

## A földminősítési mutatószámok pontosítása nagyléptékű talajtérkép- és táblaszintű terméshozam adatok alapján

<sup>1</sup>KOCSIS Mihály, <sup>1</sup>DUNAI Attila és <sup>2</sup>MAKÓ András

<sup>1</sup>Pannon Egyetem, Georgikon Kar Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék, Keszthely

<sup>2</sup>MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Talajfizikai és Vízgazdálkodási Osztály, Budapest

### Bevezetés

Hazánkban jelenleg is az 1875. évi VII. törvénycikkkel bevezetésre került ún. „aranykoronás értékelés” szerint minősítik a termőterületeket, amely eredetileg a tiszta jövedelmi fokozatok megállapításán keresztül elsősorban földadóztatási célokat szolgált (PALLÓS, 1981, 1982; FÓRIZSNÉ 1985; KOCSIS et al., 2014b). Habár az Aranykorona-rendszer megalkotása óta számos kiigazításon ment keresztül, ennek ellenére jelenleg is kezdetleges természettudományos ismereteken alapszik és nem támaszkodik korszerű talajtani és növénytermesztési ismeretekre. A földterületekről számos esetben torz, a termőhelyi és termékenységviszonyoknak ellentmondó minősítést nyújt (SCHULTEISZ & BALASSA, 1941; KIRÁLY, 1993). Hazánkban először BALLANEGGER (1921, 1942) tanulmányozta az őszi búza terméseredményein keresztül – a dokucsajevi talajtani ismeretekre alapozva – a csernozjom (mezőszépi talajok) termőképességét. Ezután SIGMOND (1931, 1935; 1936, 1937) fogalmazta meg azt, hogy talajvizsgálati eredmények felhasználásával, a termelt növények hosszú idősoros terméshozam átlagainak, valamint az előforduló helyi talajváltozatoknak a figyelembevételével kell megállapítani a termőföldjeink minőségét. KREYBIG (1937, 1938) is felismerte az egyes termőhelyek talajviszonyai és a terméseredmények közötti kapcsolatokat, de azokat nem alkalmazta a földminőség kifejezésére.

MÁTÉ (1960, 1961) – Sigmond elképzeléseit továbbfejlesztve – tanulmányaiban bemutatta, hogy a modern földminősítésnek a nagyméretarányú (1:10.000) genetikai talajtérképeken lehatárolható talajtipológiai egységek (talaj altípusok) termékenységviszonyain kell alapulnia. Ehhez CSERHÁTI és KOSUTÁNY (1987), GRÁBNER (1958) és VILLAX (1948) nyomán az országos vetésszerkezet arányából kiindulva a 10 legfontosabb haszonnövény hosszú idősoros termésadatainak statisztikai elemzéseit használta volna fel. Máté elképzeléseihez hasonlóan GÉCZY (1960, 1968) a nevéhez kötődő földminősítő módszerénél a talajfoltokhoz rendelhető növénycsoportok és növényfajok átlagos termékenységéből indult ki. Az 1950-es és 1960-as években az átlagos mezőgazdasági termelés színvonala mellett elérhető terméseredményeket (alaphozamokat) használta fel a talajok termőképességének meghatározáshoz. Munkájában azonban a talajok termékenységét – a termésadatok szakszerű

statisztikai feldolgozásának hiányában – szubjektív becslésekre támaszkodva adta meg (MÁTÉ, 1999; MÁTÉ & TÓTH, 2005).

Az 1970-es évek elején Máté koncepciója alapján kidolgozott „100 pontos” termőhely-értékeléses földminősítés (FÓRIZSNÉ et al., 1971), amelyet az 1980-as évek elején vezettek be Magyarországon, az eredeti elgondolás szerint a növényi terméseredmények hosszú idősoros statisztikai feldolgozásán alapult volna. Ekkor már tömegével rendelkezésre álltak a hazai talajrendszertan kialakításához kötődő talaj-felvételezésekből (STEFANOVITS & SZÜCS, 1961; STEFANOVITS, 1963), valamint az 1962-től meginduló 1:10.000 léptékű üzemi genetikus talajtérképezésből (SZABOLCS et al., 1966; VÁRALLYAY, 1989b; VÁRALLYAY, 2012) származó talajinformációk. A mezőgazdasági területek földminősítéséhez, azonban még nem tudtak a talajváltozatok (talajtérképi foltok) termékenységének meghatározásához kellő időhosszúságú és elemszámú, valamint statisztikai feldolgozottságú terméshozam adatsorokat hozzárendelni. Ezért – átmeneti jelleggel – a „*kollektív becslés módszerét*” alkalmazták (FÓRIZSNÉ, 1985, KOC SIS et al., 2014b).

Az 1990-es rendszerváltoztatás idején, a földkárpótlás- és privatizáció érdekében, az ún. „*normafai megállapodás*” (POGÁNY, 1997) értelmében újból visszavezették az aranykoronás földértékelést, ezzel bebetonozva a földterületek szubjektív megítélését és jó időre elvetve a mért terméshozamokon alapuló talajtermékenységget mutatószámok alkalmazását a földminősítésben.

TÓTH (2000a, 2000b) a Balaton-felvidéken elhelyezkedő talajok bonitációja során vizsgálta a hazai talajosztályozási rendszer szerint a genetikus altípusokra, a talajtani alap- és tápanyagvizsgálatok, valamint a földművelési egységeken (táblákon vagy résztáblákon) mért terméshozamok közötti összefüggéseket. Az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) adatbázis mezőgazdasági üzemekre vonatkozó, talajvizsgálati információit (DEBRECZENINÉ et al., 2003; MAKÓ et al., 2007; KOC SIS et al., 2014a), illetve a táblatorzskönyvi növénytermesztési adatait megfeleltette a táblákra vagy résztáblákra legjellemzőbb talajféleségekkel. Az egymáshoz kapcsolt talajtani és növénytermesztési adatok alapján statisztikailag megállapította a vizsgált talajváltozatokra, ún. „*talajtulajdonság-együttesekre*” a növény-specifikus átlagos termékenységi viszonyszámokat, majd ezeket a termőhelyek klimatikus jellemzőivel korrigálva háromféle (átlagos, kedvező és kedvezőtlen) évjárattípust különített el. Munkája során az AIIR adatbázis országos talajtani információi, valamint a tábla és résztábla szintű többéves (1985–1989) termésadatsorai még nem álltak rendelkezésére. Nem vehette továbbá még figyelembe – a napjainkban alkalmazott térinformatikai programok és módszerek hiányában – a földművelési egységeken előforduló egyes változati talajfoltokat sem, így nem számolt súlyozott területi arányaikkal az átlagos talajváltozati termékenységek megállapításánál.

Máté Ferenc kezdeményezésére a 2000-es évek elején dolgozták ki a D-e-Meter földminősítő rendszert (GAÁL et al., 2003; TÓTH, 2009), amelynek a termőhelyi minősítése már az AIIR adatállomány egész országra kiterjedő terméseredményein alapult. A „100 pontos rendszer” talajtermékenység becslésétől eltérően a D-e-Meter rendszer mérőszámai a valós, mért termések statisztikai elemzésein keresztül

a talajok relatív termékenységét mutatják kisebb-nagyobb pontossággal. Az eltérő mértékű pontosság abból eredeztethető, hogy az AIIR adatállományában nem vagy kis elemszámban (országos léptékben nem jelentős területi arányt kitevő, viszont egyes termőhelyekre gyakori) előforduló talajváltozatok, valamint egyes szántóföldi kultúrák (a vetésforgóban ritkán visszatérő növények) esetében adathiány tapasztalható (MAKÓ et al., 2003; MAKÓ et al., 2007; KOCSIS et al., 2008).

A hazai földminősítési kutatásokban elsőként a D-e-Meter földminősítő rendszer fejlesztése során alkalmazott CHAID módszert, mint egy elsősorban az adatbányászatra kifejlesztett statisztikai eljárást KASS (1980) dolgozta ki; működési elvét TÓTH (2011) részletesen ismertette. Talajtani kutatási céllal CHAID típusú csoportbecsléseket hazánkban először MAKÓ és munkatársai (2007) végeztek a D-e-Meter rendszer talaj vízgazdálkodási kategóriáinak képzése során, majd TÓTH (2010; 2011) a MARTHA adatbázis talajinformációi alapján CHAID módszerrel becsülte a talajok víztartó képességét. Az eljárást a talajtérképek részletességének javítására a magyar kutatók is mind gyakrabban használják (PÁSZTOR et al., 2013b; SISÁK et al., 2015).

Ma már a térinformatikai módszerek lehetővé teszik, hogy az egyes termőhelyek termékenységét a korábbiaknál pontosabban tudjuk becsülni (OLSON, 1974; BEEK, 1978; MCRAE & BURNHAM, 1981). A szántóterületek földminősítése céljából a lényeges talajtulajdonságok számszerűsítésével és informatikai alkalmazások felhasználásával először BOUMA & BREGT (1989), később WAGENET & BOUMA (1993), majd HACK TEN BROEKE és munkatársai (1993) végeztek termékenységi becsléseket. A digitális talajtérképezési eljárások és a térinformatika fejlődése által (PÁSZTOR et al., 2013a; PÁSZTOR et al., 2013b; PÁSZTOR & TAKÁCS 2014), illetve a térbeli részletesség növekedésével lehetővé válik a talajok minősítésének pontosítása (TÓTH & MÁTÉ, 2006).

Kutatómunkánk célja a Dél-Alföldön, a Tisza-Maros közeli mintaterületeken – Békés és Csongrád megye területén – előforduló nagy agyagtartalmú csernozjom és réti talajváltozatokra korábban már az AIIR adatbázis alapján kiszámított átlagos termékenységi mutatók pontosítása volt talajtérképi információk és hosszú idősoros termésadatok alapján.

