111

A szikesek gipszezésének módszere térinformatikai eszközökkel

[1] TÓTH TIBOR, [2] KERTÉSZ MIKLÓS és [1] PÁSZTOR LÁSZLÓ

[1] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest és
[2] MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót

Bevezetés

Mivel a szántóföldi növénytermesztés jövedelmezősége az elmúlt években jelentősen változott, a nagymértékű szikjavítás az Alföldön gyakorlatilag megszűnt. Ugyanakkor a táblán belüli szikes foltok javítása továbbra is indokolt (BLASKÓ, 1999). A táblán belüli szikjavítás jelenlegi hazai gyakorlata nem tart lépést a technikai fejlődés által kínált lehetőségekkel. A javítóanyag-féleség és -adag meghatározását a tábla szikesedési térképe alapján el lehet ugyan végezni, ahol azonban ilyen térkép nincs, ott – a vonatkozó szabvány (MSZ 08 0202) szerint – a javításhoz 5 ha-onként legalább egy ásott szelvényt kell feltárni és elemezni. Ez a minimális szelvényszám a szikes talajok jellemző mozaikosságát tekintve nagymértékű alul-, illetve túladagoláshoz vezethet. A szikes talajok mozaikossága a talaj számos tulajdonságában megnyilvánul, így a színében, reflektanciájában is (KERTÉSZ et al., 1990; CSILLAG et al., 1993; SZABÓ et al., 1999; TÓTH et al., 1991; TÓTH & KERTÉSZ, 1993, 1996; TÓTH et al., 1998). A különböző mértékben szikes foltok a távérzékelt képeken (légifénykép, műholdfelvétel stb.) – elsősorban növénymentes felszín esetén – főként szárazabb időben többnyire könnyen elkülöníthetők (HEGEDŰS, 1958; HORVÁTH, 1987; MIKE, 1976).

A szikes és nem szikes talajok közötti reflektanciabeli különbségek fő oka a nagyobb adszorbeált nátriumtartalom következtében fellépő talajaggregátum peptizáció (SUMNER & NAIDU, 1998). Ehhez járul a pórusok eltömődése, felszíni kéregképződése, illetve felszíni vízállások kialakulása. Ismeretes, hogy csökkenő aggregátummérettel egyre simább a talaj felszíne és a beérkező energia egyre nagyobb része verődik vissza (SWAIN & DAVIS, 1978; WESSMAN, 1991). Ugyanakkor a reflektanciát számos egyéb tényező is befolyásolja, melyek között a talaj szemcseösszetétele, humusztartalma és nedvességállapota kiemelkedő jelentőségű (HORVÁTH, 1987), de ezeket a vizsgált táblán belül egyenletesnek feltételeztük.

A távérzékelt képek alapján a gipszezés ésszerűsíthető, ha a hasonló színárnyalatú foltokat elkülönítve, belőlük mintavételi reflektancia-osztályokat jelölünk ki. A javítóanyag kiadását is a foltok tekintetbe vételével végezhetjük.

Fentieknek megfelelően célunk a kisebb, táblán belüli szikes foltok kémiai javítása módszertanának továbbfejlesztése olyan módon, hogy a gipszezést megelőző talajmintavételt és a javítóanyag-kiadást légifénykép alkalmazásával végezzük.

A rövidebb beszámolók (TÓTH, KERTÉSZ & PÁSZTOR, 1998; TÓTH et al., 1998) után a tárgyban ez az első részletesebb térinformatikai közleményünk. A munka elvégzését a Földművelésügyi Minisztérium, publikálását az OTKA 023271 és 030738 számú kutatási téma támogatta.

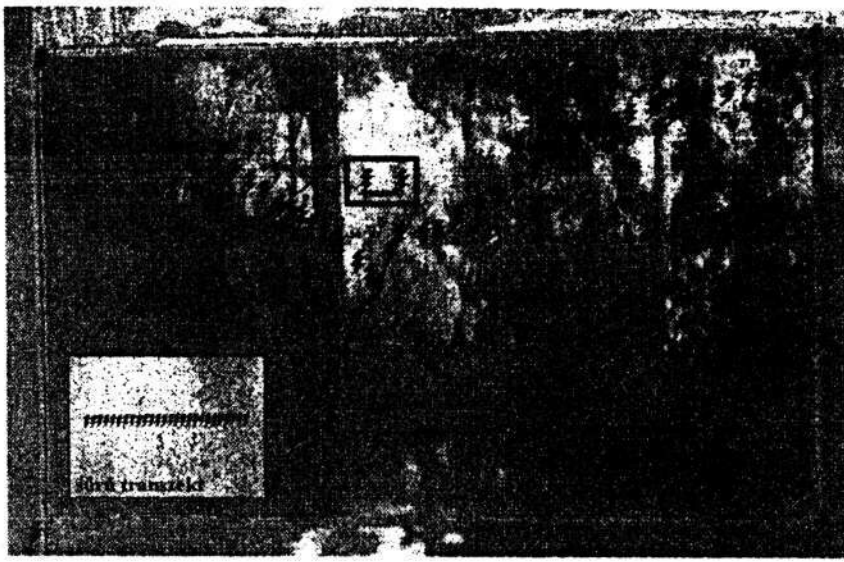
Anyag és módszer

A munka alapanyaga egy 1991. április 10-én, 2300 m magasságban készült vetületileg hű, fekete–fehér fénykép-negatív volt, amit szkenneléssel digitális adatállománnyá konvertáltattunk. A mintaterületül választott Karcag melletti tábla kiterjedése mintegy 50 ha, a terület jellemző talajai a szolonyeces réti talajok.

