

Talajtulajdonságok becslése a növényzet
alapján

tiszántúli szolonyec talajokon

kandidátusi értekezés

írta

Tóth Tibor

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete
Budapest

1994. március

"A szikesek talaja nem egynemű, hanem minősége gyakran hol fokozatosan, hol ugrásszerűen, lépten-nyomon változik s ennek megfelelően egymástól élesen elkülönülő kisebb-nagyobb foltokra bukkanunk más-más természetű növénycsoportokkal...", Magyar Pál, 1928

Bevezetés

A talajok kialakulásában a kémiai folyamatok általában döntő jelentőségűek, a szolonyec talajok pedig a kémiailag legjobban leírható talajok közé tartoznak jellegzetes kémiai tulajdonságaik (sótartalom, sóösszetétel, pH stb.) miatt. Ennek megfelelően a szolonyec talajok tulajdonságai, úgy mint a kémiai, valamint a részben azok által meghatározott fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságok (mikroaggregátum méret, duzzadás, vízkapacitás értékek, vízvezetőképesség, zsugorodás stb.) között szoros korreláció van, amit fiziko-kémiai összefüggésekkel vagy empirikus formulákkal írnak le (Shainberg és Letey, 1984).

A szikes talajok legfontosabb jellemzője a vízben oldott sók jelenléte. A sók kilúgzása és felhalmozódása következményeként a sótartalommal összefüggő talajtulajdonságok mélység szerinti eloszlása az egyes típusok jellegzetes bélyege (Tóth, 1989).

Azok a területek ahol a szolonyec talajok előfordulnak általában változatosak. Változatos térszínen terülnek el, amely átmeneti helyzetben van a térszín legmélyebb felszíne és a perem fölött fekvő hát között (Várallyay 1967). Gyakran eredendően változatos kőzeten alakulnak ki (alluvium, átrétegzett lösz) (Szabolcs, 1989). Az erősen rétegzett talajt pusztító erózió kis felszíni különbségek esetén is tarka felszínt alakít ki.

Ugyanakkor a szolonyec talajok (azok kémiai és főleg fizikai tulajdonságai miatt) szélsőséges miliőt nyújtanak az élővilág számára (növényborítás 0 és 100% között változhat). A szikes talaj növényzetének változatossága jól jelzi a

talajtulajdonságok változását (Magyar, 1928). A növényzetet sokrétűen fel lehet használni a talajtulajdonságok térképezésében. A következőkben ezzel kapcsolatos eredményeinket kívánom bemutatni.

A célom az volt, hogy a szolonyec talajok tulajdonságainak és a növényzetnek az összefüggését különböző, a cm-estől a többszáz méteresig terjedő, léptékekben vizsgáljam. Megállapítsam, hogy az eltérő növényzettípusok mennyiben jelentenek eltérő talajtulajdonságokat, milyen összefüggés van a talajtulajdonságok értéke és a növényzet előfordulása között; a talajtulajdonságok és a növényzet összefüggését hogyan lehet felhasználni a talajtulajdonságok értékének becslése során a vizsgált többféle léptékben.

A vizsgálatok alapelve

Az általános indikációs elv kimondja, hogy az élővilág előfordulásának téridőmintázata minden ökológiai feltételt indikál (Juhász-Nagy, 1984).

Egy éghajlati körzeten belül kis magasságkülönbség esetén a növényzetet differenciáló legjelentősebb természetes abiotikus tényező a talaj. Az egyes talajtulajdonságok növényzetet meghatározó szerepe eltérő, de kijelölhetők azok a legfontosabb talajtulajdonságok, amelyek a növények előfordulását döntően meghatározzák.

A talajtulajdonságok ismeretében elméleti alapon nem határozható meg a növényzet összetétele. Ugyanakkor adott termőhelyen, különösen pedig az abiotikus stressz által befolyásolt szolonyeces pusztán, ahol a talajtulajdonságok változása jelentős hatású a kislejtésű vegetáció számára, és a szikesek növényzetét befolyásoló egyéb abiotikus tényezők is összefüggenek a talajjal, - mint az erózió, a mikroklíma, a vízborítás, stb., - nagyszámú terepi növénytársulástani felvétel (Hortobágyi és Simon, 1981) és talajmintavétel alapján statisztikus módszerekkel kvantitatív összefüggés

állítható fel a talajtulajdonságok (pH, sótartalom stb.) értéke és a növényzet összetétele (azaz az egyes növényfajok viszonylagos borítása) között.

Ugyanilyen módszerekkel ha az empirikus-statisztikus összefüggéseket megfordítva állítjuk fel akkor számszerűsíthető, hogy az egyes növények egyedüli vagy együttes előfordulása egyes talajtulajdonságoknak milyen értékét indikálja lokálisan. Az ilyen empirikus-statisztikus összefüggések felállítására használható adott esetekben például a regresszióanalízis (Webster, 1989).

A növényzet és egyes talajtulajdonságok közötti térbeli függőség pedig figyelembe vehető többváltozós geostatistikai módszerekkel (Webster, 1985), és az előzőhöz hasonlóan felhasználható a talajtulajdonságok számszerű becslésében.

A termőhelyi viszonyok felmérését célzó távérzékelési technikák is empirikus összefüggést keresnek a felszíni jelenségek és a mért paraméter (reflektancia) között. Ha ismerjük a növényzet és a talajtulajdonságok összefüggését és a növényzet-távérzékelés paraméter összefüggést, akkor távérzékeléssel támogatható a talajtulajdonságok térképezése. A növényzet - távérzékelés paraméter összefüggést numerikus osztályozással állapítják meg, és a változók között statisztikai eszközökkel keresnek megfeleltetést (Pando et al., 1992). Ugyanilyen módszerek, például a diszkriminancia analízis, alkalmazhatók annak vizsgálatára, hogy egyes növénytársulások a talajtulajdonságok alapján mennyire fednek át illetve különülnek el (Tóth és Kertész, 1993b).

A szolonyec talajok egyes tulajdonságainak elemzése a növényzet figyelembevételével

Ismert, és többszörösen bizonyított tény, hogy a szolonyeces termőhelyek közel természetes növényzete jó indikátora a talajtulajdonságoknak. Tiszántúli szolonyec talajainkon is a sótartalom, a nátrium tartalommal összefüggő talajkémhatás és

talajnedvesség (Waisel, 1972, Várallyay, 1981) a meghatározó környezeti feltételek, ezek változatossága tükröződhet a növénytakaró összetételében.