### **Vizsgálati anyag és módszer**

#### *Mintaterületek 1:10.000 méretarányú talajtérképi információinak feldolgozása*

Tanulmányunkhoz felhasznált növénytermesztési és talajtani adatok a Dél-Alföldön található mintaterületekről származnak, amelyek a Dél-Tiszántúlon, a Körös-Maros köze középtájon terülnek el. Mintaterületeink Békés megyében az orosházi, Csongrád megyében a szentesi, a két megye határán pedig a mezőhegyesi volt. A vizsgált szántóterületek a talajtakaró szempontból igen nagy heterogenitást mutatnak, a homoktalajok kivételével a Nagyalföldre jellemző minden talajváltozat előfordul. A szikes és réti talajok mellett, döntő területi hányadban főként a nagy agyagtartalmú – agyag és nehéz agyag fizikai féleségű – meszes vagy

mészlepedékes csernozjom, réti csernozjom és csernozjom réti talajváltozatok találhatók meg (1. táblázat).

Vizsgálatainkhoz az 1970-es és 1980-as évek fordulóján elkészített 1:10.000 méretarányú genetikus üzemi talajtérképek, valamint az 1980-as évek második felében készült genetikus földminősítési (kontúros) talajtérképek (FÜLÖP 1989; TÁNCZOS, 1989) és hozzájuk tartozó tematikus kartogramok talajtani információit használtuk fel. A mintaterületek papíralapú nagyméretarányú genetikus talajtérképeit, valamint ezek humusz, kémhatás és mészállapot kartogramjait digitalizáltuk. A következő lépésben a vektoros térképi állományok (rétegek) poligonjait és a tábla vagy táblakiosztási térképeket egymással összemetsztettük, ezáltal talajváltozati folttérképeket hoztunk létre, melyek egyesítették a vetésszerkezetre, illetve a talajtípusra, humusz- és mésztartalomra, valamint a pH-ra vonatkozó talajtani ismereteket. A talajváltozati térképek a fontosabb talajtulajdonságok adatait 7 számjegyből álló talajváltozati kódok formájában adják meg, mely kódszámból az első három számjegy a talaj altípust (MÉM, 1982), a negyedik a szántott réteg fizikai féleségét ( $K_A$  alapján), az ötödik a humusztartalmát (%), a hatodik a kémhatását ( $pH_{H_2O}$ ) és a hetedik a mésztartalmát (%) jelöli (JASSÓ et al., 1989). A szántóterületekre ezen a módon az alábbi talajváltozati folttérképeket készítettük el: (a.) mezőhegyesi mintaterület: 7 824,66 ha, 83 tábla, 25 talajváltozati 576 talajfolt; (b.) orosházi mintaterület: 3 640,58 ha, 94 tábla, 98 talajváltozati 631 talajfolt; (c.) szentesi mintaterület: 576,98 ha, 6 nagy tábla, 24 talajváltozati 136 talajfolt.

Az orosházi mintaterület talajinformációi az 1:10.000 léptékű üzemi és az Egységes Országos Térkép Rendszer (EOTR) szelvény határosan felújított földminősítési genetikus talajtérképeiről származtak. Mivel az volt a célunk, hogy a talajtani adatok egységes formában, azonos módszertan szerint feldolgozva álljanak rendelkezésre, az üzemi talajtérképeket az 1989-ben megjelent *Útmutató* leírása alapján újítottuk fel, kódoltuk át (JASSÓ et al., 1989). A munkához rendelkezésünkre álltak az orosházi Új Élet MgTSz 1 216 ha-os (TORONYKÖY, 1976) és Dózsza MgTSz 3 840 ha-os (KOC SÁRDI, 1979) mezőgazdasági területeiről, az üzemi talajtérképezéshez készült talajszelvények laboratóriumi vizsgálat eredményei és a hozzátartozó részletes szöveges magyarázó.

A mezőhegyesi mintaterület esetében csak a 2000-es évek második felében készült 1:10.000 üzemi genetikus talajtérképek (BEREGSZÁSZI, 2006; VAJDULÁK, 2007) álltak rendelkezésünkre. A termékenység talajváltozati becsléséhez elengedhetetlenül szükségesek a fontosabb talajtulajdonságokat (fizikai féleség, pH, humusz- és  $CaCO_3$  tartalom) – talajtulajdonságokat tartalmazó, a nagyméretarányú talajtérképezés szerves részét alkotó tematikus kartogramok. Mivel erre a területre ezek a kartogramok nem készültek el, ezek hiányában az 1935-ben szerkesztett Kreybig-féle 1:25.000 méretarányú 5466/3 (Battonya) és 5465/4 (Mezőhegyes) térképlap számú átnézetes talajismereti térképek (SÍK, 1935, 1938) talajszelvény pontadatait használtuk fel. A Kreybig-térképek 188 db talajszelvény szántott rétegének (feltalajának) laboratóriumban mért talajparaméter adatait a Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA)

(FARKAS et al, 2009; MAKÓ et al., 2010) mintaterületre eső pontjainak információival egészítettük ki.

*1. táblázat*

A mintaterületeken előforduló talajtípusok- és altípusok az érvényben lévő hazai talajosztályozás (MÉM, 1982; JASSÓ et al., 1989) rendszertani egységei szerint, valamint azok területi aránya a nagyméretarányú (1:10.000) genetikus talajtérképek alapján

(1) Talaj altípus kód	(2) Talaj altípus	(3) Terület összeg (ha)	(4) Területi arány (%)
a) mezőhegyesi mintaterület (7 824,66 ha)			
192	Alföldi meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	981,36	12,54
201	Karbonátos réti csernozjom talaj	5 205,57	66,53
202	Nem karbonátos réti csernozjom talaj	5,23	0,07
204	Mélyben szolonyeces réti csernozjom talaj	64,29	0,82
301	Karbonátos réti talaj	9,53	0,12
331	Karbonátos csernozjom réti talaj	1558,69	19,92
b) orosházi mintaterület (3 640,58 ha)			
192	Alföldi meszes vagy mészlepedékes csernozjom talaj	4,22	0,12
201	Karbonátos réti csernozjom talaj	419,14	11,51
202	Nem karbonátos réti csernozjom talaj	24,10	0,66
203	Mélyben sós réti csernozjom talaj	158,45	4,35
204	Mélyben szolonyeces réti csernozjom talaj	1 215,38	33,38
205	Szolonyeces réti csernozjom talaj	886,13	24,34
241	Kérges réti szolonyec talaj	5,98	0,16
242	Közepes réti szolonyec talaj	14,70	0,40
243	Mély réti szolonyec talaj	28,92	0,79
281	Szulfátos vagy kloridos szoloncsákos réti talaj	16,12	0,44
291	Szolonyeces réti talaj	39,54	1,09
292	Erősen szolonyeces réti talaj	142,53	3,92
304	Mélyben szolonyeces réti talaj	6,23	0,17
331	Karbonátos csernozjom réti talaj	25,28	0,69
333	Mélyben sós, vagy szolonyeces csernozjom réti talaj	100,37	2,76
334	Szolonyeces csernozjom réti talaj	553,50	15,20
c) szentesi mintaterület (576,98 ha)			
201	Karbonátos réti csernozjom talaj	377,49	65,43
204	Mélyben szolonyeces réti csernozjom talaj	116,69	20,22
243	Mély réti szolonyec talaj	5,97	1,03

1. táblázat folytatása			
301	Karbonátos réti talaj	5,25	0,91
304	Mélyben szolonyeces réti talaj	3,81	0,66
331	Karbonátos csernozjom réti talaj	31,33	5,43
334	Szolonyeces csernozjom réti talaj	36,44	6,32
d) Vizsgált mintaterületek teljes kiterjedése:		12 042,22 ha	

Az így előálló mintegy 387 szelvénypont talajtani információit az *Útmutató* (JASSÓ et al., 1989) alapján átkódoltuk kategória-értékekké. Majd a pH-ra, a humusz- és mésztartalomra vonatkozó pontadatokat Inverse Distance Weighted (IDW) alkalmazással interpoláltuk a parcellák (földművelési egységek) területére. Az előbb említett talajparaméterek interpolációjával létrejött raszter térképek értékeit zónastatisztika segítségével a genetikus talajtérkép talajfoltjaira vetítettük le (KOCSIS, 2016). A szentesi mintaterületről 1989-ben EOTR térképszelvényekre készült, 1:10.000 léptékű földminősítési talajtérképeket és kartogramjaikat használtuk, ezért a vizsgálatainkhoz a talajtani információkat nem kellett átkódolni kategória-értékekké.

A genetikus talajtérképek és azok kartogramjainak vektoros állományba (shape fájlba) feldolgozását, valamint egyéb alkalmazásokat és elemzéseket az ESRI ArcGIS 9.3 térinformatikai program segítségével végeztük el. Az iterációs számításokhoz az MS Excel Solver programot, valamint a további statisztikai vizsgálatokhoz az IBM SPSS Statistics 18.0 szoftvert használtuk.

#### *Dél-alföldi mintaterületek növénytermesztési adatainak feldolgozása*

A Dél-Tiszántúlon elhelyezkedő mintaterületekre a rendelkezésünkre álló táblatorzskönyvekből és az Agrár-környezetgazdálkodási (AKG) Naplókából eltérő hosszúságú idősoros növénytermesztési adatokat gyűjtöttük. Majd az összegyűjtött információkat (táblakód/résztáblakód; táblanagyság/résztáblanagyság (ha); mezőgazdasági évjárat; kijuttatott NPK tápanyag (kg/ha); szerves trágya mennyiség (t/ha); elővetemény; termesztett főnövény; terméshozam (t/ha); és esetleg öntözővíz mennyiség (mm)) rendszereztük és feldolgoztuk (2. táblázat).