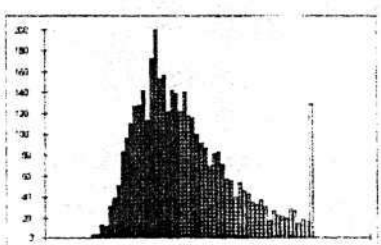
Az előzetes mintavétel és értékelése

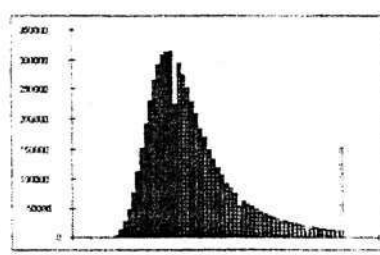
Annak érdekében, hogy tisztázzuk a légifénykép egyes foltjainak reflektanciája és a talaj gipsz-szükséglete közötti összefüggés jellegét, a jó minőségű, növénymentes felszínt mutató légifényképen annak a reflektancia-eloszlását jól jellemző bejárási útvonalon (1. ábra) 13 helyen talajmintát vettünk, és további 50 mintavételi pontban helyszíni elektromos vezetőképesség mérést végeztünk. A mintavételi pontok helyét és magasságát a terepen geodéziailag (egy távmérőállomás segítségével) meghatároztuk, majd megfelelő terepi referenciapontok azonosítása révén, a terepi mérések koordinátáit a légifénykép rendszerébe transzformáltuk. Ily módon rendelkezésünkre álltak a légifénykép reflektancia értékei a terepi mintavételi pontokban.

Az előzetes mintavétel megmutatta, hogy a laboratóriumban meghatározott gipsz-szükséglet és a légifénykép pixeleinek reflektanciája között az összefüggés lineáris. Ennek megfelelően közvetlenül a légifényképet használtuk a mintavételi tervek tesztelésére és a végleges mintavételi terv elkészítésére. A linearitás jelentőségét az adja, hogy ezáltal a gipsz-szükséglet számszerű értékelését elvégezhetjük a reflektancia értékek alapján és a gipsz-szükséglet hibája arányos a reflektancia hibájával.



a bejárási útvonal *reprezentália* **a táblán belüli** *intenzitás eloszlást*





1. ábra
Az előzetes mintavételi transzekt pixeleinek reflektancia-eloszlása és a tábla egészének reflektancia-eloszlása

A mintavételi reflektancia-osztályok lehatárolása

A mintavételi reflektancia-osztályokat a kiválasztott légifénykép negatívjának szkennelésével előállított reflektancia értékek alapján határoltuk el. Ezek kijelölése a légifénykép reflektancia-eloszlásának vizsgálatával kezdődött (1. ábra). A pixel (a légifénykép rácspontja) reflektancia hisztogramon azonosítottuk az eloszlás 2-, illetve 4-osztályos moduszait. Az adott moduszokat elválasztó reflektancia értékekhez tartozó izovonalak mentén (azok simításával és térképi általánosítással) megrajzoltuk a mintavételi reflektancia-osztály határokat.

A mintavételi tervek

Meghatároztuk az egyes reflektancia-osztályokba eső pixelek összes területét, illetve az osztályokon belüli pixelek átlagos reflektanciáját, amire a súlyozott mintavételnél volt szükség. Mivel a szabvány (MSZ 08 0202) 5 ha-onként legalább egy talajszelvény feltárását írja elő szikjavításhoz, a mintaterületen a minimális mintaszám 10 volt. Ezt a mintaszámot növeltük meg 2-, 4- illetve 8-szorosára, azért, hogy a térbeli reprezentativitást növeljük.

Annak érdekében, hogy kifejezzük a gipszezés, mint beavatkozás munka/befektetés igényét, az ún. „súlyozott" mintavétel során, a reflektancia-osztályok átlagos reflektancia értékét figyelembe véve osztottuk el a mintavételi pontokat az egyes osztályok között. Így – ellentétben a „nem súlyozott" mintavétellel – a nagyobb reflektancia-osztályokban (amelyekben nagyobb gipszadag várható) kiterjedésükhöz képest több mintavételi pontot helyeztünk el azért, hogy ezekben a mintavételi reflektancia-osztályokban növeljük a gipsz-szükséglet becslésének pontosságát. A kapott mintavételi pont megosztást az 1. táblázat mutatja be.

Feltételeztük, hogy a gipszezés során a talajmintavevő legfontosabb szempontja a különböző mértékben szikes foltok (esetünkben az eltérő mennyiségű adszorbeált nátriumot tartalmazó foltok) jellemző mintákkal való megfelelő reprezentálása. Ha a terület szikesedésének foka ismert, akkor bármelyik mintavételi reflektancia-osztályban az adott osztály kiterjedésével arányos számú mintavételi pont helyezhető el tetszőlegesen.