A talaj sótartalma a kedvezőtlen ozmotikus hatások, a megnehezedett vízfelvétel és aszályérzékenység, illetve a kis sótartalom a magas kicserélhető nátrium értékkel párosulva a talajszemcsék fokozott diszperziója és a nagy duzzadás következtében fellépő kedvezőtlen fizikai tulajdonságok miatt fontos ökológiai tényező.

A pH közvetlen és közvetett módon is befolyásolja a növényzet fejlődését. Rengasamy és Olsson (1991) szerint egyrészt a magas pH kedvezőtlen a tápanyag mikrobiális feltárolására és egyes talajban élő férgekre, másrészt a tápanyagfelvételre. A legkevésbé a vas, a mangán, a bór, a réz és a cink vehető fel magas pH-értékek mellett, de a nitrogén és a kálium felvétele is korlátozódhat.

A nátriumnak és a gyakran előforduló karbonátnak és hidrogénkarbonátnak is mérgező hatást tulajdonítanak nagyobb koncentrációknál (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

A talaj vízzel való ellátottsága, - ami szorosan összefügg a szolonyec talajok térszínen elfoglalt helyzetével és így a talajvízszinttől való távolsággal, - a kémiai hatásokat nagymértékben módosíthatja, azaz a talaj kedvezőtlenebb kémiai viszonyai (magas pH, nagy nátrium vagy sótartalom) mellett is a száraz termőhelyhez képest jobb vízzel való ellátottság nagyobb növényi növekedést eredményez, és így a szikes rétek szárazanyagtartalma mintegy kétszerese lehet a szikes pusztai gyepeknek (Varga et al., 1982).

A fenti tényezők - úgy mint kémiai és vízgazdálkodási - hatását már korábban felismerték és a 'Sigmond-Magyar féle szikosztályozás (Magyar, 1928) ezeknek az ökológiai tényezőknek a figyelembevételén alapult. A sótartalom és a szódatartalom (ami szolonyec talajokon rendszerint közvetlen

kapcsolatban van az oldható vagy kicserélhető nátrium tartalommal és a pH-val, mivel a sótartalom jelentős részét a szóda adja) kiválasztása mint osztályozó változók és a száraz illetve nedves szikek elkülönítése pontosan tükrözi ezt.

A szolonyec talajoknak fentiekén kívül van egy - elsősorban a talajfejlődés szempontjából - rendkívül jellemző, fontos kémiai tulajdonsága, a talaj kicserélhető nátrium tartalma, illetve ennek a talaj kationkicserélő képességéhez viszonyított százalékos mennyisége, a kicserélhető nátriumion-százalék (Darab és Ferencz, 1969), az ESP, avagy Exchangeable Sodium Percentage (US Salinity Laboratory, 1954). Az ESP azért került a szikes talajok legfontosabb diagnosztikai bélyegei közé, mert értéke szoros összefüggést mutat a talajok aggregátum méretével és duzzadásával és az ezzel összefüggésben álló vízvezetőképességével (Shainberg, 1984). Ugyanakkor az ESP értéke a természetes talajokban egyéb talajtulajdonságok értékével is párhuzamba állítható. Joffe (1949) ismerteti, hogy amikor a talaj pH-ja a 8,0-8,2-es értéket meghaladja nagy az esély arra, hogy a szolonyec talaj kicserélődési komplexumában nagy a nátrium mennyisége és oldható karbonátok vannak jelen. Mások és saját tapasztalatunk alapján is a pH értéke szoros összefüggést mutat a talaj ESP értékével, ezért, valamint a bonyolult meghatározás miatt ESP értéket nem határoztunk meg, ehelyett inkább a mozgékony nátrium, illetve a telített talajpép nátriumion-aktivitását vizsgáltuk. Előzetes vizsgálataink alapján a telített talajpép nátriumion-aktivitása szoros összefüggést mutat a talaj kicserélhető nátriumtartalmával és a talaj kivonatok nátriumtartalmával. Megjegyezzük, hogy - a hosszadalmas módszer miatt - az utóbbi időben elterjedt az ESP értékének a talaj telítési kivonata SAR értékével történő helyettesítése talajdiagnosztikai célokra (Soil Survey Staff, 1990). Az általunk vizsgált talajokban a telítési kivonat kinyerése a magas agyagtartalom miatt igen nehézkes, ezért nem végezhattük el az SAR meghatározást.

A sótartalmon, pH-án és talajnedvességen kívül a szolonyec talajokon fontos tényező az antropogén behatás, úgy mint a legeltetés, az állati taposás, összességében a bolygatás. Bizonyos növénytársulások és szubasszociációk az ezek okozta degradáció hatásaként jöttek létre mint ahogy a **Hordeetum hystricis** Wendelberger (1950) szerint a **Puccinellietum limosae** "degradált nitrofil származéka az álláshelyek és kutak környékén", az **Agrosti-Alopecuretum pratensis normale trifoliosum fragiferi** szubasszociáció növényfajösszetételét a legeltetés határozza meg (Bodrogekőzy, 1965). A szolonyeces termőhelyek talajtulajdonságait és növényzetét a legeltetés is befolyásolja. Lavado és Taboada (1987) vizsgálatai alapján a területeknek a legeltetésből való kizárása a felszínközeli sótartalmat csökkenti.

Zólyomi (1946) állítása szerint "átmeneti éghajlatú területeken a növénytakaró nagyon érzékenyen reagál a különböző talajféleségekre", ennek alapján a kontinentális és atlantikus éghajlat közötti éghajlattal jellemezhető Tiszántúl talajain a növénytakaró talajtulajdonságot indikáló képessége fokozott.

A növényzet-talaj megfeleltetésnek az irodalom szerint többféle megközelítése lehetséges.

A növény-talaj megfeleltetés első szintje az egyes növényfajok előfordulásának megadott környezeti tulajdonsággal való korrelációja. Zólyomi (1964) ismertette ennek az alapját, az egyes növényfajok TVR (hőmérséklet, nedvesség, és pH-igény) értékeit. Magyar (1928), Wendelberger (1950) és Varga et al. (1982) adatokat közölt az egyes hortobágyi szikes pusztai növényfajok indikáló erejéről, figyelembe véve a taposást, az eróziót, a bolygatást és a vízfolyások geomorfológiai elemein és a szikes komplexben elfoglalt helyzetet is.