A földművelési egységekhez (táblákhoz vagy résztáblákhoz) az egyes termelési években – a kihelyezett műtrágya adagok alapján – összes kijuttatott NPK hatóanyag kategóriákat rendeltünk (MAKÓ et al., 2009). (A kiadott összes NPK műtrágya mennyiségek alapján nyolc kategóriát különítettünk el: 1. <100 kg/ha; 2. 101–200 kg/ha; 3. 201–300 kg/ha; 4. 301–400 kg/ha; 5. 401–500 kg/ha; 6. 501–600 kg/ha; 7. 601–700 kg/ha; 8. >701 kg/ha.) Az orosházi, szarvasi, valamint a pitvarosi meteorológiai mérőállomások csapadék- és hőmérséklet adataiból (DUNKEL, 1978–2009) SZÁSZ (1991) nyomán kiszámítottuk a helyi természetes vízellátottsági értékeket (VE). A vízellátottságot, mint évjárat-hatást háromfokozatú ( $VE_{3I}=10-20$  (száraz év);  $VE_{3II}=21-50$  (normál év);  $VE_{3III}=51-70$  (csapadékos év)) skálába soroltuk be. A mezőhegyesi mintaterület esetében ugyanezt nyolcfokozatú  $VE_{8I}<10$  (rendkívül száraz év);  $VE_{8II}=11-20$  (súlyosan száraz év);  $VE_{8III}=21-30$  (száraz év);  $VE_{8IV}=31-40$  (mérsékelt vízellátású év);  $VE_{8V}=41-50$  (jó vízellátású

év);  $VE_{8VI}=51-60$  (bőséges vízellátású év);  $VE_{8VII}=61-70$  (rendkívül bőséges vízellátású év);  $VE_{8VIII}= >71$  (károsan bőséges vízellátású év)) kategóriákba osztályoztuk. A *mezőhegyesi mintaterület* esetében arra kerestük a választ, hogy a különböző VE évjáratokra számított termékenységi értékek becslési hatékonysága tovább javul-e, ha a mezőgazdasági évek jellemzésére nyolcfokozatú vízellátottsági kategória-rendszert alkalmazunk a háromfokozatú helyett.

Az AIIR adatbázisból leválogattuk az országos vetésszerkezetben jelentős területi arányt kitevő, 15 legfontosabb mezőgazdasági kultúrára a mintaterületeken mért terméseredményeket, majd ezeket az eredményeket normalizáltuk.

## 2. táblázat

Dél-alföldi mintaterületek tábláira/résztábláira vonatkozó növénytermesztési, mezőgazdasági évjárat és kijutatott NPK hatóanyag kategória adatok

A, Alapadatok	(1) Mintaterület	(2) Település	(3) Gazdaság	(4) Földmű- velési egység száma (db)	(5) Terület (ha)	(6) Mintaterület adatbázis elemszáma (N)
	mezőhegyesi	Mezőhegyes	Mezőhegyesi Ménestulajdonos Zrt.	83	7 824,66	1 121
	orosházi*	Kardoskút	Kardoskúti Mezőgazdasági Zrt.	32	1 975,73	119
	orosházi*	Orosháza	Orosfarm Zrt.	59	1 664,85	195
	szentesi	Szentese	Árpád-Agrár Zrt.	5	576,98	123
			D, Összeg:	179	12 042,22	1 558
B, Növénytermesztési adatok	(1) Mintaterület	(7) Vizsgált időszak	(8) Forrás	(9) Gazdálkodási adatok		(10) Főbb növények
	mezőhegyesi	2001–2009	táblatorzs- könyv	tábla / résztábla területe (ha), NPK műtrágya (kg/ha), szervestrágya (t/ha), elővetemény, fővetemény, terméshozam (t/ha), öntözővíz (mm)***		őszi búza, kukorica, napraforgó, borsó, őszi- és tavaszi árpa, repce, siló kukorica, lucerna
	orosházi*	2000–2007				
	orosházi*	2002–2008	AKG Napló**			
	szentesi	1978–2008	táblatorzs- könyv			

2. táblázat folytatása

C, VE és NPK kategória adatok	(1) Mintaterület	(11) Meteorológiai állomás	(12) NPK kategória	(13) VE <sub>3</sub> kategória	(14) VE <sub>8</sub> kategória
	mezőhegyesi	Pitvaros	1; 2; 3; 4; 5. és 6. kategória	–	súlyosan száraz, száraz, mérsékelt vízellátású és jó vízellátású év
	orosházi*	Orosháza	–	száraz, normál és nedves év	–
	szentesi	Szarvas	1; 2; 3; 4; 5. és 6. kategória		

Megjegyzés: \*Az orosházi mintaterület 2 gazdaságának talajtani- és növénytermesztési információit egy egységként kezeltük a vizsgálatok során. \*\*Agrár-környezetgazdálkodási Naplóból származó adatok. \*\*\*A szentesi mintaterületen 1990-től rendszeresen öntöznek.

A normalizálást úgy végeztük el növényenként, hogy az AIIR adatbázisban szereplő minimális terméshozamokhoz az 1-es, míg a maximális terméshozamokhoz a 100-as értéket kötöttük (1. egyenlet).

$$Th_{100} = 1 + \left( \frac{Th - Th_{min}}{Th_{max} - Th_{min}} \right) \times 99 \quad (1)$$

ahol:

$Th_{100}$  – adott növény 1–100-as skálára normalizált terméshozama;

$Th$  – adott növény terméshozama (t/ha);

$Th_{min}$  – adott növény minimális terméshozama (t/ha);

$Th_{max}$  – adott növény maximális terméshozama (t/ha).

Az 1. egyenlet alapján normalizáltuk a mintaterületi adatbázisok tábla/résztábla szintű mért terméshozam adatait is, majd a következő lépésben a többéves mintaterületi termés adatsorokból növényenként kiszűrtük az AIIR legkisebb normalizált termésátlagától negatív, illetve a legnagyobbtól pozitív irányban 20 %-nál nagyobb mértékben eltérő normalizált terméshozamokat (mint valószínűsíthető mérési hibákat).

Az egyes mintaterületekre (pl. mezőhegyesinél 9 év, szentesinél 30 év) lényegesen hosszabb időszakokra vonatkozva álltak rendelkezésünkre növénytermesztési és termésadat információk, mint az AIIR adatbázis esetében, amely 5 év (1985–1989) adatsorát tartalmazza (DEBRECZENINÉ et al., 2003; KOCSIS et al., 2014a). A mintaterületek talajtérképi adataiból összeállított talajtani részadatbázist a tábla/résztábla-kiosztási térképek segítségével összekapcsoltuk a növénytermesztési részadatbázissal, így az egyes szántókra „komplex mintaterületi” adatbázist hoztunk létre (KOCSIS, 2016).



Végül a mintaterületek talajváltozati feltjait hozzárendeltük az AIIR adatbázis adott talajváltozati egységét jellemző átlagos normalizált termésszinteket.

#### *Mintaterületek talajváltozati termékenység becslése iterációs módszerrel*

A Dél-Tiszántúlon elhelyezkedő mintaterületek talajváltozatainak átlagos termékenységét különböző csoportokat képezve (3. táblázat) a földművelési egység szintű több éves normalizált termés adatsorokból és a táblakon/résztáblakon lévő talajváltozati foltok területi részarányából becsültük iterációs módszerrel. Kiindulási értéként a talajváltozati foltok AIIR-ből származtatott átlagos (normalizált) termékenységét vettük alapul.

Néhány esetben az iterációs számítás algoritmusa az előforduló talajváltozati variánsok nagy számát nem tudta kezelni. Az MS Excel Solver program limitált elemszámban, egyszerre maximum 199 variánsra képes elvégezni a számítást, ezért egyes mintaterületek összevont termékenység becslésénél (pl.: orosházi, vagy a dél-alföldi szántóterületeket egybevéve) „talajváltozati-csoportokat” képeztük. A csoportképzéshez a Chi-squared Automatic Interaction Detection (CHAID) típusú klasszifikációs fa módszert használtuk: talajváltozati-csoportokba (nóduszokba) vontuk össze az AIIR adatbázis azonos termékenységi szintű talajváltozatait (talaj altípus és talajváltozati tulajdonság (fizikai féleség, kémhatás, humusz- és mésztartalom kategóriák) kombinációit). A talajváltozati-csoportokhoz tartozó normalizált AIIR termésátlagokat használtuk fel ezután a termékenység becslések iterációs számításainak kezdőértékeként, ezáltal jelentősen csökkentve a kezelendő talajváltozati variánsok számát és biztosítva az iterációs számítások elvégzését (KOC SIS, 2016).

A termékenység becsléseknél az iterációs módszerhez bemeneti adatként használtuk: a mintaterületeken mért tábla/résztábla normalizált termésátlagokat; a táblán/résztáblán a talajváltozati (vagy talajváltozati-csoport) foltok %-ban kifejezett területi arányát; az AIIR adatbázis alapján talajváltozatokra (vagy talajváltozati-csoportokra) meghatározott átlagos normalizált termékenységeket; az AIIR-ban szereplő termésszintek 50 és 80 %-os valószínűségein előforduló minimális és maximális terméshozamokat (KOC SIS, 2016).

Az optimalizálási becsléseket két változatban futtattuk le: első esetben a talajváltozati foltok (vagy a talajváltozati-csoportok) termékenységének alsó és felső peremfeltételeként az adott talajváltozat (vagy a talajváltozati-csoport) AIIR-ban előforduló normalizált termésszintjeinek 50 %-os, második esetben a 80 %-os valószínűségein számított alsó és felső határokat rendeltük hozzá. A termékenységi becsléseknél az előbbi „A” típusú iterációnak, az utóbbit „B” típusú iterációnak neveztük el.