1. táblázat

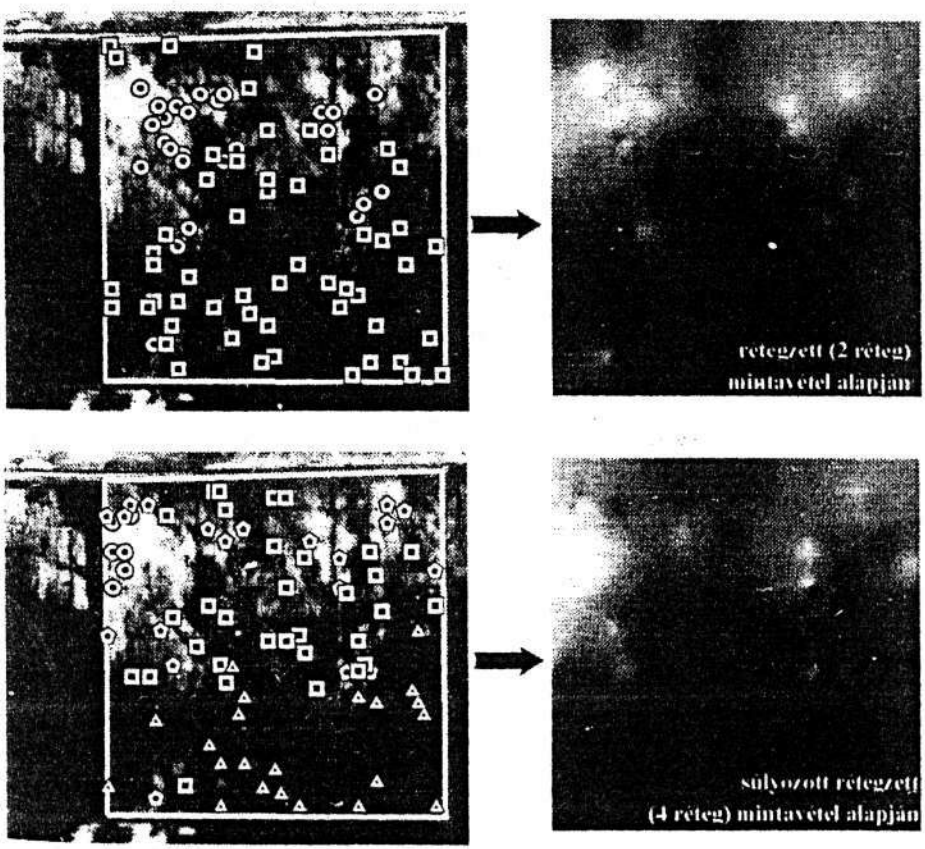
A tesztelt terepi mintavételi tervek

(1) Mintavételi terv	(2) Minta-szám	(3) 4-osztályú				(9) 2-osztályú	
		(4) Mintavételi pontok száma a reflektancia-osztályokban					
		(5) 1. osztály	(6) 2. osztály	(7) 3. osztály	(8) 4. osztály	(10) 1–2. osztály	(11) 3–4. osztály
a) Teljes minta	134	9	30	50	45	39	95
A. Mintavételi tervek:							
b) Reflektanciával súlyozott	80	6	20	32	22	26	54
	40	3	10	16	11	13	27
	20	2	5	8	5	7	13
	10	1	2	4	3	3	7
c) Nem súlyozott	80	3	14	33	30	17	63
	40	2	7	16	15	9	31
	20	1	3	8	8	4	16
	10	0	2	4	4	2	8

A mintavételi tervek térinformatikai szimulálása és tesztelése

A mintavételi tervek teszteléséhez Monte Carlo szimulációkat alkalmaztunk. 10, 20, 40, illetve 80 pontból álló teljesen véletlenszerű pontmintázatot generáltunk, amelyek egy homogén, térbeli Poisson-pontfolyamat realizációjaiként képzelhetők el.

Az egyes mintavételi tervek jóságának tesztelését is elvégeztük. Ehhez a szimulált mintavételi pontokban előzetesen meghatároztuk a kép reflektanciáját, kifejezve azok 0,5 m sugarú környezetében az ott található pixelek reflektanciájának átlagát. Majd ezt az értéket rendeltük az adott geometriai pontokhoz, melyek alapján a mezőgazdasági tábla teljes területére, pixelenként interpoláltuk a reflektanciát. Az interpolációt a távolság-négyzet reciprokával súlyozott lineáris módszerrel (az eredeti légifénykép pixel-felbontásában) végeztük. Ennek eredményeképpen egy–egy pixelre rendelkeztünk egy valós, a negatívról

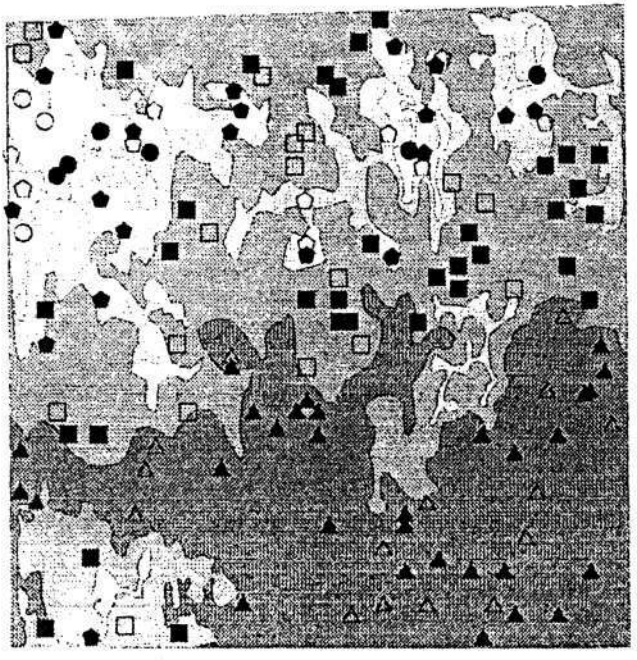


2. ábra

80 véletlenszerűen kiválasztott mintavételi pont alapján interpolált képek és az eredeti légifénykép összehasonlítása

szkennelt és szimulációnként egy–egy interpolált reflektancia értékkel. Két mintavételi terv egy–egy reprezentációján elvégzett interpoláció eredményét mutatja be a 2. ábrán.

A szkennelt és a szimulált interpolált képet pixelenként összehasonlítottuk. Hasonlóságukat, illetve eltérésüket a pixelenkénti reflektancia eltérésnégyzetösszegével mértük. Minél kisebb ennek értéke, annál pontosabban adja vissza az interpolációval generált kép a szkennelt eredetit. Annak érdekében, hogy a statisztikai ingadozást figyelembe vehessük, minden egyes mintavételi tervet (1. táblázat és 5. ábra) 20–20 ismétlésben szimuláltuk.



3. ábra
A végleges mintavételi terv

A végleges mintavételt a tesztelés eredménye alapján végeztük úgy, hogy a korábban említett lokalizációs nehézséget figyelembe véve a légifényképen legalább 3 méter átmérőjű, többé-kevésbé homogén foltokban helyeztük el a mintavételi pontokat (3. ábra).

Terepi mintavételi tervek tesztelése a talajminták alapján

A terepi mintavételi tervek tesztelését a terepen vett talajminták tulajdonságait figyelembe véve, a következő kérdések vizsgálatával végeztük: 1. Milyen a mintavételi reflektancia-osztályok elkülönülése a tengerszint feletti magasság, a gipsz-szükséglet, a reflektancia szempontjából varianciaanalízissel? 2. Mi-

lyen a gipszezés megbízhatósága, ha a mintavételi reflektancia-osztályok átlaga alapján végzik a gipszezést? 3. Milyenek a statisztikai hibavarianciák és a becslési hibák?

A tesztelés legfontosabb szempontja az volt, hogy olyan mintavételi terveket hasonlítsunk össze, amelyek rutinvizsgálatok során könnyen és egyszerűen alkalmazhatók a javítóanyag-adag meghatározásra. Éppen ezért a mintát csak egyetlen változó, a légifénykép reflektanciája alapján osztályoztuk, és csak egyetlen mért paraméter, a gipsz-szükséglet becslési pontosságát vizsgáltuk, valamint a legegyszerűbb becslési eljárást, a mintavételi reflektancia-osztályonkénti átlagolást alkalmaztuk. Így a gipsz-szükséglet becslés egyszerűen átültethető a tanácsadási gyakorlatba. A kidolgozott alternatív talajmintavételi tervek összes változata ellenőrizhető volt a 134 mintával. A légifénykép reflektanciája alapján a 134 mintát négy, illetve két mintavételi reflektancia-osztályba soroltuk az 1. táblázatban közöltek szerint.