A következő szint a növényzeti kategóriák és talajtípusok megfeleltetése. Ez a megfeleltetés egyszerre több

talajtulajdonság "tól-ig" értékéhez rendelhet hozzá meghatározott növényfajösszetételű, habitusú és környezeti igényű növénytársulást. Előfordulhat, hogy a talajtípus nem jellemezhető jól a tulajdonság-értéktartományokkal, és csak morfológiailag, illetve a genetikai talajrétegek elhelyezkedése alapján definiálható. Ezt a szintű megfeleltetést a magyarországi szikes talajokon több szerző is elvégezte. Elsőnek Rapaics (1927) Treitz (1927) szikes osztályai alapján, majd Magyar (1928) 'Sigmond szikes talajosztályozása alapján és később Bodrogyó (1965) a Stefanovits-Szűcs féle genetikai talajosztályozás alapján. Bodrogyó részletesen egyeztetette a szikes gyepek és rétek növényzetét szubasszociáció szinten a talajok genetikai besorolásának megfelelő altípusokkal.

Az orosz szolonyeces pusztán Petrova (1988) használta az egyes növényfajok indikáló képességét a talajok sótartalmának és nátrium-ion aktivitásának becslésére szemikvantitatív kategória rendszerben. Petrova 'Sigmond 1927 és Magyar 1928 megközelítéséhez hasonlóan száraz és nedves szikeket különített el.

Ez átvezet a negyedik szintű megfeleltetéshez, amikor a növények borítása, azaz a terepi növénytársulástani felvételek alapján becsüljük a talajtulajdonságok számszerű értékeit. A növényi borítás és a talajtulajdonságok korrelációján alapulva többváltozós regresszióanalízis alkalmazásával a növényfajok borítása alapján lehet a talajtulajdonságokat lokálisan becsülni (Tóth és Rajkai, 1994).

A talajtulajdonságok térbeli függését, idegen szóval autokorrelációját az egyváltozós geostatistikai interpoláció, azaz krigelés során lehet kihasználni a talajtulajdonságok számszerű becslésére.

A többváltozós geostatistika, azaz kokrigelés mindkét jelenséget, mind a korrelációt (akárcsak a regresszióanalízis), mind a térbeli függést (akárcsak a

krigelés) kihasználja, és a növényi borítás értékek figyelembe vételével javítja a térbeli interpoláció pontosságát. Ilyen alkalmazásról Tóth et al. (1991b) számoltak be.

Célkitűzés

A dolgozatban ismertetett esettanulmányok két gondolati fonalat követnek és a szolonyeces termőhelyeknek a természetes növénytakaró segítségével végzett térképezését kétoldalról közelítik meg. Az első részben a növényzet és talaj közötti összefüggés szorosságát és az összefüggésnek a talajtulajdonságok becslésére való alkalmasságát vizsgálom 3 térléptékben. A második részben távérzékeléses technikák alkalmazását vizsgálom a szolonyec talajok (talaj és féltermészetes növényzet) elválasztása során a talaj-növényzet összefüggés elemzésével összevethető léptékekben.

A vizsgálati léptékek a következők voltak: először egy 2 m hosszú, szikpadkát átszelő szelvényen belül, minimum 1,5 cm-es mintavételi távolságot alkalmazva. Másodjára 50 m hosszú, padkásszik komplexen átvezető transzektek mentén, 10 cm-es minimális mintavételi távolsággal, harmadjára egy változatos szolonyeces pusztán 80 m minimális mintavételi távolsággal. Azt vizsgáltuk, hogy milyen szerepe lehet a szolonyec talajok féltermészetes növényzetének a talajtulajdonságok térképezésében. A vizsgálatok két léptékben számszerűsítik a növényzeti kategóriák szétválaszthatóságát. Ezáltal következtetések vonhatók le a növényzeti kategóriáknak a talajtulajdonságok szempontjából vett stabilitására nézve. A padkásszik komplexen átvezető transzektek esetén egyes növényfajok borítását figyelembe véve kísérletet tettem a talajtulajdonságok számszerű becslésére. A becsléshez két módszert használtam, egy empirikus-statisztikus becslő eljárást és egy térbeli interpolációs technikát.

A második gondolati fonal a szolonyec talajok távérzékeléses technikák segítségével történő térképezése köré épül,

felhasználva a számszerűsített összefüggéseket. A természetes vegetációval borított területeken a távérzékelés segítségével különböző növényzeti foltokat lehet elkülöníteni. Az elkülönített egységek talajtani jellemzését - külön mintavétel nélkül - csak ez előző részben végzetthez hasonló összefüggés keresés segítségével lehetett elvégezni, az ott ismertetett hibákkal. A vizsgálatok arra irányultak, hogy megállapítható legyen, hogy a távérzékelés a növényzet-talaj kapcsolat térbeli kiterjesztésének eszközeként alkalmazható-e.

A padkásszik komplexen átvezető transzektéken a vizsgálati léptéknek megfelelően terepi reflektometriával vizsgáltuk a növényzeti kategóriák elválaszthatóságát a mért látható és infravörös reflektancia segítségével. Egy másik vizsgálatban a Kreybig-féle 1:25.000 méretarányú átnézetes talajismereti térkép kémhatás foltjainak műholdas távérzékeléssel, infravörös reflektancia alapján történő szétválaszthatóságát vizsgáltuk 10.000 ha kiterjedésű, jórészt üzemi táblákkal borított területen. A harmadik távérzékeléses vizsgálatban légifényképen elkülönített növényzeti foltokat azonosítottunk a szolonyeces pusztán.