Az iterációs számítások kezdőértékeként az AIIR adatbázisból meghatározott (1) átlagos normalizált talajváltozati termékenységeket, vagy (2) talajváltozati-csoport termékenységeket használtuk. A termékenység becsléseken belül többféle változatban: (a) „mintaterületi” adatsorokból csoportokat nem képezve; (b) műtrágyázási (NPK) kategóriák; (c) VE évjáratok; (d) termesztett növények; (e) VE évjáratok és termesztett növények alapján csoportosítva végeztük el az iterációs

számításokat. A különböző csoportosításokkal az iterációs számítások pontosságának növelési lehetőségeit vizsgáltuk (3. táblázat).

A termékenység becsléseket nemcsak (f) táblánként vagy résztáblánként, hanem (az orosházi és a szentesi mintaterületnél) úgynevezett (g) tábla-csoportonként is elvégeztük (3. táblázat). A szántóföldi növénytermesztésben kialakult üzemszervezési gyakorlatból kiindulva ugyanis (a földművelési egységeken összevont művelés és betakarítás folyik) egyes mezőgazdasági üzemek nem táblánként vagy résztáblánként, hanem tábla vagy résztábla csoportokra vonatkoztatva adják meg a termésátlagokat. Ez esetben a talajváltozati termékenység becslések is tábla-csoportonként adnak pontosabb becsléseket. A szentesi szántóterület esetében a fentiekén túl (h) öntözetlen (1978–1989) és (i) öntözött (1990–2008) időszakokra is végrehajtottuk a talajváltozati becsléseinket (3. táblázat).

### 3. táblázat

Mintaterületek talajváltozati termékenység becsléseinél alkalmazott iterációs típusok  
*Megjegyzés:* I. mezőhegyesi mintaterület; II. orosházi mintaterület; III. szentesi mintaterület.  
 \*nyolcfokozatú természetes vízellátottságot mutató kategória alkalmazása. \*\*háromfokozatú természetes vízellátottságot kifejező kategória használata.

(3) Mintaterület	(4) Iteráció típusa	(1) Talajváltozati becslés									(2) Talajváltozati-csoport (CHAID) becslés								
		a) Nincs felosztás	b) NPK kategóriák	c) VE évjáratok	d) Növények	e) VE évjáratok és növények	f) Földművelési egységek	g) Földművelési egység csonortok	h) Öntözetlen időszak	i) Öntözött időszak	a) Nincs felosztás	b) NPK kategóriák	c) VE évjáratok	d) Növények	e) VE évjáratok és növények	f) Földművelési egységek	g) Földművelési egység csonortok	h) Öntözetlen időszak	i) Öntözött időszak
I.*	A	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x			
	B	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x			
II.**	A			x	x	x	x	x					x	x	x	x	x		
	B			x	x	x	x	x					x	x	x	x	x		
III.**	A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	B	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Az iterációs becslések során az országos AIIR adatbázis alapján meghatározott átlagos normalizált talajváltozati termésszinteket a mintaterületi termésadatokkal korrigáltuk. A táblákra/résztáblákra vagy tábla-csoportokra – a talajváltozatok vagy változati-csoportok százalékos arányának ismeretében – a normalizált talajváltozati termésszintek alapján termésbecslést végeztünk, majd az adott földművelési egység (tábla, résztábla, tábla-csoport) mért és becsült termése közti különbséget (a

talajváltozati termékenységi értékek változtatásával) minimalizáltuk. Ennek eredményeként a vizsgált talajváltozatokra pontosított termékenység értékeket számolhattunk (KOC SIS, 2016).

Az iterációs számítást *MS Excel Solver* bővítménnyel végeztük, amely a „*Generalized Reduced Gradient*” nem lineáris optimalizálási eljárást használja. A *Solver* eszköz a lineáris és az egész értékű problémákra a változókat korlátozó szimplex, valamint az elágazás és korlátozás eljárást használja (PRIMUSZ, 2006).

Ezután statisztikai módszerekkel értékeltük az iterációs becslések pontosságát. Összehasonlítottuk a mintaterületek egyes földművelési egységein mért normalizált termésadatokat az ugyanazon földművelési egység változati talajfoltjai alapján becsült normalizált termésadataival és kiszámítottuk a becslések jóságának mértékét. A becslések helyességének a jellemzésére RAJKAI (2004) alapján úgynevezett „*becslési hatékonyságot*” számoltunk, amely érték a vizsgált adatbázisra százalékban kifejezve adja meg a jó és elfogadható pontosságú becslések mennyiségét. Számításaink során azon becsléseket tartottuk elfogadható pontosságúaknak, ahol a mért és a becsült termékenységi értékek közti átlagos eltérések nagysága a 100-as skálára normalizált termésadatok esetében 10 egységnél kisebb volt.

### Vizsgálati eredmények értékelése és megvitatása

#### *Iterációs számítások mintaterületenként*

A 4. táblázat a mezőhegyesi mintaterületre (döntően csernozjom talajváltozatokra) elvégzett talajváltozati termékenységi vizsgálatok eredményeit mutatja be. Első lépésben, amikor az adatállományt nem bontottuk szét csoportokra, megállapítható volt, hogy ha csupán a CHAID klasszifikációs fa módszerrel végeztük talajváltozati csoportképzést, ez az iterációt megelőzően mindössze 1,06 %-kal növelte a termékenységi becslések hatékonyságát. Az „A” és „B” típusú iteráció elvégzése után a becslési hatékonyságok – az előzetes talajváltozati szintű csoportképzéstől függően – kisebb mértékben (9,57 és 10,64 %-kal) megnöttek.

A mezőhegyesi mintaterület esetében a vizsgált időszakra súlyosan száraz évet (VE<sub>8II.</sub>), száraz évet (VE<sub>8III.</sub>), mérsékelt vízellátású évet (VE<sub>8IV.</sub>), valamint jó vízellátású évet (VE<sub>8V.</sub>) tudtunk megkülönböztetni (SZÁSZ, 1991).

4. táblázat

A mezőhegyesi mintaterületre számított talajváltozati termékenységek becslési megbízhatósága különböző iterációs csoportok képzése esetén

(1) Becslési hatékonyság változása (%)					
(2) Iteráció típus		(3) Egyben	(4) NPK kategóriák	(5) VE évjáratok	(6) Növények
a) AIIR átlag	d) Talajváltozatok	0,00	-1,06	0,00	0,00
b) „A” típus		9,57	41,49	1,06	148,94
c) „B” típus		10,64	52,13	0,00	273,40
a), AIIR átlag	e) Talajváltozati- csoport (CHAID)	1,06	15,96	1,06	1,06
b) „A” típus		10,64	38,30	2,13	140,43
c) „B” típus		10,64	53,19	2,13	276,60

Megállapítható, hogy a talajváltozati szintű termékenységbecslések hatékonyságai abban az esetben javultak jelentősen, amikor a mintaterületi adatállományt különböző módokon csoportokra bontottuk és azok szerint futtattuk le az iterációs becsléseket. Az „A” típusú iterációs módszert alkalmazva, a kijuttatott műtrágya adagok szerint képzett NPK kategóriák alapján csoportosítva az adatokat 38,30–41,49 %-os; termesztett növények szerint csoportosítva 140,43–148,94 %-os becslési hatékonyságnövekedést tapasztaltunk. A vízellátottsági kategóriák (VE) szerinti csoportosítás nem okozott jelentős hatékonyság növekedést (1,06–2,13 %). A számítások megbízhatósága tovább nőtt a „B” típusú iteráció alkalmazása során (NPK kategóriák szerint bontva: 52,13–53,19 %; növények szerint bontva: 273,40–276,60 %). Eredményeinket alátámasztják HERMANN és munkatársainak (2014a; 2014b) a kukoricatermésre vonatkozó, a talajok nitrogén- és foszfor-ellátottságának vizsgálatán alapuló statisztikai elemzései, amelyeket az AIIR adatbázis adatsorain, különböző (kedvező és kedvezőtlen) évjáratokra, csernozjom talajú termőhelyeken is elvégeztek. Munkájuk során arra a következtetésre jutottak, hogy kedvező évjáratban csernozjom talajon a magasabb szintű foszfor ellátottságnak nincs termésnövelő hatása, viszont kedvezőtlen évjáratban a talaj növekvő foszfor-ellátottsága inkább termésdepressziót okoz. Eredményeik azt mutatták továbbá, hogy kedvező évjáratban már közepes nitrogén-ellátottság mellett is magas kukoricahozamok várhatók, a közepes ellátottságnak az alacsony ellátottsághoz képest mintegy 15 %-os termésnövelő hatása figyelhető meg.

Megállapítható, hogy a csernozjom talajváltozatok termékenységi becslése akkor javult legnagyobb mértékben, amikor az iterációs számítást a termesztett növények – repce, kukorica, napraforgó, őszi búza, borsó – szerint képzett csoportokra külön-külön hajtottuk végre.

A talajtermékenység számítására szolgáló módszer megbízhatósága és becslési hatékonysága nagyban függ a vizsgálandó mintaterület adatbázisának elemszámától. Kis elemszámú adatbázisoknál kisebb mértékű becslési hatékonyság növekedés érhető el az optimalizálás során, mint a nagy elemszámúak esetében. Másrészt, a tapasztalatok alapján a becslési hatékonyságokban bekövetkező javulás mértéke attól is függ, hogy milyen megfontolások szerint csoportosítva végeztük el az iterációt.

A *szentesi mintaterületre* becsült átlagos talajváltozati termékenységi értékek az 5. táblázatban láthatók. A szentesi mintaterület termékenységi vizsgálata a többi mintaterületétől abból a szempontból tért el, hogy 1990-től a rendszeres öntözés (átlagosan 120 mm/év) érzékelhető mértékben „árnyalta” az összefüggéseket. Nem csupán a mezőgazdasági évjáratok természetes vízellátottságainak hatását lehetett megfigyelni, hanem a mintaterület lehetőséget teremtett arra, hogy az iterációs becslések módszertanát alkalmazva vizsgáljuk az öntözött talajok termékenység növekedését.