1. A mintavételi reflektancia-osztályok elválása a tengerszint feletti magasság, gipsz-szükséglet, reflektancia szempontjából varianciaanalízissel. – Egyváltozós varianciaanalízisekkel megvizsgáltuk, hogy a mintavételi reflektancia-osztályok mennyire különböznek egymástól a gipsz-szükséglet tekintetében (2. táblázat).

2. táblázat

A gipsz-szükséglet (t/ha) mintavételi reflektancia-osztályok szerinti variancia-analízisének eredménye

(1) Osztály	(2) Átlag	(3) Szórás	(4) Mintaszám	(5) A csoportosítás szignifikanciája
A. 4 mintavételi reflektancia-osztályba sorolás esetén				< 0,001
1.	7,26	2,42	9	
2.	5,33	2,14	30	
3.	3,16	1,89	50	
4.	2,08	1,78	45	
B. 2 mintavételi reflektanica-osztályba sorolás esetén				< 0,001
1–2.	5,78	2,33	39	
3–4.	2,65	1,90	95	

2. A gipszezés megbízhatósága, ha a mintavételi reflektancia-osztályok átlaga alapján végzik a gipszezést. – A 134 mintavételi pontú mintát tekintettük a teljes kollekciónak, és ebből vettünk 7 ismétlésben szűkített mintákat az egyes tesztelendő mintavételi tervek szerint (1. táblázat). Összesen 16 mintavételi terv alapján végeztünk becsléseket. Például a táblázat 8. sora megmutatja, hogy a nem súlyozott négy mintavételi reflektancia-osztályú, 40-es mintaszámú terv azt jelenti, hogy a gipsz-szükséglet becslése során mintavételi reflektancia-osz-

tályonként a következő számú random mintát vettük figyelembe: az 1. osztályban 2, a 2. osztályban 7, a 3. osztályban 16 és a 4. osztályban 15.

Kétféle levonható következtetést vizsgáltunk. Az egyik az volt, hogy az 1. és 2. mintavételi reflektancia-osztályban a gipsz-szükséglet nagyobb, mint 4 t/ha, míg a 3. és 4. osztályban kisebb (a 2. táblázatban a 2. és 3. mintavételi reflektancia-osztály közötti különbség). A másik pedig az, hogy az 1-től a 4. osztályig csökken a gipsz-szükséglet (2. táblázat és 1. ábra). Ha ezzel ellenkező volt az eredmény, azt helytelen következtetésnek tekintettük.

3. A statisztikai hibavarianciák és becslési hibák. – A vizsgálat során az egyes mintavételi reflektancia-osztályokra kapott átlagot egyenként összehasonlítottuk az adott osztályhoz tartozó összes minta gipsz-szükségletével. Mivel nem mindegy, hogy az adott osztályból mely mintavételi pontokat választjuk ki egy–egy mintavételi terv esetében, mindegyik terv vizsgálatánál randomizálva választottuk ki a vizsgálandó mintát, 7 ismétlésben. Az egyes tervek hatékonyságának elemzésénél a hét ismétlés egyenkénti és átlagos eredményeit is figyelembe vettük.

A becslés jóságát a becslési hibával (BH), illetve a relatív becslési varianciával (RBV) jellemeztük:

$$BH = \sqrt{(1/n)} \cdot \sum \left(x_{ij} - x_{i,becsült} \right)^2$$

$$RBV = (1/n) \cdot \sum \left(x_{ij} - x_{i,becsült} \right)^2 / var(x)$$

ahol: x_{ij} az i-edik mintavételi reflektancia-osztály j-edik mintavételi pontja; $x_{i,becsült}$ az i-edik mintavételi reflektancia-osztályra vonatkozó becslés, azaz a mintavételi osztályból random választott szűkített minta átlaga; n a mintavételi pontok száma; var(x) a mintapontok laboratóriumban meghatározott gipsz-szükségletének varianciája.

Kiszámítottuk a mintavételi reflektancia-osztályonkénti becslési hibát is:

$$BH_i = \sqrt{(1/n)} \cdot \sum \left(x_{ij} - x_{i,becsült} \right)^2$$

ahol: n_i az n-edik osztály mintavételi pontszáma.

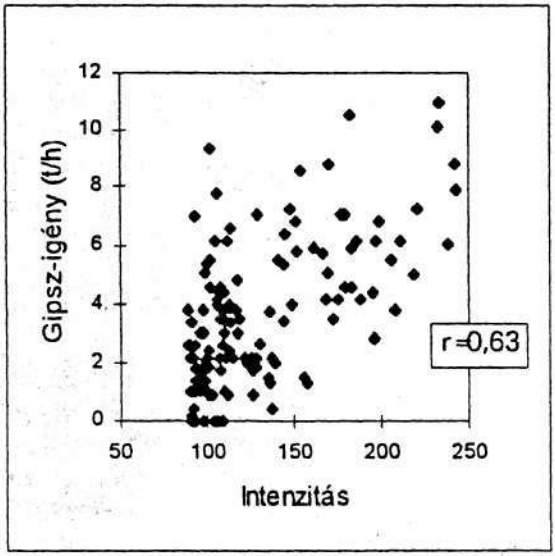
A minták laboratóriumi vizsgálata

Mivel a szikes talajok javítása során a maximális mélység a jelenlegi gyakorlatban 40 cm (BLASKÓ, 1999), a szántott réteget és az alatta fekvő réteget szétválasztottuk, és így a 0–20 cm és 20–40 cm mélységből vettünk talajmintát. A 134 db 0–20 cm-es mintából a talajjavításhoz szükséges gipszmennyiséget Schoonover módszerével (BUZÁS, 1988) határoztuk meg.

Eredmények

A légifénykép egyes pixeleinek reflektanciája és a gipsz-szükséglet közötti összefüggés

A 4. ábrán bemutatott lineáris összefüggés alapján a mintavételi tervet közvetlenül a légifénykép alapján készítettük, mivel a reflektanciabeli különbségek így közvetlenül arányosak a gipsz-szükséglet különbségeivel, és ugyanez vonatkozik a gipsz-szükséglet becslési hibájára is. Bár a 4. ábrán bemutatott korreláció erősen szignifikáns (< 0,1 %), a mintavételi tervek olyan tesztelését is elvégeztük, amely nem veszi figyelembe a statisztikai szignifikanciaszinteket, ezáltal a gyakorlati alkalmazás számára kézenfekvő döntések hozatalát támogatja.