Vizsgálati célok

1.) Először egy szikpadkát átmetsző szolonyec talaj szelvényben ismertetem a talaj sótartalmának és pH-jának oldalirányú és vertikális változatosságát. A vizsgálatban alkalmazott 1,5 cm-es felbontás megfelelőnek bizonyult a változatos szolonyec talaj mélységi és oldalirányú változatosságának értelmezésére, annak a kérdéseknek a megválaszolására, hogy **adott mintavétel mennyiben alkalmas a talaj rétegenként eltérő pH-jának és sótartalmának jellemzésére.**

2.) Ezt követően a szolonyeces puszta növényzeti kategóriáinak talajtulajdonságok szerinti szétválását vizsgálok meg diszkriminancia analízissel. Ez a vizsgálat

tájékoztató arról, hogy **a padkásszik komplex és a szikes mocsártól a löszlegelőig terjedő pusztai növényzeti kategóriái mennyire átfednek illetve elválnak a talajok több mélységben meghatározott tulajdonságai alapján.**

3.) Ezután ismertetem a többszörös regresszióanalízis és a többváltozós geostatisztika alkalmazását padkásszik komplex talajtulajdonságainak becslésében. A többszörös regresszióanalízis módját arra, hogy a terepi növénytársulástani felvételben a növényi kvadrátokról feljegyzett borításadatokat mint a talajtulajdonságok becsülő változóját használhassuk. A többváltozós geostatisztikai alkalmazásban azt vizsgálom, hogy **olyan vizsgálati kvadrátokban ahol a talajtulajdonság értékét nem határozták meg, de a terepi növénytársulástani felvétel rendelkezésre áll a növényi fajborítás ismerete mennyiben járul hozzá a talajtulajdonság térbeli becslésének pontosságához.**

4.) Az ezutáni részben a padkásszik komplex terepi reflektancia segítségével végzett kategorizálhatóságát ismertetem. Ez a vizsgálat megmutatja, hogy **a változatos növényi borítású padkásszik komplex különböző növényzeti kategóriái milyen pontossággal választhatók el az adott területen a terepi reflektancia méréssel.**

5.) Ezt követően **a szolonyeces szikes területek szikesedési fokának távérzékeléssel történő térképezhetőségét** vizsgálom különböző léptékű segédtérképek használatával.

6.) Az utolsó részben azt vizsgálom, hogy **a szolonyeces pusztán infravörös légifényképezés segítségével elkülönített növényzeti foltok mely társulások és ökológiai feltételek térképezésére alkalmasak.**

A dolgozatban ismertetett esettanulmányok több megbízásos program részét képezték. A megbízásos feladatok szervezeti kereteit "Az esettanulmányok szervezeti keretei" részben ismertetem.

Irodalmi összefoglaló és kutatási előzmények

Növényi indikáció

Először Hilgard (1910) javasolta, hogy az Egyesült államok különböző szikes területein az előforduló növények alapján tájegységenként állítsanak össze listát a növények által jelzett sótartalomról és sóösszetételről, mivel így a talajjavítás előzetes kémiai elemzés nélkül tervezhető.

Sampson (1939) Talbot alapján áttekintette a legelők leromlásának (éppen folyó leromlás, korábbi leromlás, nem megfelelő talajviszonyok) növényzeti indikátorait.

Oroszországban a Szaratovi Kormányzóság szolonyeces talajait és azok növényzetét korán ismertette Dimo, 1903.

Ezeket a talajokat, és felosztásukat Timkó, 1912 ismertette és megemlítette, hogy a "szerkezettel bíró sós talajok főtipusa az oszlopos sós talaj, mely ismét kéregszerű oszlopos és mélyen oszlopos sós talajra különül, amannál az A szint vastag, emennél mindössze 3-4 cm. A kérges sós talajban több az oldható sók mennyisége ...".

Glinka, 1914 beszámolt arról, hogy a Turgáj vidéken az oszlopos szikes talajokon az A szint vastagságának csökkenésével mely növényfajok tűnnek el, illetve jelennek meg. Keller, 1940 áttekintette az Ergenej környéki szolonyeces növénytársulásai és a talajok közötti korrelációt. Khudyakov (1965) megfigyelte, hogy a legjobb minőségű talajvíz azok alatt a társulások alatt található ahol a domináns növényfajok az *Alopecurus pratensis*, *Agropyron pectinatum*, és *Stipa capillata* voltak.

Magyar (1928) hortobágyi megfigyelései alapján ismerteti egyes növényfajok előfordulásainak törvényszerűségeit, ezt táblázatosan az 1. függelékben foglaltam össze.

Varga et al. (1982) szerint a hortobágyi Nyírôlapon **Agrosti-Beckmannietum eruciformis**-ban a *Pholiurus pannonicus*, a *Myosurus minimus* és *Polygonum aviculare* iszapot jelez. A **Cynododonti-Poëtum angustifoliae**-ban a *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata*, *Potentilla argentea*, *Veronica prostrata* a talajszerkezet leromlását és a legeltetést jobban elviseli. Az **Artemisio-Festucetum pseudovinae**-ben a kilúgzott feltalajú foltokon van a *Scleranthus annuus*, a *Hordeum hystrix* pedig a bolygatott talajon mutatkozik. A legnagyobb taposást szerzők szerint a *Polygonum aviculare* bírja.

A fentihez hasonló megfigyelések jó szolgálatot tesznek a vegetáció állapotának felmérésében, az egyes növényfajok jelenlétének értékelése azonban nagy körültekintést kíván és a talajtulajdonságokra vontakozóan csak kvalitatív jellemzést enged meg (Tóth és Kertész, 1993a).

A szikes talajtípusok és növényzet megfeleltetése agyagos szikeseken

Nincs hely arra, hogy a szikes, vagy akár csak a szolonyec talajok kialakulásával, elterjedésével, osztályozásával, növényzetével és hasznosításával kapcsolatos irodalmat áttekinthessük, ezt megtették Arany (1934), Szabolcs (1954, 1961, 1989), Rapaics (1916), Bodrogközy (1977), Szujkó-Lacza (1982), Urbancsek (1953) és mások. Ebben az összefoglalóban a talajtípusok és a növényzet közötti összefüggést vizsgáló munkákat tekintjük át.

Idôrendben először 'Sigmond 1902-ban megjelent értekezése közölt a természetes növényzet alapján készített szikesedési térképet a békéscsabai öntözött rétről (lásd 2. függelék). Ez

az osztályozás az adott terület térképezésére készült, ezért lokálisan volt alkalmazható.

Az ezt követő időszakban az Egyesült Államokban folytak hasonló kutatások, amelyek eredményét Ballenegger (1929) után foglalom össze.

Shantz (1911) felhívta a figyelmet a növényzet és talajtulajdonságok közötti összefüggés korlátozott voltára, mindenekelőtt hangsúlyozta, hogy az eltérő régiókban ezeket mindig ellenőrizni kell, ugyanakkor ha már az összefüggéseket tisztázták, a szikes talajok térképezésére nincs gyorsabb és pontosabb módszer, mint a növényzet alapján végzett térképezés.

Shantz és Piemeisel (1924) a természetes növényzetnek a talajtermékenység becslésében betöltött szerepét egyenrangúnak, vagy fontosabbnak tekintette mint a meteorológiai vagy talajvizsgáló megfigyeléseket.