A mélyben szolonyeces réti csernozjom talajok termékenysége esetében az *öntözött* és az *öntözetlen* időszakoknál egyaránt a talajok mésztartalmának kiegyenlítő hatása figyelhető meg. A kisebb vagy azonos humusztartalom mellett jelenlévő nagyobb kalcium-karbonát tartalommal jellemezhető (2045354; 2045355) talajváltozat becsült termékenysége jobb. Ez a tendencia tapasztalható a karbonátos réti csernozjom (2015352, 2015353, 2015354) talajváltozatok termékenységi mutatóinál is. Ha az előbb említett talajféleségeket fizikai féleség oldaláról közelítjük meg, akkor az agyagtartalom növekedésével a termékenységi szintek csökkennek (2016352, 2016353, 2016452, 2046354, 2046452).

Az *öntözött* és *nem öntözött* időszakokat összevetve megállapítható, hogy az öntözéstől függetlenül az agyagosabb karbonátos csernozjom réti talajoknak (3315353, 3316352, 3316452) nagyobb a termékenysége, ezen belül pedig a humuszban szegényebb talajváltozatoknál (3315353, 3316352) termékenység csökkenés tapasztalható.

5. táblázat

Szentesi mintaterület talajváltozataira az AIIR adatbázis alapján és iterációval becsült átlagos termékenységek különböző vízellátottsággal jellemezhető évjáratokban

(2) Szentesi mintaterület talajváltozatai (kódok, '89 Útmutató)	(3) AIIR termésátlagok alapján becsült termékenységek	(1) Iterációval számított átlagos termékenységek			
		(4) Öntözött száraz évjáratok (VE <sub>3I.</sub> )	(5) Öntözött normál évjáratok (VE <sub>3II.</sub> )	(6) Öntöztelen száraz évjáratok (VE <sub>3I.</sub> )	(7) Öntöztelen normál évjáratok (VE <sub>3II.</sub> )
		a) 1–100 normalizált skála			
2015352	56,26	78,28	95,00	71,24	62,85
2015353	55,03	54,10	85,94	67,20	54,32
2015354	51,36	52,08	80,47	65,15	51,72
2015452	58,36	58,28	95,00	91,64	51,85
2015453	55,97	55,25	85,31	71,05	57,79
2016352	56,57	56,95	75,95	70,46	61,99
2016353	55,07	54,38	81,35	65,97	54,46
2016452	55,61	56,90	83,49	70,40	54,58
2045352	53,46	54,88	58,50	54,79	55,72
2045354	52,57	52,81	55,85	50,13	49,53
2045355	52,57	52,81	55,85	51,42	51,19
2045451	55,83	58,65	56,62	55,53	56,83
2045452	55,83	71,45	72,25	73,03	59,57
2046354	48,87	48,94	47,30	51,39	45,00
2046452	51,63	54,57	50,00	52,41	52,24
2435152	55,90	50,00	55,90	50,00	50,00
3014454	47,78	55,00	55,00	55,00	50,00
3046351	51,30	51,74	54,54	53,27	54,94
3315353	55,03	54,57	62,67	57,92	64,80
3316352	56,57	63,02	71,63	67,64	72,66
3316452	55,61	55,08	58,08	54,85	58,01
3345344	52,52	53,11	66,21	59,88	67,29
3345352	53,46	53,81	65,64	57,82	64,29
3346352	48,87	51,19	63,68	57,44	65,79
b) Termésátlag:		65,70	81,36	69,05	59,31

A kalcium-karbonát ugyanakkor képes kompenzálni a humusztartalomnak a talajok termékenységét befolyásoló hatását. A vizsgált alacsony humusztartalmú talajváltozatoknál (2016353, 3316352) a vártnál nagyobb termékenység tapasztalható, amely egyrészt a karbonát-tartalommal, másrészt a nagyobb agyagtartalommal magyarázható. Az iterációs becslések eredményei szerint az *öntöztelen* perióduson belül a *száraz évjáratokban* (VE<sub>3I.</sub>) kisebb termésszintek jellemzők, mint normál években (VE<sub>3II.</sub>). (A szentesi mintaterület esetében a vizsgált (1978–2008) időszakra kiszámolt Szász-féle természetes vízellátottságok alapján a háromfokozatú kategóriarendszer szerint csak száraz és normál évjárat-csoportokat tudunk megkülönböztetni.) Az *öntöztelen évjáratok* esetében az

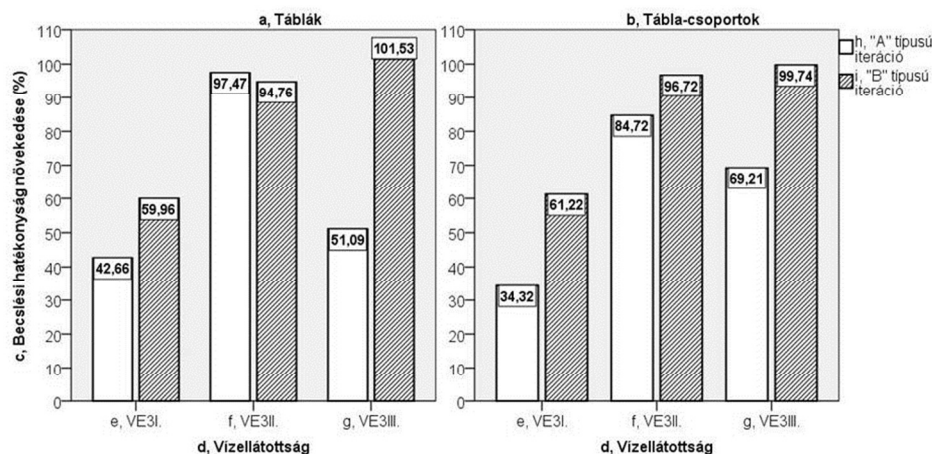
agyagos vályog fizikai talajféleségű szolonyeces csernozjom réti talaj változatainak (3345344) nagyobb  $\text{CaCO}_3$  tartalma nagyobb termékenységgel jár együtt. Érdekes tapasztalat, hogy az *öntözött száraz* ( $\text{VE}_{3\text{I.}}$ ) és *normál* ( $\text{VE}_{3\text{II.}}$ ) mezőgazdasági *évjárat-csoportok* termésátlagai között is jelentős az eltérés. Ebből arra következtethetünk, hogy a száraz években az öntözés kismértékben növelte ugyan a táblák termékenységét, de a  $\sim 120$  mm/év öntözővíz nem tudta megszüntetni a vízhiányt. A várttal ellentétben az öntözés hatása nem tudta elfedni az évjáratok csapadékelátottságának különbözőségét, és ezt a becslési eredményeink is jól alátámasztják. Normál években viszont – amikor lehetőség volt az öntözésre – a kiadagolt víztöbblet eredményesen növelte az – amúgy is magasabb – termésszintet.

#### *Iterációs számítások a mintaterületek összevonása után*

A Dél-Alföldön található mintaterületeinket egymással összevonva is elvégeztük az iterációs talajváltozati termékenység becslést, amelynek eredményét és értékelését az alábbiakban ismertetjük.

A termőhely-specifikusságot tekintve arra a megállapításra jutottunk, hogy az alföldi csernozjom és a réti csernozjom talajváltozatok termékenységi szintjei kevésbé függenek a területre jellemző évjáratok szintű vízellátottságtól. Ez a csernozjom talajok kedvező vízgazdálkodási tulajdonságaival magyarázható (MAKÓ & TÓTH, 2007). A jó vízgazdálkodású csernozjom talajoknak kedvező a víznyelő és vízvezető képessége, megfelelő mennyiségű, a növények számára felvehető vizet tudnak raktározni vályog-agyagos vályog fizikai féleségük, nagy szervesanyag-tartalmuk, humuszanyagaiknak minősége, morzsás szerkezetük és jó morzsastabilitásuk következményeként; és mindez pozitívan hat a termékenységre (TÓTH et al., 2013). A vízellátottság hatása abban az esetben erősödött fel, amikor a réti csernozjom talajok mellett számottevő mértékben fordultak elő gyengébb minőségű szikes talajváltozati foltok.

A 1. ábra bemutatja az iterációval történő talajváltozati szintű termékenység becslés hatékonyságának javulását az AIIR adatbázisból számított termésátlagok alapján történő termékenységbecsléshez képest. Megállapítható, hogy a földművelési egység szintű termésadatok mért és becsült értékei közt csökkennek a különbségek, ha iterációs módszerrel pontosítjuk a táblák vagy a parcellák talajváltozati foltjainak termékenységét. Az egyes iterációk „megbízhatósága” közt is különbség mutatkozott: a termékenységi becslés hatékonysága lényegesen javult, ha „B” típusú iterációt alkalmaztunk.



1. ábra

Az orosházi és szentesi mintaterületek tábláira, valamint tábla-csoportjaira iterációs módszerrel számított átlagos termékenységek becslési hatékonyságának (%) javulása az AIIR adatbázis alapján meghatározott termésátlagokhoz képest a természetes vízellátottságok szerinti csoportosításban

Az orosházi és szentesi mintaterület esetében az 1. ábra a különböző módszerekkel becsült vízellátottság évjáratonkénti, tábla és tábla-csoportokra érvényes termékenységtérkéket mutatja be. A becslési megbízhatóság százalékban kifejezve számottevően (60–90 %) nőtt, amikor VE évjáratonként és tábla-csoportonként iterációval becsültük a termékenységeket. A becslések alapján a fentebb leírtakhoz hasonló következtetéseket vonhattunk le: az iterációs módszerrel – természetes vízellátottságtól függően – pontosabbá tehetők a talajváltozati termékenységi mutatók.