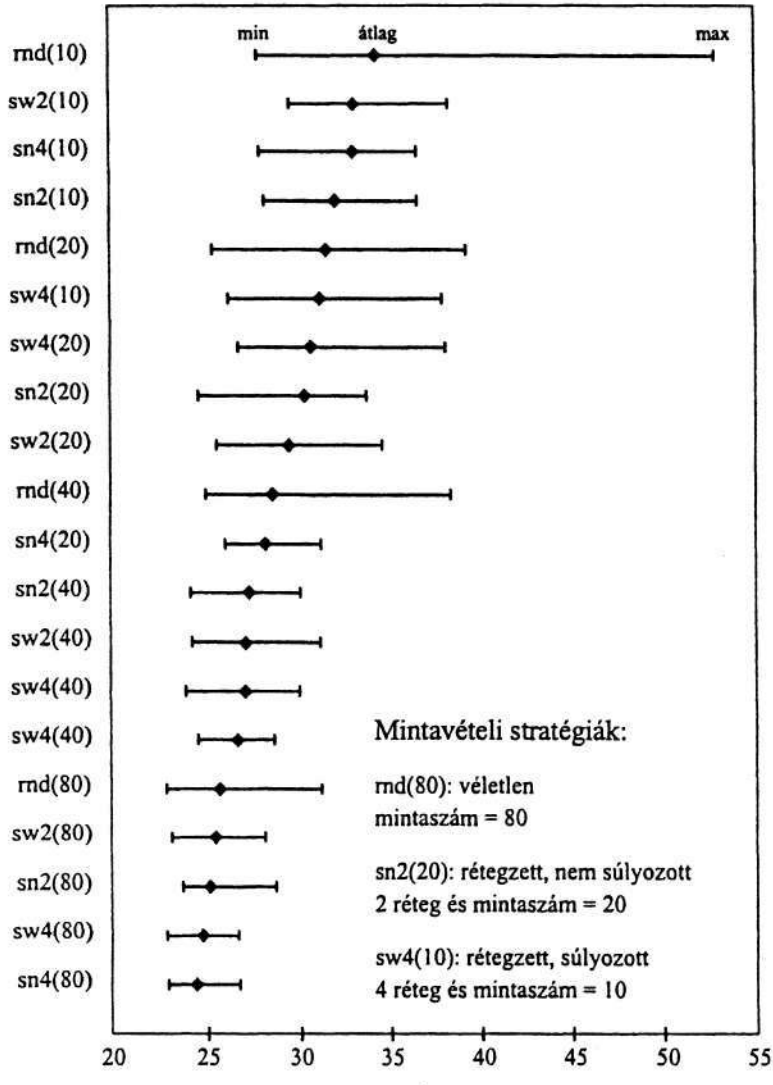
4. ábra
Összefüggés a légifénykép egyes pixeleinek reflektanciája és a teljes mintaanyagon Schoonover módszerével meghatározott gipsz-szükséglet között (n = 134)

A mintavételi tervek térinformatikai tesztelése

A gipsz-szükséglet és a légifénykép reflektanciája között meglévő lineáris összefüggés alapján az egyes szimulált mintavételek statisztikáit közvetlenül használhatjuk a gipszezés pontosságának megítélésére.

Az 5. ábrán a szimulált mintavételi tervek átlagos (n = 20) eltérés-négyzet összegének a négyzetgyökét, valamint ennek a 20 realizáció alapján számított minimum és maximum értékét tüntettük fel. Minél jobban megközelíti az interpolált kép a légifényképet annál kisebb az eltérés-négyzet összeg.

A táblán belül a mintaszám növelésének volt a legerősebb hatása a pontosság növelésében, a mintavételi reflektancia-osztályok számának 2-ről 4-re nö-



5. ábra
Különböző szimulált mintavételi tervek összehasonlítása

velése további pontosság-növekedést okozott. Amennyiben nem voltak mintavételi reflektancia-osztályok elkülönítve {5. ábrán Rnd (10 ... 80)} a pontosság az adott mintaszámhoz tartozó sorozatokon belül mindig a legkisebb volt, ezért ezt a mintavételi típust kizártuk a terepi tesztelésből. A mintavételi pontoknak a reflektancia értékek alapján történő súlyozott számú kihelyezése nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, és kisebb pontosságot eredményezett mint a nem súlyozott pontszám-megállapítás. Figyelemre méltó az is, hogy a

súlyozott kihelyezés esetén a 20 szimulációból álló sorozat minimum és maximum értéke közötti eltérés (azaz a terjedelem, amit az 5. ábra szintén megmutat) mindig nagyobb volt, mint a nem súlyozott szimuláció esetén, azaz az ilyen módszerrel végzett javítóanyag-adag meghatározás bizonytalansága nagyobbnak bizonyult, mint a nem súlyozott esetben.

A mintavételi pontok számát a gazdaságossági számítások alapján kell meghatározni, azaz a hosszú távú termelés biztonsága függvényében. Ha nagy biztonsággal kell a talaj szikesedési állapotán változtatni, akkor a mintaszámot növelni lehet. Egyértelmű az ennek következtében beálló pontosság-növekedés, ami számszerűleg lineáris összefüggést mutat a gipszadag-meghatározás térbeli hibájával, azaz az 5. ábrán mutatott mértékben csökken a feleslegesen kiadott, avagy az igény ellenére ki nem adott gipsz mennyisége, vagyis egyre inkább a talajtulajdonságoknak megfelelő lesz a gipszadag. Az 5. ábra elemzése alapján a 40 pontos mintavételi terveknél határozottan nő a pontosság.

Mivel a 4 mintavételi reflektancia-osztályú tervek alkalmazása jelentős pontosság-növekedést nem eredményezett, ugyanakkor technikailag tovább nehezíti a talajjavítást, ezt nem javasolhatjuk. Ennek megfelelően a légifénykép reflektanciája alapján elkülönített 2 kategórián belül a kategóriák területével arányosan meghatározott számú, és azokon belül kijelölt mintavételi pontok alkalmazásával kapható optimális gipszjavítási térkép.