Kearney et al. (1913) összefüggést talált a vizsgált növénytársulások és a talaj nedvességforgalma, valamint a sók szelvénybeli eloszlása között. A kapott összefüggéseket elég szorosnak találta ahhoz, hogy azok alapján a növénytermesztés esélyeit becsülni lehessen.

Harris (1920) részletesen ismerteti az Egyesült Államok nyugati vidékein szódás talajokon élő növényeket, és az előfordulás helyén a talajtulajdonságokat.

Magyarországon Rapaics (1927) és Treitz (1927) voltak, akik a talajjavítás tervezéséhez szükséges talajvizsgálatok elvégzését a botanikai jellemzéssel kívánták kiváltani, és kidolgoztak egy talajtípus-növényasszociáció megfeleltetést az agyagos szikesek hátasszikes talaj-csoportjára a 3. függelék szerint. Ennek a besorolásnak egyes kategóriáit jelenleg nem sorolják a sziki növénytársulások közé (**Lolium perenne ass.**, **Ischaemetum**, **Chrysopogon g. ass.**), de a társulások jól megfeleltethetők a Treitz-féle sziki termőhely

besorolásnak (Treitz, 1934). Erőssége a talajok részletes osztályozása mindenekelőtt a padkásszik esetén.

A Magyar-féle természetes sziki gyepterület növényközösségek rendszerét Tóth et al. (1972), a talaj megfeleltetést Magyar (1928) és Arany hortobágyi vizsgálatai nyomán mutatom be (4.b függelék). Az erdészeti gyakorlatban később a 'Sigmond-féle talajosztályozás Tury által módosított formája terjedt el. Ez a részletes talaj és növényközösség megfeleltetés rendkívül figyelemre méltó, és bár a szike-talaj kategóriái mesterségesek, mert a só- illetve szódatartalom szabályos értékhatáraitól függenek (4.a függelék), mégis alkalmasak a növényzet és a talaj tulajdonságok közötti megfeleltetésre; a jelenlegi növényökológiai gyakorlat is ezt használja (Hortobágyi és Simon, 1981). Az, hogy a növényasszociációknak két grádiens, azaz só- illetve szódatartalom és talajnedvesség (száraz, nedves) szerinti lineáris felosztása a termőhelyek jellemzésére alkalmas arra mutat, hogy az egyes növényzeti illetve talajkategóriák jellemzésében a lineáris statisztikai technikáknak a szolonyeces termőhelyeken szerepe lehet.

Bodrogközy (1965) más területek mellett Hortobágyon is vizsgálta a növényközösség-talajtípus megfelelést. Rendszerében az 5. függelékben szereplő kategóriákat sorolta fel. Bodrogközy (1965) a ökológiai teljesség igényével fogott a munkához, és az újonnan bevezetett talajosztályozásnak (Stefanovits, 1963) megfelelő növényközösség besorolást készített. A használt talajtani terminológia egyéni, kvalitatív jellegű, és a talajtani folyamatok irányát kívánta jelezni. Mivel a meglévő talajtani osztályozás a szubasszociáció szintig nem kellően részletes, ezért szerző új altípusokat illetve változatokat képezett (pld. iszapos réti szolonyec). Az általa leírt új szubasszociációk nevezéktana meghonosodott, de a talajkategóriáké nem. Munkájának jelentőségét az adja, hogy a közösségek és szubasszociációk leírásakor azoknak a növényi szubszociációban elfoglalt helyét is jelzi. A növényökológiai

nevezéktan kevesebbet változott mint a talajtani, ezért a Bodrogekőy-féle besorolásnak a Magyar-'Sigmund-féle rendszerrel való összevetése segít megtalálni a 'Sigmund-féle talajtípusok hortobágyi megfelelőinek ma használatos neveit.

Prettenhoffer (1951) írja: "a szikes területek rendszerint nem egyöntetűek, jobb, rosszabb foltok váltják egymást". "...a szikesek növényzete - úgy a gazdasági, mint a tarló- és gyomnövények - igen jó jelzői a különböző minőségű területrészek elhatárolásának, de megfelelő gyakorlat után még a talajjavítások lehetőségére is iránymutatók".

Varga et al. (1982) a 6. függelékben közölt táblázatnak megfelelően rendelik egymáshoz a hortobágyi növényzeti és talajtípusokat. Ez a besorolás eltekint a szubasszociációk ismertetésétől, és ennyibben áttekinthetőbb. A vakszik és szikfok használt kategóriái megkérdőjelezhetők, mivel a szoloncsákos lefejezett réti szolonyec megnevezés nagyobb sótartalomra utal, mint a lefejezett réti szolonyec, mivel a szoloncsákos változat vízőldható sótartalma nagyobb mint nem szoloncsákos változaté (Stefanovits, 1975, p244 és Szabolcs, 1966, p203). Ez pedig Bodrogekőy (1965) és saját adataink tapasztalatával ellentmond, mivel a **Camphorosmetum a.** nagyobb sótartalmúnak bizonyult mint a **Puccinellietum 1..** Itt helyesebb lett volna Bodrogekőy (1965) osztályozását követni, ami jelzi a szikesedés grádiensét az ismertetett társulás-szekvenciában.

Az erózió és a növényzeti szukcesszió közötti kapcsolat a szolonyec talajokon

A szolonyec talajok növénytársulásait ismertető irodalmak a társulásokat a térszínen elfoglalt helyük szerint sorolják fel (5. és 6. függelék). A térszínen elfoglalt helyzet összefüggést mutat a talajtípusok katénájával, mivel a szolonyec talajok a legmagasabb térszíni helyzetű réti csernozjomok és a legmélyeb térszínen előforduló réti talajok közötti toposzekvenciába sorolódnak be. A két szélső eset között előforduló talajok közötti különbségeket is a magasságkülönbséggel illetve az azzal összefüggést mutató talajvízszint mélységgel, eróziós bázistól való távolsággal és a felszíni erózió erősségével magyarázzák (Magyar 1928, Arany, 1956, Leszták és Szabolcs, 1959, Bodrogyó 1965 és Varga et al., 1982). Ennek megfelelően a szolonyec növénytársulásait közvetlenül megfeleltetik egy-egy eróziós stádiumnak (6. függelék), elsősorban a padkásszik esetén, de egyéb társulások esetén is például elkülönítik a feltöltődéssel és feliszapolódással kapcsolatos társulásokat (Varga, 1984). Végeredményben a növénytársulások szukcessziós állomásait egy eróziós formákat tartalmazó talajsorhoz rendelik. Egy adott növénytársulás előfordulását tehát adott talajfejlődési állapothoz kapcsolják a szolonyeces pusztán belül. Hasonlóképpen Nagy és Korpás (1956) is kiemeli, hogy a padkásszik esetén a sziklanka hátrálása egyszerre képviseli a talajtani és geomorfológiai talajpusztulást. A sós területek, mindenekelött a sós mocsarak és tavak szintén kifejezett, az erózióval illetve lerakódással szoros kapcsolatot mutató zonációt mutatnak (Chapman 1960, Leeuw et al., 1993).