### Következtetések

A múlt század 30-as éveiben 'Sigmond által megfogalmazott, majd később Máté és Fórizsné és munkatársai által újra megerősített álláspont szerint a földminősítési mutatószámok megállapításának a termőterületeinket jól reprezentáló, a nagyméretarányú talajtérképezési adatok sokaságából felépülő talajkataszter információk, valamint növényenkénti hosszú idősoros terméseredmények statisztikai elemzésén kell alapulnia. Tóth és munkatársai is az utóbbi koncepció mentén a fejlesztették ki az új D-e-Meter földminősítést. A mintaterületi idősoros termésadatok közleményünkben bemutatott feldolgozása hozzásegíthet bennünket az országosan nem jelentős területi hányadban, de egy-egy talajtájon vagy termőhelyen gyakorta előforduló talajváltozatok termékenységi jellemzőinek pontosításához. Az alkalmazott iterációs módszerrel pontosíthatóak, „finomhangolhatóak” az országos AIIR adatbázis alapján megadott talajváltozati szintű termékenységi adatok. Az alkalmazott módszerrel az AIIR adatbázis átlagos



terméshozam adataiból kiindulva a talajváltozati termékenységek korrigálhatók, a mintaterületek földművelési egység – tábla vagy résztábla – szintjén mért, s a talajfoltok területi arányával súlyozott termésátlagok felhasználásával. A becslési eljárás tovább pontosítható az iterációs módszer peremfeltételeinek változtatásával („A” típusú helyett „B” típusú iteráció használata), illetve a különböző szempontok szerinti csoportképzésekkel.

Az általában igen változó becslési megbízhatóság százalékos értékei ugyanakkor arra hívják fel a figyelmet, hogy a földművelési egységek termékenységi viszonyait csak részben tudjuk modellezni, magyarázni az egyes talajfoltok termőképességi jellemzőivel. Évjáratonként igen sok egyéb „zavaró” tényező – belvízkár, viharkár, fagykár, vadkár, rágcsáló invázió, növénybetegségek stb. – is befolyásolhatja a ténylegesen mért termésértékeket.

Javasoljuk a fent ismertetett iterációs módszerrel történő földminősítő mutatószámok képzése és pontosítása során (lásd a 3. táblázat) a továbbiakban az alábbi tapasztalatok figyelembe vételét:

(a.) amennyiben az egyes vizsgált talajtíjakon, földrajzi közép- és kistíjakon vagy mintaterületeken belül öntözött és öntöztelen földművelési egységekre is rendelkezésre állnak termésadatok, akkor a földterületeket (az öntözés vízadagjai, valamint mezőgazdasági évjáratok alapján szétválogatott) csoportosításban javasolt értékelni;

(b.) ha lehetőség van rá, célszerű a jövőben az értékelés során az éghajlati hatásokat, az egyes mezőgazdasági évjáratokat jellemző, a természetes növényi vízellátottságokat, az aszály mértékét (pl. PADI, PDSI, SPEI index) kifejező kategóriaváltozókat figyelembe venni (SZÁSZ, 1991; BARTHOLY et al., 2011; BIHARI et al., 2012);

(c.) a földminőségi mutatószámok képzésénél – ha erre van adat – mindenféleképpen célszerű számításába venni a kijuttatott tápanyag mennyiségét, hiszen a megfelelő talajerő-utánpótlásnak nemcsak önmagában van termésnövelő szerepe, hanem különböző vízellátású évjáratok hatását is erősítheti vagy gyengítheti (KISMÁNYOKY, 2005; MAKÓ et al., 2009; HERMANN et al., 2014a, 2014b);

(d.) mivel növény-csoportonként (őszi vetésűek, tavaszi vetésűek) vagy növény fajtánként (kukorica, napraforgó) ugyanazon talajféleségek más és más termékenységi viszonyokat mutatnak (HERMANN et al., 2007), javasolt az iterációk során növény-specifikusan elvégezni a pontosítást;

(e.) egyes esetekben a földminősítési mutatószámok pontosítását – az üzemszervezési gyakorlatból eredendően – nem táblánként, hanem ún. tábla-csoportonként célszerű elvégezni (KOC SIS, 2016).

A bemutatott módszer lehetőséget nyújt arra, hogy a Magyarországon érvényben lévő aranykoronás földértékelés majdani megreformálásakor a helyébe lépő, bevezetendő talajértékelést – a már kidolgozott D-e-Meter termőhely minősítő rendszert – a begyűjtött mintaterületi térképi adatok és a sokéves termésadatsorok alapján tovább pontosítsuk, illetve a hiányzó (pl. nagy agyagtartalmú csernozjom, réti és öntés) talajváltozatokra kiegészítsük.

## Összefoglalás

Tanulmányunkban ismertetett talajtermékenységi vizsgálatok szervesen kapcsolódnak a Pannon Egyetem Georgikon Kar, Növénytermesztéstan és Talajtani Tanszékén nagy hagyományokkal rendelkező, már több évtizede folyó földminősítési alapkutatásokhoz. A földminősítési kutatások során született eredményekkel kapcsolatosan több olyan kérdés merült fel, amelyek tisztázása eddig még nem történt meg. Megoldandó feladatként jelentkezett többek közt, hogy az országos összesítésben nem jelentős területi arányt elfoglaló, de egy-egy tájra vagy termőhelyre jellemző talajváltozatokra a becsült átlagos termékenység értékek – mintaterületi adatbázisok növénytermesztési- és talajtani információinak felhasználásával – pontosításra kerüljenek.

A termékenységi vizsgálatainkat a Dél-Alföldön, a Tisza-Maros közén elhelyezkedő, zömében nagy agyagtartalmú csernozjom és réti talajváltozatokon végeztük. A termékenységi becslésekhez a mintaterületek rendelkezésre álló talajinformációit (1:10.000 léptékű üzemi és földminősítési genetikus talajtérkép, 1:25.000 Kreybig-féle átnézetes talajismereti térképek), illetve földművelési egység (tábla és résztábla) szintű, hosszú idősoros mért terméseredményeit használtuk fel. A számítások során az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) adatbázis többéves (1985–1989) terméshozamaiból becsült átlagos talajváltozati termékenység értékeket korrigáltuk a mintaterületek talajféleségein (talajfoltjain) mért terméseredményekkel, a számításokhoz iterációs módszert használtunk.

A dél-alföldi mintaterületeken kidolgozott módszer lehetőséget nyújt arra, hogy a hazai földértékelés majdani megújításakor a begyűjtött különböző talajtérképi- és talajadatbázis információk, valamint a többéves termés adatsorok alapján egyes talajtaxonómiai egységekre pontosítsuk, illetve az eddig még hiányzó talajváltozatokra kiegészítsük a földminőséget kifejező mutatószámot.

A mintaterületekre kapott eredmények arról tanúskodnak, hogy a becslési eljárás pontosítható az iterációs számítás peremfeltételeinek megválasztásával („A” típusú helyett „B” típusú becslés), illetve különböző szempontok szerinti csoportképzésekkel. A vizsgálataink során kapott nagyon eltérő becslési megbízhatóság értékek arra hívják fel a figyelmet, hogy a földművelési egységek termékenységi viszonyait csak részben tudjuk modellezni és magyarázni az egyes talajváltozati foltok termékenységi viszonyaival.

**Kulcsszavak:** talajtermékenység, talajváltozat, AIIR adatbázis, iterációs becslés, földminősítés

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program „Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt által nyújtott személyi támogatással valósult meg. Szakmailag szorosan kapcsolódik a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekthez. A projektek az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg.

## Irodalom

- BALLENEGGER R., 1921. A termőföld. Ethika Tudományterjesztő és Könyvkiadó K. t., Hungária Könyvnyomda és Kiadóüzlet, Budapest.
- BALLENEGGER R., 1942. A feketeföld. Természettudományos Közlemények. **74.** 65–70.
- BEECK, K. J., 1978. Land evaluation for agricultural development. ILRI Publication **23.** Wageningen, ILRI.
- BOUMA, J. & BREGT, A. K., 1989. Land Qualities in Space and Time. Proceedings of a Symposium Organized by the International Society of Soil Science **3** (13). Wageningen, Pudoc, Netherlands.
- CSERHÁTI S. & KOSUTÁNY T., 1887. Trágyázás alapelvei. Országos Gazda Egyesület. Budapest.
- DEBRECZENI B.-NÉ, KUTI L, MAKÓ A., MÁTÉ F., SZABÓNÉ KELE G., TÓTH G. & VÁRALLYAY GY., 2003. D-e-Meter földminősítési viszonyszámok elméleti háttere és információ tartalma. In: Földminősítés és földhasználati információ (Szerk.: GAÁL Z., MÁTÉ F. & TÓTH G.). Veszprémi Egyetem. Keszthely. 23–36.
- DUNKEL Z., 1978–2009. Időjárási napi jelentés. Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), Budapest.
- FARKAS CS., HERNÁDI H., MAKÓ A., MARTH P. & TÓTH B., 2009. A Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA) bemutatása. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ, Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága, Budapest.
- FÓRIZS J.-NÉ, 1985. Fölértékelés – termőhelyi értékelés problémái, javaslat a termőhely korszerű értékelésére. Agrárgazdasági Kutató Intézet. Budapest.
- FÓRIZS J.-NÉ, MÁTÉ F. & STEFANOVITS P., 1971. Talajbonitáció – földértékelés. Agrártudományi Közlemények. **30.** 359–378.
- GAÁL Z., DEBRECZENI BNÉ., KUTI L, MAKÓ A., MÁTÉ F., NÉMETH T., NIKL I., SPEISER F., SZABÓ B., SZABÓNÉ KELE G., SZAKADÁT I., TÓTH G., VASS J., VÁRALLYAY GY., 2003. D-e-Meter az intelligens környezeti földminősítő rendszer. In: Földminősítés és földhasználati információ (Szerk.: GAÁL Z., MÁTÉ F. & TÓTH G.). 3–21. Veszprémi Egyetem. Keszthely.
- GÉCZY G., 1960. Újabb mezőgazdasági talajhasznosítási rendszer. Agrokémia és Talajtan. **9.** 405–413.
- GÉCZY G., 1968. Magyarország mezőgazdasági területe. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- GRÁBNER E., 1958. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- HACK TEN BROEKE, M. J. D., VAN LANEN, H. A. J. & BOUMA J., 1993. The leaching potential as a land quality of two Dutch soils under current and potential management conditions. Geoderma **60.** 73–88.
- HERMANN T., SPEISER F., TÓTH G. & MAKÓ A., 2007. A D-e-Meter földminősítés gyakorlati alkalmazhatósága. In: Földminősítés, földértékelés és földhasználati információ (Szerk.: TÓTH T., TÓTH G., NÉMETH T. & GAÁL Z.). MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet–Pannon Egyetem, Budapest–Keszthely. 31–38.