A terepi mintavételi tervek tesztelésének eredménye

1. A mintavételi reflektancia-osztályok elválása a tengerszint feletti magasság, gipsz-szükséglet, reflektancia szempontjából varianciaanalízissel. – A mintavételi terveket a végleges mintavétel és a minták laboratóriumi elemzése után főleg a gipsz-szükséglet szempontjából értékeltük. A mintavételi reflektancia-osztályok szerinti varianciaanalízis (2. táblázat) a laboratóriumban meghatározott gipsz-szükséglet, tengerszint feletti magasság, a lokális és átlagolt reflektancia szerint is erősen szignifikáns elválást mutatott (az utóbbiakat a hellyel való takarékoskodás miatt nem mutatjuk be).

A 2. táblázat alapján a 4. ábrával egyezően növekvő pixel-reflektanciához növekvő átlagos gipsz-szükséglet tartozik. A csoportosítás mind 2, mind 4 mintavételi reflektancia-osztály esetén szignifikáns volt.

2. A gipszezés megbízhatósága, ha a mintavételi reflektancia-osztályok átlaga alapján végzik a gipszezést. – A mintavételi tervekből levonható helytelen következtetések számát a 3. táblázatban közöljük. A számok a táblázatban azt jelentik, hogy a 7–7 random mintavételezésből hány alkalommal vonhatunk le helytelen következtetést. Két kritériumot vizsgáltunk, az első: az 1–2. mintavételi reflektancia-osztályban 4 t/ha feletti a gipsz-szükséglet, a 3–4. mintavételi reflektancia-osztályban ez alatti, a második kritérium: a gipsz-szükséglet az 1-től a 4. mintavételi reflektancia-osztályig csökken.

3. táblázat

A mintavételi tervekből levonható helytelen következtetések száma

(1) Mintaszám	(2) 1. kritérium		(5) 1. és 2. kritérium	
	(3) 4-osztályú	(4) 2-osztályú	(3) 4-osztályú	(4) 2-osztályú
	A. Reflektanciával súlyozott			
80	-	-	-	-
40	-	-	2	-
20	1	-	3	-
10	4	1	5	1
	B. Nem súlyozott			
80	-	-	-	-
40	-	-	1	-
20	2	1	4	1
10	1	1	4	1

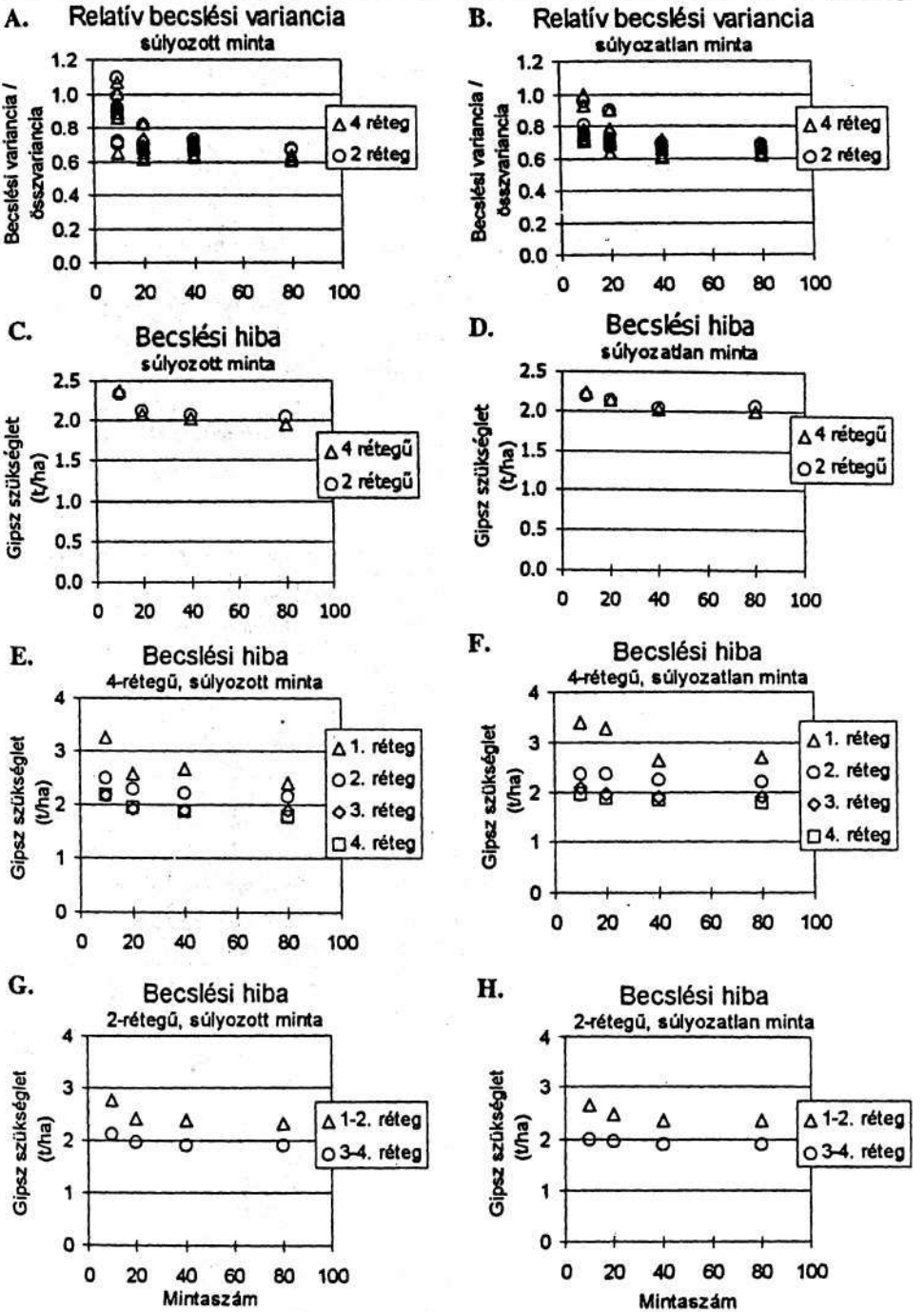
Megjegyzés: 1. kritérium: az 1–2. mintavételi reflektancia-osztályban 4 t/ha feletti a gipsz-szükséglet, a 3–4. mintavételi reflektancia-osztályban ez alatti. 2. kritérium: a gipsz-szükséglet az 1-től a 4. mintavételi reflektancia-osztályig csökken

A 3. táblázat alapján megállapítható: ahhoz, hogy mindkét kritériumnak maradéktalanul megfeleljünk legalább 40 mintát kell vennünk. Ebben az esetben a 2-osztályos mintavételi terv alkalmazása egyetlen egy esetben sem eredményez helytelen következtetést.