Varga (1984) szerint a növénytársulások előfordulásának döntő tényezője a felszíni erózió. Az erózió folyamatosan tölti fel a szikes mocsarakat és nagy kiterjedésű réteket hoz létre. A lepelerózió a gyephézagokban mohásodással és szologyosodott foltok megjelenésével jár együtt. A padkásodás és lepelerózió más-más szubasszociációval kapcsolható össze. A lepelerózió jellemző megnyilvánulása amikor **Achilleo-Festucetum p.**-ből a

Gypsophili-Artemisietum m.-on keresztül alakul ki a **Pholiuro-Plantaginetum t.**. A padkásodás az **Achilleo-Festucetum p.**-ből indul, a következő tereplépcsőt az **Artemisio-Festucetum p.** alkotja, ez alatt helyezkedik el a **Camphorosmetum a.** és ezt követi hozzávetőlegesen azonos felszíni magasságban a **Puccinellietum l.**.

Varga et al. (1982) a felszíni erózió két típusát említik: a télvégi, koratavaszi lassú és a május végi-június eleji záporok idején megmutatkozó gyors, erőteljes eróziót. A hálózatosan, a fűcsomók között ható lepelerózió a szolonyeces A szint lehordása révén kiterjedt kérges szolonyec foltok kialakulásához vezet. Ezzel szemben a padkásodás a gyep peremén, abba bele-beleharapó tereplépcső képződést eredményez. Sebessége rendszerint néhány cm/év. Ha az A szint szologyos, illetve repedezett, vagy az erózióbázis lejjebb kerül, a padkásodás erőteljesebb. A szikes mocsarak közvetlen közelében a szikerek falán gyakran van padkásodás.

A szolonyec erózió Arany (1956) szerint akkor lép fel, ha az altalaj nem teszi lehetővé a kilúgzást. A repedések környékén a kolloidok lemosódnak vagy elhordódnak. Három esetet különít el:

A. A nem erősen szerkezetes szikes talajon nagy berágások jönnek létre. Ez sós, meszes szódás felszínre jellemző.

B. Marékkal rakott szik (Treitz, 1924 szerint olyan legeltetett szik, amelynek feneke apró zombékokkal van tele) keletkezik ha a szerkezetes szikes talaj A szintje csak néhány cm vastag. Ilyenkor az erősebben gyökerező természetes növényzet a gyökereivel visszatart egy kevés talajt, és így a növények a növényzetnélküli felszínhez képest kissé magasabban helyezkednek el.

C. Ha az A szint elég vastag, és a szikes talaj nem tud kilúgzódni, a felszín elmosódása padkássziket hoz létre. Ennek részei a padkatető, padkalejtő és az új vagy legújabb felszín. A padkásodás lépcsőzetesen is lejátszódhat, ilyenkor elsődleges (padkatető), másodlagos (a B szint szerkezeti oszlopainak lehordott felülete), harmadlagos (lekopott

oszlopok által képzett fedetlen felszín a másodlagostól kisebb tereplépcsővel válik el) stb. felszín lehet elkülöníteni.

Magyar (1928) szerint a növényzet változása megelőzi a talajét, amikor a talaj legeltetés következtében fedetlen, vagy pedig az erózió miatt kicsi a növényi borítás. A talaj változása megelőzi a növényzetét, amikor kiszáradás vagy sófelhalmozódás miatt kedvezőtlené vált a talajtulajdonságok egy része, de a növényzet még majdnem a régi. Magyar (1928) tehát a növényzet indikáló képességének korai jelentkezését és késlekedését is degradáció esetén tartja lehetségesnek. A talaj-növényzet megfeleltetés tehát azok állandósult, stacioner állapotában érvényes.

"...a szíkeseken nagyon könnyen megtörténhetik, hogy a kapott elemzési eredményekre épített s nagyobb területre kiterjesztett következtetések, térképezések egyáltalán nem fedik a valóságot, mert véletlenül a minduntalan változó területen az átlagnál sokkal jobb vagy rosszabb foltról vették a mintákat. Aki ismeri a talajtakaró természetét, azzal ez nem történhetik meg, s ebből nyilvánvalóan következik, hogy annak, aki ilyen, sokszor mozaikszerű talajok felvételével foglalkozik, ismernie kell a növényfajok előfordulási viszonyait."

A dolgozatban a fenti gondolatmenetet elfogadva összefüggést feltételezek a padkássziki növénytársulásai, talajtípusai és eróziós folyamatai között. A padkássziken általam megfigyelt katéna hasonlít ahhoz, amit Varga (1982) írt le és amit a 6. függelék mutat be. Ehhez képest eltérést jelent, hogy a **Puccinellietum limosae** és a **Camphorosmetum annuae** talaját tapasztalatom szerint ugyanabba a talajtípusba, a kérges réti szolonyecbe kell besorolni.

A szíkes talajok távérzékelése

A távérzékelés során az érzékelő nem kerül közvetlen fizikai kapcsolatba a vizsgált tárggyal. A távérzékelést elsősorban meteorológiai előrejelzés, óceánkutatás, erőforrás-kutatás és térképezés érdekében végzik. A jelenségek észlelését a felszint egyenletesen lefedő képelemekre (pixel) vonatkozó több elváló hullámsávban mért reflektancia alapján végzik (Wessman, 1991).

A növényzet egyrészt elnyeli a fotoszintézishez a fotoszintetikusán aktív radiációt (FAR), másrészt a közeli infra tartományban erősen fényvisszaverő. A levélzet által abszorbeált FAR szoros kapcsolatot mutat a klorofill sűrűséggel, és az abszorbeált FAR-ral kapcsolatos élettani mutatók, - mint a levélzet ellenállás és fotoszintetikus kapacitás - közel lineáris összefüggést mutatnak a normalizált különbségi vegetációs indexszel (NDVI, mormalized difference vegetation index) (Colwell, 1983).