- HERMANN T., KISMÁNYOKY T. & TÓTH G., 2014a. A foszfor-ellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termőképességére mezőségi és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban. *Növénytermelés* **63**. (1) 1–18.
- HERMANN T., KISMÁNYOKY T. & TÓTH G., 2014b. A humuszellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére csernozjom és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban. *Növénytermelés* **63**. (2) 1–22.
- KASS G. V., 1980. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Applied Statistics* **29** (2). 119–127.
- KIRÁLY L., 1993. Az aranykoronás földminősítő rendszer és annak hibája. *Talajvédelem* **III.** évfolyam. (3–4) 10–16.
- KISMÁNYOKY T., 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válaszai Közép- és Dél-Dunántúl szántóföldi növénytermelésében. „AGRO-21” Füzetek **41**. 81–94.
- KOCSIS M., FARSANG A. & MAKÓ A., 2008. Csongrád megyei mintaterület termőhely minősítése a hazai földértékelési gyakorlat és az új D-e-Meter rendszer tükrében. In: *Talajvédelem különszám, Nyíregyházi Talajtani Vándorgyűlés* (Szerk.: SIMON L.). 601–609. Talajvédelmi Alapítvány – Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza.
- KOCSIS M., TÓTH G., BERÉNYI ÜVEGES J. & MAKÓ A., 2014a. Az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázis talajtani adatainak bemutatása és térbeli reprezentativitás-vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan* **63**. (2) 371–391.
- KOCSIS M., TÓTH G. & MAKÓ A., 2014b. Mezőgazdasági területek földminősítése Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan* **63**. (2) 223–248.
- KOCSIS M., 2016. A hazai talajosztályozási rendszer talajváltozatainak termékenység vizsgálata. Doktori (PhD) disszertáció. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Növénytermesztési és Talajtani Tanszék, Keszthely.
- KREYBIG L., 1937. Általános magyarázó a tiszaroffi, kunmadarasi talajismereti térképlapokhoz. Útmutatás a térképek hasznosításához. Magyar Királyi Földtani Intézet. Budapest.
- KREYBIG L., 1938. Tiszántúl. Magyar Királyi Földtani Intézet. Budapest.
- JASSÓ F. (Szerk.), HORVÁTH B., IZSÓ I., KIRÁLY L., PARÁSZKA L. & SZABÓNÉ KELE G., 1989. '88 útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Agroiinform Kiadó. Budapest.
- MAKÓ A., VÁRALLYAY GY. & TÓTH G., 2003. A földminőség évjáratos változásának talaj vízgazdálkodási tényezői. In: *Földminősítés és földhasználati információ* (Szerk.: GAÁL Z., MÁTÉ F. & TÓTH G.). Veszprémi Egyetem. Keszthely. 49–55.
- MAKÓ A. & TÓTH B., 2007. A talajok vízgazdálkodása és a termékenység. *Agro Napló* **XI**. (2) 46–47.
- MAKÓ A, TÓTH G., MÁTÉ F. & HERMANN T., 2007. A talajtermékenység számítása a változati talajtulajdonságok alapján. In: *Földminősítés, földértékelés és földhasználati információ* (Szerk.: TÓTH T., TÓTH G., NÉMETH T. & GAÁL Z.). MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet–Pannon Egyetem. Budapest–Keszthely. 39–44.

- MAKÓ A., MÁTÉ F., SZÁSZ G., TÓTH G., SISÁK I. & HERNÁDI H., 2009. A talajok klímaérzékenységének vizsgálata a kukorica termésreakciói alapján. "Klíma-21" Füzetek **56.** 18–35.
- MAKÓ A., TÓTH B., HERNÁDI H., FARKAS Cs. & MARTH P., 2010. Introduction of the Hungarian Detailed Soil Hydrophysical Database (MARTHA) and its use to test external pedotransfer functions. *Agrokémia és Talajtan* **59.** 29–38.
- MÁTÉ F., 1960. Megjegyzések a talajok termékenységük szerinti osztályozásához. *Agrokémia és Talajtan*. **9.** 419–426.
- MÁTÉ F., 1961. Polozsenyije gyla bonitirovki pocsv v Vengrii. *Roczniki Gleboznawcze*. **X.** 241–246.
- MÁTÉ F., 1999. A termőföld minősítése a főbb növények termesztésére való alkalmasság alapján. In: A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetősége. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 100–109. Agroiinform Kiadó. Budapest.
- MÁTÉ F. & TÓTH G., 2005. A földértékelés tendenciái. In: A talajok jelentősége a 21. században. (Szerk.: STEFANOVITS P. & MICHÉLI E.) 331–343. MTA Társadalomkutató Központ. Budapest.
- MCRAE S. G. & BURNHAM C. P., 1981. Land evaluation. Monographs on soil survey **7.** Clarendon Press, Oxford.
- MÉM (MEZŐGAZDASÁGI ÉS ÉLELMÉZÉSÜGYI MINISZTERIUM), 1982. Táblázatok a földértékelés végrehajtásához. MÉM, Budapest.
- OLSON, G. W., 1974. Land classifications. *Searcher Agricultural* **4.** 1–34.
- PALLÓS L., 1981. A földértékelés múltja és jelene Magyarországon I. Pénzügyi Szemle. XXV. évfolyam. (12)
- PALLÓS L., 1982. A földértékelés múltja és jelene Magyarországon II. Pénzügyi Szemle. XXVI. évfolyam. (8–9)
- PÁSZTOR L., BAKACSI Zs., LABORCZI A. & SZABÓ J., 2013a. Kategória típusú talajtérképek térbeli felbontásának javítása kiegészítő talajtani adatok és adatbányászati módszerek segítségével. *Agrokémia és Talajtan* **62.** 205–218.
- PÁSZTOR L., BAKACSI Zs., SZABÓ J. & LABORCZI A., 2013b. Célorientált digitális talajtérképezés. In: II. ATK Tudományos Nap 2013. november 8., Martonvásár (Szerk.: JANDA T.). 152–155. Martonvásár, Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutató Központ.
- PÁSZTOR L. & TAKÁCS K., 2014. Távérzékelés a talajtérképezésben. *Agrokémia és Talajtan* **63** (2). 353–370.
- Pogány S., 1997. A földkérdés a rendszerváltozás tükrében. *Magyar Hírlap*, Melléklet 2., 1997. szeptember 26.
- PRIMUSZ P. 2006. Tehergépkocsi tengelysúly növekedésének hatása az erdészeti utak pályaszerkezetére és a pályaszerkezet-gazdálkodására, Diplomamunka. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, Geomatikai és Mérnöki Létesítmények Intézet, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Tanszék. 60–39.
- RAJKAI K. 2004. A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. Budapest, Hungary: Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet.

- ’SIGMOND E., 1931. A talajkataszter szüksége és jelentősége. Köztelek. **41**. 101–104.
- ’SIGMOND E., 1935. A birtokpolitikai tervek és a talaj belső értékének meghatározása. Köztelek. **44**. 1003–1007.
- ’SIGMOND E., 1936. A tagosítás és a talajban rejlő természeti erők céltudatos értékesítése. Geodéziai Közlöny. **XII**. 1–4.
- ’SIGMOND E., 1937. A talajtípusok és gazdasági jelentőségük. Köztelek. **47**.
- SZABOLCS I. (Szerk.), DARAB K., FÓRIZS J.-NÉ, FÖLDVÁRI GY., JASSÓ F. & VÁRALLYAY GY., 1966. A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet (OMMI). Budapest.
- SISÁK I., KOCSIS M., BENŐ A. & VÁRSZEGI G., 2015. Method development to extract spatial association structure from soil polygon maps. Hungarian Geographical Bulletin (HGB) **64** (1). 65–78.
- SCHULTEISZ K. & BALASSA L., 1941. Az állami egyenesadók jogszabály gyűjteménye. Földadó. Magyar Királyi Állami Nyomda. Budapest.
- STEFANOVITS P., 1963. Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- STEFANOVITS P. & SZÜCS L., 1961. Magyarország genetikus talajtérképe. Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet (OMMI) kiadványa. Budapest.
- SZÁSZ G., 1991. A nyári aszályhajlam területi eloszlása Magyarországon. Acta Geographica **XXVIII-XXIX**. 291–308.
- TÓTH B., 2010. Talajok víztartó képességét becslő módszerek. Agrokémia és Talajtan **59**. 379–398.
- TÓTH B., 2011. Jellegzetes hazai talajok víztartó képességének számítása és jellemzése talajtérképi információk alapján. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Növénytermesztési és Talajtani Tanszék, Keszthely.
- TÓTH G., 2000a. A Balaton-felvidék talajainak bonitációja. Doktori (PhD) értekezés. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Talajtani Tanszék. Keszthely.
- TÓTH G., 2000b. A nemzetközi földminősítési kutatások eredményeinek és a földminősítés külföldi rendszereinek áttekintése. Agrokémia és Talajtan. **49**. 151–160.
- TÓTH G., 2009. Hazai szántóink minősítése a D-e-Meter rendszerrel. Agrokémia és Talajtan. **58**. 227–242.
- TÓTH G. & MÁTÉ F., 2006. Megjegyzések egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítéséhez. Agrokémia és Talajtan **55**. 473–478.
- TÓTH Z., DUNAI A., JOLÁNKAI P. & KISMÁNYOKY T., 2013. Organic fertilizers and soil fertility – results of a long-term field experiment. Crop Production **62**., Supplement. 269–272.
- VÁRALLYAY GY., 1989b. Mapping of hydrophysical properties and moisture regime of soils. Agrokémia és Talajtan **38**. 800–817.
- VILLAX Q., 1948. Növénytermesztés. Pátria Nyomda. Budapest.
- WAGENET, R. J. & BOUMA, J., 1993. Operational Methods to Characterize Soil Behavior in Space and Time. Geoderma **60**. 1–4.

