theory in land suitability assessment for rainfed grain maize production. *Pedologie*. **42**. (2) 129–147.
- TANG, HUAJUN et al., 1991. Land suitability classification based on fuzzy set theory. *Pedologie*. **41**. (3) 277–290.
- TAR F., 1999. Termőföldértékelés az Európai Unióban. In: A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 19–42. MTA Agrártud. Oszt. Budapest.
- TÓTH, G., 1996a. The applicability of Russian and Chinese soil crop growing potential evaluation systems in land use changes modeling. (Kézirat) International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Ausztria.
- TÓTH, G., 1996b. A new method of quantitative expression of erosional soil productivity loss – Case study of the Balaton region. MSc. thesis. Department of Environmental Sciences and Policy. Budapest.

- TÓTH G., 1996c. Különböző külföldi talajbonitációs rendszerek struktúrájának áttekintése. In: PATE Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar II. Ifjúsági Tudományos Fóruma, Keszthely, 1996. március 13. 52–55.
- TÓTH G., 2000. A Balaton-felvidék talajainak bonitációja. Doktori (PhD) értekezés. Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely.
- TÓTH G. & MÁTÉ F., 1999. Jellegzetes dunántúli talajok főbb növényenkénti relatív termékenysége. *Agrokémia és Talajtan*. **48**. 172–180.
- TRASHLIEV, H. et al., 1971. Assessment of ecological conditions for wheat and maize in Bulgaria by means of multivariate regression analysis. In: Meeting of Panel of Experts on Land Productivity Evaluation, Sofia, Bulgaria, 27–29 Sept. 1971. UNDP/FAO 472, Bulgaria 6.
- USDA, 1951. Soil Survey Manual. Agricultural Handbook No. 18. USDA. Washington, D. C.
- VAN DIEPEN, C. A. et al., 1991. Land evaluation: from intuition to quantification. In: *Advances in Soil Science*. (Ed.: STEWART, B. A.) 139–204. Springer. New York.
- VAN LANEN, H. A. J. & BOUMA, J., 1989. Assessment of soil moisture deficit and soil aeration by quantitative evaluation procedures as opposed to qualitative methods. In: *Land Qualities in Space and Time. Proc. ISSS Symp.* (Eds.: BOUMA, J. & BREGT, A. K.) 189–192. PUDOC. Wageningen, The Netherlands
- VAN LANEN, H. A. J. et al., 1992a. A comparison of qualitative and quantitative physical land evaluations, using an assessment of the potential for sugarbeet growth in the European Community. *Soil Use and Management*. **8**. (2) 80–89.
- VAN LANEN, H. A. J. et al., 1992b. A mixed qualitative/quantitative physical land evaluation methodology. *Geoderma*. **55**. 37–54.
- VÁRALLYAY, GY., 1989. Land evaluation in Hungary – Scientific problems, practical applications. In: *Land Qualities in Space and Time. Proc. ISSS Symp.* (Eds.: BOUMA, J. & BREGT, A. K.) 241–252. PUDOC. Wageningen.
- VÁRALLYAY, GY., 1995. Sustainable development, a challenge for rational land use and soil management. In: *From Soil Survey to Sustainable Farming*. 227–235. Soil Fertility Research Institute. Bratislava.
- VÁRALLYAY GY., 1999. Megjegyzések és gondolatok Tóth Gergely és Máté Ferenc: „Jellegzetes dunántúli talajok főbb növényenkénti relatív termékenysége” című közleményéhez (*Agrokémia és Talajtan*. **48**. (1–2) 172–180. 1999). *Agrokémia és Talajtan*. **48**. 531–537.
- VÁRALLYAY, G. et al., 1985. Soil factors determining the agro-ecological potential of Hungary. *Agrokémia és Talajtan*. **34**. Suppl. 90–94.
- VLAD, V. et al., 1996. Expert system type implementation of the Romanian methodology for land evaluation. (ExET 2.2) Workshop on „Land Information Systems”, Hannover 20–22 Nov. 1996.
- WU, J. T., 1993. A koefficiens-szintézis alapú talajtermékenység értékelés koncepciója. (Kínaiul) *Soil and Geology*. 269–274.

Érkezett: 2000. március 6.

TÓTH GERGELY

Veszprémi Egyetem,
Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar,
Földműveléstani Tanszék, Keszthely