3. A statisztikai hibavarianciák és becslési hibák. – A relatív becslési varianciákat és a becslési hibákat a 6. ábrán mutatjuk be. Az egyes mintavételi pontokban a becslési hiba a légifényképen elkülönített 2 vagy 4 mintavételi reflektancia-osztályra meghatározott átlagos gipsz-szükséglet és a pontra a laboratóriumban meghatározott gipsz-szükséglet közötti különbség. A kapott eredményekből az alábbi következtetések vonhatók le:

a) A becslés jósága a mintaszámnak 80-ról 20-ra való csökkenésével általában csökken, azaz a relatív becslési variancia és a becslési hiba növekszik. Ez a növekedés nem egyenletes, hanem a mintaszám szűkülésével egyre nagyobb. Nem tapasztalható kimutatható különbség a 40-es és 80-as mintavételi pontszámú minták hibái között.

b) Az adott mintavételi tervhez tartozó egyes becslések relatív varianciái közötti különbségek szintén nőnek a minta pontszámának csökkenésével, de ennek részben az az oka, hogy az egyes mintavételi tervek hibájának vizsgálatára alkalmazott összes minta tartalmazza a mintavételi tervek vizsgálatára kiválasztott adatokat is, és a nagy mintaszámok esetén a kiválasztott és maradék minták halmaza közötti átfedés, valamint az egyes minták közötti átfedés is nagyobb.



6. ábra

A terepi mintavételi tervek alkalmazásával kapott relatív hibavarianciák és becslési hibák

c) Nem tapasztalható lényeges különbség a reflektanciával súlyozott és nem súlyozott mintavételi tervek között.

d) A mintavételi reflektancia-osztályonkénti becslési hibák csökkennek az 1. osztálytól a 4.-ig, de a 3. és 4. osztály hibája gyakorlatilag azonos. A hiba csökkenésének fő oka az, hogy a gipsz-szükségletek csökkennek.

Következtetések

A mintavételi tervek fentebb ismertetett térinformatikai és terepi tesztelése hasonló eredményre vezetett. A terepi mintavételi tervre tett javaslat akkor optimális, ha:

a) a mintavételi terv alkalmazásával levonható következtetések helytállóak;

b) a mintaszám a lehető legkisebb;

c) a mintavételi terv a lehető legegyszerűbb.

Az (a) kritérium kizárja az összes olyan tervet, ami a 3. táblázat szerint hibás következtetésre vezethet, míg a (b) kritérium kizárja a 80-as mintanagyságot. A (c) kritérium a leggyengébb, mivel a mintavételi reflektancia-osztályba soroláshoz és a reflektanciával való súlyozáshoz szükséges számítások nehézsége eltörpül a légifénykép beszerzéséhez és előzetes földolgozásához képest. Mindezek alapján az adott területre a kétosztályú, 40 mintavételi pontos terepi mintavételi terveket javasolhatjuk. A reflektanciával súlyozott és nem súlyozott mintavételi tervek között nem tapasztaltunk lényeges különbséget. Abban az esetben, amikor a nagy reflektancia-osztályú foltokba kevés minta esne, térbeli statisztikai meggondolások alapján inkább a reflektanciával súlyozott változat javasolható.

A mintavételi és javítóanyag-kihelyezési terv elkészítésének javasolt technikája nem csupán gipszre, hanem más anyagokra is alkalmazható, ha a javítóanyag vagy egyéb adalék- (műtrágya stb.) szükséglet lineáris összefüggést mutat a légifénykép reflektanciájával.

A mintavételi reflektancia-osztályonként meghatározott átlagos gipsz-szükséglet alkalmazása esetén a talajjavítás jobban megfelel a talaj szikesedési fokának, mint ha azt a táblán belül szabvány szerint ásott szelvények mintái alapján végzik.

A vizsgált táblán az előírásoknak megfelelő minimális mintaszám (10) javasolt 4-szeresére növelése nem feltétlenül okoz nagyobb mintavételi költséget, mivel a légifénykép alapján végzett gipszezés tervezéséhez nem szükséges talajszelvényt feltárni (megfelelő a feltalajt érintő fúrásos mintavétel) és a gipszadag meghatározása is elvégezhető a szabványban előírtaknál egyszerűbb, becslő módszerekkel. A javasolt gipszadag-meghatározó módszerekről külön közleményben számolunk be.

Nem vizsgáltuk, hogy az adott táblán a reflektancia és gipsz-szükséglet közötti összefüggések állandósága milyen. Amint korábban beszámoltunk róla, a szikes területeken a talaj sótartalma jelentős ingadozást mutat (TÓTH, KERTÉSZ

& PÁSZTOR, 1998). Mégis a hivatkozott cikkben 11 közül 7 esetben a sótartalom hasonló nagyságú volt a vizsgált szolonyeces ősgyepen. Ugyanakkor az egyes foltok között a szikesedési fokban meglévő különbségek az 5 év folyamán végig megmaradtak. Ennek alapján feltételezhetjük, hogy a reflektancia és gipsz-szükséglet az esetek döntő többségében a leírthoz hasonló kapcsolatot mutat és a légifénykép alkalmas a gipszezés tervezésére.

Összefoglalás

Egy nagykunsági mozaikosan szikes mezőgazdasági tábla vizsgálata alapján bizonyítottuk, hogy fekete–fehér légifénykép alapján a gipsszel történő javítás jelentősen ésszerűsíthető.

A légifényképen elkülönülő foltok reflektanciája egyenes arányban áll azok gipsz-szükségletével. A táblán belül a foltok reflektanciáját figyelembe véve mintavételi és kiadási reflektancia-osztályok határolhatók el mind a szkennelt állomány alapján digitális eszközökkel (térinformatikai adatbázist kialakítva), mind intuitíven, a fényképészeti úton előállított légifénykép alapján. A foltok reflektanciája és a gipsz-szükséglet közötti lineáris kapcsolatot felhasználhatjuk arra, hogy a térinformatikai adatbázissal előzetesen teszteljünk alternatív mintavételi és javítóanyag-kiadási terveket és ezáltal optimalizáljuk a gipszezést.