*Internetes források:*

- BARTHOLY J., BIHARI Z., HORÁNYI A., KRÜZSELYI I., LAKATOS M., PIECZKA I., PONGRÁCZ R., SZABÓ P., SZÉPSZÓ G. & TOMA CS., 2011. Hazai éghajlati tendenciák. In: Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére (Szerk.: BARTHOLY J., BOZÓ L. & HASZPRA L.). Magyar Tudományos Akadémia – Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, Budapest. 145–169. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf>
- BIHARI Z., GAUZER B., GNANDT B., GREGORIČ G., HERCEG Á., KOVÁCS T., KOZÁK P., LAKATOS M., MATTÁNYI ZS., NAGY A., NÉMETH Á., PÁLFAI I., SZALAI S., SZENTIMREY T. & VINCZE E., 2012. Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt. Összefoglaló a projekt eredményeiről (Szerk.: BIHARI Z.). Országos Meteorológia Szolgálat, Budapest. [http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE\\_zaro\\_kiadvany.pdf](http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE_zaro_kiadvany.pdf)
- VÁRALLYAY GY., 2012. Talajterképezés, talajtani adatbázisok. Agrokémia és Talajtan **61**. Online Supplementum. 249–268. <http://www.aton.hu/documents/10156/c4e78c6b-a2bf-4441-b367-39e2275d83ce>

*Térképi források:*

- BEREGSZÁSZI S. 2006. Mezőhegyesi Sertéstenyésztő és Értékesítő Kft. Hígtrágya elhelyezési szakvélemény és üzemi genetikai talajterképek (1:10.000 méretarány). Mezőtúr.
- FÜLÖP M., 1989. 1:10.000 méretarányú Szentes (37–231 EOTR térképlap) földminősítési genetikai talajterképe. Csongrád megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás. Hódmezővásárhely.
- KOCSÁRDI F. (Szerk.), 1979. Az Orosházai Dózsá MgTSz 3 840 ha földterületéről készült üzemi genetikai talajterképek (1:10.000 méretarány) és szakvélemény. Csongrád Megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás Talajtani Laboratórium, Szeged.
- SÍK K., SCHMIDT E. 1935. Battonya 5466/3 számú 1:25.000 Átnézetes talajismereti térképe. Budapest, Hungary: Magyar Királyi Földtani Intézet.
- SÍK K., SCHMIDT E. 1938. Mezőhegyes 5465/4 számú 1:25.000 Átnézetes talajismereti térképe. Budapest, Hungary: Magyar Királyi Földtani Intézet.
- TÁNCZOS S., 1989. 1:10.000 méretarányú Fábiansébestyén (37–232 EOTR térképlap) földminősítési genetikai talajterképe. Csongrád megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás. Hódmezővásárhely.
- TORONYKÖY I. (Szerk.), 1976. Az Orosházai Új Élet MgTSz 1 216 ha földterületéről készült üzemi genetikai talajterképek (1:10.000 méretarány) és szakvélemény. Csongrád Megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás Talajtani Laboratórium, Szeged.
- VAJDULÁK M. 2007. Mezőhegyesi Ménesbirtok Zrt. Öntözés ellenőrzési talajtani szakvélemény és üzemi genetikai talajterképek (1:10.000 méretarány). TerrAgro Kft., Szolnok.

### **Increasing the accuracy of the land quality indices based on large scale soil maps and plot-level yield data**

<sup>1</sup>M. KOC SIS, <sup>1</sup>A. DUNAI and <sup>2</sup>A. MAKÓ

<sup>1</sup>Department of Crop Production and Soil Science, Georgikon Faculty, University of Pannonia, Keszthely, Hungary

<sup>2</sup>Department of Soil Physics and Water Management, Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary

#### **Summary**

The soil fertility examinations described in this paper are an integral part of the basic research on land quality that has been underway for many decades in the Department of Crop Production and Soil Science in the Georgikon Faculty of the University of Pannonia. The results achieved in this land quality research have raised many questions that have not yet been fully clarified. One task that requires attention is the use of crop production and soil information from sample site databases to achieve an accurate estimation of the mean fertility of types of soil that are not found widely on a national scale, but which are characteristic of certain regions or locations.

The soil fertility examinations were performed on chernozem and meadow soils with high clay content situated in the Tisza-Maros Interfluvium in the southern part of the Hungarian Great Plain. The information available from 1:10,000 scale diagnostic and land quality soil maps and from 1:25,000 scale Kreybig soil maps, together with the long-term field-scale yield data recorded for the sample sites were used to estimate soil fertility. In the course of the calculations, average soil fertility values estimated from the 1985–1989 yield data in the National Pedological and Crop Production Database (NPCPD) were corrected with the yield data recorded for different soil types found in patches on the sample sites. The iteration method was used for the calculations.

The method elaborated on sample sites in the southern part of the Hungarian Great Plain will facilitate a reform of the Hungarian land evaluation system by improving the accuracy of existing land quality indices and by calculating indices for soil types not currently included in the system, based on information from various soil maps and databases and from long-term yield data.

The results obtained for the sample sites testify that the evaluation process can be made more accurate by selecting the boundary conditions of the iteration calculation (“B”-type evaluation instead of “A”-type) and by forming groups using various criteria. The widely varying reliability of the estimations in the present work draws attention to the fact that the fertility status of individual fields can only partially be modelled and explained on the basis of the fertility of patches of each soil type.



*Table 1.* Soil types and sub-types found on the sample sites according to the taxonomy units in the soil classification system in force in Hungary (MÉM, 1982; JASSÓ et al., 1989) and their territorial distribution based on large-scale (1:10.000) diagnostic soil maps. (1) Soil subtype code. (2) Soil subtype. (3) Total area (ha). (4) Percentage area (%). a) Mezőhegyes sampling area (7824.66 ha); b) Orosháza sampling area (3640.58 ha); c) Szentes sampling area (576.98 ha); d) Total size of the sampling areas.

*Table 2.* Data on crop production, crop seasons and NPK active agent categories related to fields/parts of fields in sampling areas in the southern part of the Hungarian Great Plain. (1) Sample area. (2) Settlement. (3) Farm. (4) Number of fields. (5) Area (ha) (6) Number of items in the sample database (N). (7) Period investigated. (8) Source. (9) Management data. (10) Main crops. (11) Meteorological station. (12) NPK category. (13) WS<sub>3</sub> category. (14) WS<sub>8</sub> category. A. Basic data. B. Crop production data. C. WS and NPK category data. D. Total. *Note:* \*Crop production data and soil information for the two farms in the Orosháza sampling area were processed together. \*\*Data taken from the Agro-Environmental Diary. \*\*\*The Szentes sampling area has been regularly irrigated since 1990.

*Table 3.* Iteration types applied for the estimation of soil fertility in the sampling areas. (1) Estimation of individual soil types. (2) Estimation of groups of soil types (CHAID). (3) Sample area. (4) Iteration type. a) No division; b) NPK categories; c) WS years; d) Crops; e) WS years and crops; f) Fields; g) Field groups; h) Non-irrigated period; i) Irrigated period. *Note:* I. Mezőhegyes sampling area; II. Orosháza sampling area; III. Szentes sampling area. \*Use of eight categories based on natural water supplies; \*\*Use of three categories based on natural water supplies.

*Table 4.* Reliability of soil fertility estimations for the Mezőhegyes sampling area using different iteration groups. (1) Changes in estimation efficiency (%). (2) Iteration type. (3) No division. (4) NPK category. (5) WS years. (6) Crop. a) NPCPD average; b) "A" type; c) "B" type; d) Soil types; e) Soil type groups (CHAID).

*Table 5.* Average fertility of soil types in the Szentes sampling area estimated using data from the NPCPD database or by iteration, in seasons with different water supplies. (1) Average fertility calculated by iteration. (2) Soil types in the Szentes sampling area (codes, '89 Guide). (3) Soil fertility estimated from NPCPD average yields. (4) Dry years with irrigation (WS<sub>3L</sub>). (5) Normal years with irrigation (WS<sub>3II</sub>). (6) Dry years without irrigation (WS<sub>3L</sub>). (7) Normal years without irrigation (WS<sub>3II</sub>). a) 1–100 normalized scale; b) Average yields.

*Figure 1.* Improvement in the estimation reliability (%) of the mean fertility of fields and field groups in the Orosháza and Szentes sampling areas, calculated using the iteration method and compared with average yields based on the NPCPD database, grouped according to natural water supplies. a) Fields; b) Field groups; c) Increase in estimation efficiency (%); d) Water supplies; e) WS<sub>3L</sub>; f) WS<sub>3II</sub>; g) WS<sub>3III</sub>; h) "A" type of iteration; i) "B" type of iteration.

**Keywords:** soil fertility, soil type, NPCPD database, iterated estimation, land quality estimation