A talaj és a növényzet azonosítására leggyakrabban használt két műhold érzékelőiről készült táblázatot a 7. függelék tartalmazza.

Szilágyi és Baumgardner (1991) valamint Csillag et al. (1993) laboratóriumi multispektrális mérésekkel próbálta meg feltalajminták sótartalmát osztályozni. Eredményeik azt mutatták, hogy kisszámú sávot használva a szikesedés egyes paraméterei nem jól érzékelhetők, az ezek segítségével definiált szikesedési osztályok viszont igen. Megmutatják, hogy a műholdak tervezett nagy spektrális felbontású érzékelőinek mely sávjai alkalmasak a szikesedés nyomon követésére.

A növényzettel fedett talajok távérzékelése szétválik a természetes növényzettel borított területek, illetve a mezőgazdasági táblák távérzékelése szerint.

A természetes növényzettel borított területeken a növényzet - talajtípus megfeleltetés a talajtulajdonságok

távérzékelésének alapja lehet. A mezôgazdasági táblákon a termesztett növények biomasszája vagy a fedetlen talaj reflektanciája alapján szereznek információt a talajtulajdonságokról.

Richardson et al. (1976) erôsen sós (a telítési kivonat elektromos vezetôképessége egyes talajokban elérte a 40 mS/cm értéket) talajok elválasztását végezték a visszavert infravörös sugárzás alapján. A fedetlen és növényzettel takart talajok visszavert sugárzása közötti különbség fordított arányban állt a talaj sótartalmával.

Battle et al. (1988) a TM2-TM5 sávokat használták sós talajokon. Három felvétel alapján a talajfelszíni sókivirágzásokat követték nyomon.

Pando et al. (1992) diszkriminancia egyenletekkel 95% pontossággal választottak szét növényzeti típusokat Landsat MSS sávokkal olyan félsivatagban (chenopod rangeland), ahol libatopfélék (*Atriplex sp.*, *Maireana spp.*) az uralkodó növényfajok. Amikor a tanulótranszekten nyert osztályozó algoritmust, a diszkriminancia-egyenleteket egy másik transzekt azonosítására kívánták használni, a reflektancia alapján jóslt növényzeti kategóriák mindössze 2%-os pontossággal egyeztek a terepen meghatározott kategóriákkal. A szerzôk gyanítják, hogy az eltérést a termôhely változatossága okozza. Egy termôhelyen meghatározott diszkriminancia egyenletnek egy másik területre való átvitele körültekintést igényel.

Yuanchun és Jingrong (1988) SPOT felvételeket használt 1:25.000 és 1:50.000 léptékû szikes talajtérképek elkészítésére.

Solovyov (1991) indirekt indikációt használt a légifelvétellel történô szikesedés-vizsgálat során. A mezôgazdasági táblákról készült képeken a kép denzitása, a növekedésben elmaradt haszonnövény-folt mérete és a foltok

előfordulásának aránya egyenes arányban álltak a sótartalommal.

A talajtulajdonságok és a növényzet korrelációjának vizsgálata statisztikai módszerekkel

Többváltozós regresszióanalízis (MRA)

A regresszióanalízis azt vizsgálja, hogy egyes változók megváltozása statisztikusan más változóknál milyen változással jár együtt. Az MRA során egy ponthalmazra hipersíkot illesztünk általában a legkisebb négyzetek módszerével, ennek egyenlete:

$$Y = a + b_1X_1 + \dots + b_iX_i + \dots + b_pX_p$$

ahol Y függő változó, $X_1 \dots X_p$ pedig független vektorváltozó, a állandó és $b_1 \dots b_p$ regressziós koeficiensek. Az analízis célja a legjobban illeszkedő egyenletben szereplő állandó és a regressziós koeficiensek kiszámítása.

A vizsgálat matematikai modellje feltételezi, hogy a minták többváltozós normál eloszlású populációból származzanak.

A számított egyeneseknek a megfigyelt adatokhoz való illeszkedésének jóságát a korrelációs koeficiens (R) mutatja meg, ennek a négyzete, a determinációs koeficiens megmutatja, hogy a számított regressziós egyenlet az összes variancia mekkora részét tudja megmagyarázni.

Amikor a környezeti faktoroknak a növényzetre gyakorolt hatását vizsgálják, Greig-Smith (1984) indokoltnak tartja a regresszióanalízis alkalmazását. Ezzel a módszerrel az egyes faktoroknak a növényzetre pl. - talajnedvességnek a növényzet sűrűségére - kifejtett hatását lehet számszerűsíteni. A Rajkai (1988) által számított regressziós egyenletek is ehhez hasonlóak, de azokat nem becslésre, hanem a környezeti

tényezők fontosságának megállapítására használta. Greig-Smith (1984) ökológiailag értelmetlennek tartja azokat a regressziós egyenleteket, amelyekben a függő változó a környezeti tényező, a független pedig a növényzeti változó. Mi éppen ilyen típusú regressziós egyenleteket állítunk fel azért, hogy a növényi borítás (a terepi növénytársulástani felvételtől) és a talajtulajdonságok között fennálló statisztikai összefüggés alapján az adott viszonyok között becsüljük (Webster, 1989) a talajtulajdonság számszerű értékét.

Greig-Smith (1984) ismerteti, hogy milyen nehézségek léphetnek fel a regresszióanalízis során, ha jelentős diszkontinuitás van az adatok értéktartományában. Mivel ilyenkor a meglévő alcsoportok között eltérő összefüggés lehet, a globális összefüggést nehéz megállapítani. Amikor az összefüggések nem lineárisak, a változók transzformációja javíthatja az illeszkedést. A módszer biometriai alkalmazásait többek között Sváb (1979) ismerteti.

Diszkriminancia-analízis (DA)

A DA célja, hogy egy adott osztályozás esetén, amikor az egyes csoportokat több változó jellemzi, meg lehessen határozni a változóknak a csoportok megléte szempontjából vett fontosságát és hogy olyan algoritmust állítson elő amivel még be nem sorolt megfigyeléseket a meglévő csoportok valamelyikébe lehessen sorolni. Az algoritmus kiválasztja az osztályozás szempontjából fontos változókat és azok lineáris kombinációja, a diszkriminancia egyenlet függvényértéke (score) sorolja be a megfigyelést valamelyik csoportba (Sváb, 1979).

A vizsgálat előfeltétele, hogy a minták többváltozós normál eloszlású populációból származzanak, a csoportok kovariancia mátrixa egyenlő legyen.