Irodalom

BLASKÓ L., 1999. A réti szolonyec talajok javításának tartamhatása. Agrokémia és Talajtan. 48. 517–529.

BUZÁS I. (Szerk.), 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

CSILLAG, F., PÁSZTOR, L. & BIEHL, L., 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. Remote Sensing of Environment. 43. 231–242.

HEGEDŰS I., 1958. Légifényképek felhasználása talajtérképezésnél. OMMI. Budapest.

HORVÁTH J. (Szerk.), 1987. Távérzékelési módszertani útmutató a meliorációs tanulmánytervek készítéséhez. FÖMI. Budapest.

KERTÉSZ M., RAJKAI K. & TÓTH T., 1990. Légifényképek használata védett területek vizsgálatára. Környezetgazdálkodási kutatások. 3. 62–100.

MIKE ZS., 1976. Légifénykép-interpretálás és a természeti erőforrások. Akadémiai Kiadó. Budapest.

MSZ 08 0202-77. Helyszíni mintavétel mezőgazdasági célú talajvizsgálatokhoz.

SUMNER, M. E. & NAIDU, R. (Eds.) 1998. Sodic Soils. Distribution, Properties, Management and Environmental Consequences. Oxford University Press. New York.

SWAIN, P. H. & DAVIS, S. M. (Eds.), 1978. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw–Hill Book Co. New York.

SZABÓ J. et al., 1999. Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten térinformatikai és távérzékelési módszerek alkalmazásával. Agrokémia és Talajtan. **48.** 3–14.

TÓTH, T. & KERTÉSZ, M., 1993. Mapping the degradation of solonetzic grassland. Agrokémia és Talajtan. **42.** 43–54.

TÓTH, T. & KERTÉSZ, M., 1996. Application of soil-vegetation correlation to optimal resolution mapping of solonetzic rangeland. Arid Soil Research and Rehabilitation. **10.** 1–12.

TÓTH, T., KERTÉSZ, M. & PÁSZTOR, L., 1998. New approaches in salinity/sodicity mapping in Hungary. Agrokémia és Talajtan. **47.** 76–86.

TÓTH, T. et al., 1991. Characterization of semi-vegetated salt-affected soils by means of field remote sensing. Remote Sensing of Environment. **37.** 167–180.

TÓTH, T. et al., 1998. Allocation of soil reclaiming material based on digital processing of aerial photograph. In: ISPRS. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Commission VII. Symposium. Resource and Environmental Monitoring, September 1–4, 1998. Budapest. 178–181.

WESSMAN, C. A., 1991. The use of remote sensing in following soil processes. Agriculture, Ecosystems and Environments. **34.** 479–493.

Érkezett: 1999. október 19.

Method for the Application of Gypsum to Sodic Soils using GIS

[1] T. TÓTH, [2] M. KERTÉSZ and [1] L. PÁSZTOR

[1] Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, and [2] Research Institute for Ecology and Botany, Vácrátót (Hungary)

Summary

Based on the analysis of a plot in the Nagykunság area of the Trans-Tisza region (Hungary), where sodicity is present in a mosaic-like manner, it was proved that the application of gypsum can be rationalized considerably by the use of aerial photographs.

The reflectance of the patches on the aerial photo is proportional to the gypsum requirement. On the basis of the reflectance of the patches inside the plot, reflectance strata can be delineated for sampling and gypsum application, either digitally (with GIS) or intuitively on the printout. The linear relationship between the reflectance and gypsum requirement can be utilized to test alternative sampling and gypsuming plans in GIS and therefore to optimize reclamation.

Table 1. The tested sampling plan. (1) Sampling plan. a) Whole sample; b) Weighted by reflectance; c) Not weighted. (2) Sample size. (3) 4-strata. (4) Number of sampling points in the reflectance strata. (5) Stratum 1. (6) Stratum 2. (7) Stratum 3. (8) Stratum 4. (9) 2-strata. (10) Strata 1-2. (11) Strata 3-4. A. Sampling plans.

Table 2. Results of variance analysis on the gypsum requirements (t/ha) by sampling strata. (1) Stratum. (2) Mean. (3) Standard deviation. (4) Sample size. (5) Significance of the grouping. A. When grouped in 4 strata. B. When grouped in 2 strata.

Table 3. Number of erroneous conclusions that can be drawn from the sampling plans. (1) Sample size. (2) Criterion 1. (3) 4-strata. (4) 2-strata. (5) Criteria 1 and 2. A. Weighted by reflectance. B. Not weighted. *Remarks:* Criterion 1: The gypsum requirement is higher than 4 t/ha in Stratum 1–2, and less than 4 t/ha in Stratum 3–4. Criterion 2: the gypsum requirement decreases from sampling Stratum 1 to Stratum 4.

Fig. 1. Histograms of the reflectance of the preliminary sampling transect and the whole plot. Note: The sampling track represents the within-plot intensity distribution.

Fig. 2. Comparison of the interpolated images obtained using 80 randomly selected sampling points with the original aerial photo. *Note:* Upper image: on the basis of stratified (2-strata) sampling. Lower image: on the basis of weighted stratified (4-strata) sampling.

Fig. 3. Final sampling plan. A. Sampling sites. B. Reference sampling sites.

Fig. 4. Correlation between the reflectance of individual pixels and the gypsum requirement determined with the Schoonover method for the whole sample (n = 134). Horizontal axis: intensity. Vertical axis: gypsum requirement, t/ha.

Fig. 5. Comparison of different simulated sampling plans. Sampling strategies: md(80): random, sample size = 80; sn2(20) stratified, not weighted, 2-strata, sample size = 20; sw4(10): stratified, weighted, 4-strata, sample size = 10.

Fig. 6. Relative error variances and estimation errors obtained when applying the field sampling plans. A. Relative estimation variance, weighted sample. B. Relative estimation variance, non-weighted sample. C. Estimation error, weighted sample. D. Estimation error, non-weighted sample. E. Estimation error, 4-strata, weighted sample. F. Estimation error, 4-strata, non-weighted sample. G. Estimation error, 2-strata, weighted sample. H. Estimation error, 2-strata, non-weighted sample. Horizontal axis: sample size. Vertical axis: gypsum requirement, t/ha.