Az analízishez numerikus és osztályozó változók kellene. A számítás során a független változókkal új diszkrimináló változókat (lineáris kombinációval) képeznek, és ezek segítségével osztályozzák az eseteket csoportokba úgy, hogy a csoportok közötti négyzetösszeg és a csoporton belüli négyzetösszeg hányadosa maximális legyen.

A DA-t követő értékelés a csoport centroidoknak a szétválásán és a klasszifikációs mátrixon alapul, valamint a Rao-féle V érték megnövekedését veszi figyelembe.

A klasszifikációs mátrix megmutatja, hogy az egyes csoportokat a diszkriminancia egyenletek az eredeti besoroláshoz képest hány százalékos pontossággal sorolják be. Ezekben a mátrixokban két osztályozás kerül összehasonlításra. A függőlegesen egymást követő csoportok a szakértői döntés alapján hozott csoportokat, a vízszintesen egymás után elhelyezkedő csoportok a diszkriminancia függvényekkel elkülönített csoportokat reprezentálják. A klasszifikációs mátrixban lévő számok azt jelzik, hogy az adott besorolás-kombinációhoz tartozó eredeti (sor) besorolás mekkora esetszámmal került a hozzá tartozó DA (oszlop) besorolásba. A két osztályozás közötti megfelelés esetei a bal felső - jobb alsó átlón helyezkednek el.

A diszkriminancia analízis során a változóknak a diszkriminancia egyenletbe való léptetése során a Rao-féle V érték növekedése jelzi a változó fontosságát a csoportok szétválasztásában (SPSSX, 1984). Ennek alapján értékeltem a diszkriminancia egyenletben szereplő változók fontosságát. Azokat tartottam a legfontosabbnak amelyek a Rao-féle V növelésében 0,01-nél kisebb szignifikancia-szintet mutattak.

A DA-t éppenúgy mint az MRA-t kétféle módon lehet a növénytársulások vizsgálatában használni. Becslésre, amikor azt vizsgáljuk, hogy numerikus változók alapján (például reflektancia, ld. Pando et al., 1992 és "Padkásszik komplex növényzetének kategorizálása terepi reflektometriával"

fejezet) milyen biztonsággal lehet besorolni a növényzeti kategóriákat. Ökológiai tényezők befolyásának a vizsgálatára használjuk amikor azt vizsgáljuk, hogy egyes ökológiai tényezők (pld. talajtulajdonságok, ld. "Szolonyeces termőhelyek növényzeti típusainak szétválása" rész) alapján milyen pontosan lehet a megfigyeléseket a terepen megfigyelt növényzeti kategóriákba besorolni.

A talajok változatossága és a térbeli interpoláció

A talajok változatosságának a variációs koefficiens szerinti kategorizálását (úgy mint kevéssé változatos stb.) Beckett és Webster (1971) és Wilding (1984) is elvégezte, és a szikesedéssel kapcsolatos tulajdonságokat - mint a sótartalom és kicserélhető ionmennyiség - az erősen változatos tulajdonságok közé sorolták. A pH érték a kevéssé változatos talajtulajdonságok közé tartozik ha azt a variációs koefficienssel jellemezzük, minthogy az definíció szerint egy kitevő értéke. Dahiya et al., 1984 is a pH esetén számolt be a legkisebb térbeli változatosságról az értékelt talajkémiai változók között. A CV nem haladta meg a 13 %-ot és a felszíntől lefelé növekedett.

A talajtulajdonságok változatosságát jellemző szerzők általában megegyeznek abban, hogy a talajfelszín tulajdonságainak variációs koefficienssel kifejezett változatossága kisebb, mint a felszín alatti rétegeké (Samra et al., 1989; Oliver, 1987; Beckett és Webster, 1971; McBratney és Webster, 1983). Ezzel ellentétesek a szolonyeces sziken szerzett tapasztalataink, mert padkás sziken a felszíni (0-5 cm) mintákban a sótartalom, a mozgékony nátrium tartalom és a pH variációs koefficiense mintegy másfélszer nagyobb volt, mint a felszín alatti (10-15 cm) rétegé. Ennek magyarázata, hogy a 10-15 cm-es minták már a viszonylag homogén szolonyeces B szintbe esnek.

A talajtulajdonságok változatosságának értékelése során célszerű az összes variációt szisztematikus és véletlen

variációra bontani, például kőzettani és egyéb tényezőkre (Webster és Cuanalo, 1975, Webster, 1979). A szerzők ismertetik a kőzettani tényezők hatását csökkentő (termesztés stb.) és növelő (oldódás stb.) folyamatokat.

Burrough (1983a) hangsúlyozza, hogy a szisztematikus és véletlen variancia elválása mindig erősen skálafüggő, mivel a vizsgálat léptékének növelése általában szerkezetességet, azaz szisztematikus varianciát fed fel a véletlen varianciában.

Mivel a geomorfológiai tényezők erősen hatnak a talajok változatosságára, többször megfogalmazódott az igény egy olyan összefüggés felállítására, ami a közvetlenül megfigyelhető geográfiai helyzet és a talajtulajdonságok közötti kapcsolatot írja le (Campbell, 1978, Webster és Cuanalo, 1975, Ogunkule, 1986).

A talajtérképezés hagyományosan a talajtulajdonságok variációjának olyan megosztását célozta, amelyik minimalizálja a csoporton belüli variációt és maximalizálja a csoportok közöttit, azaz a lehetőségekhez képest egymástól jól elváló homogén kategóriákat kívánt a térképeken feltüntetni. Ez a legjobb megoldás összetett talajtakaró esetén, amikor a nagyszámú folt közötti határok élesek. Ekkor egy meg nem mintázott ponton a talajtulajdonságok értékének becslését a kategória átlagértéke alapján lehet elvégezni.

Ha részletesebb, a talajtulajdonságokat számszerűen bemutató térképre van szükség, a talajkategóriák száma nem nagy, és a talajok átmenete nem éles, akkor a térképkészítés jellege megváltozik, és a feltelhatárolás elmarad, vagy kiegészül az adott tulajdonság mintázatát mutató izovonalak szerkesztésével. A meg nem mintázott pontokon a talajtulajdonság értékének becslését az izovonalak elhelyezkedése alapján lehet végezni. Ennél pontosabb eredményt nyújtanak a különböző numerikus térbeli becslő eljárások. Az inverz-távolság módszerben például a becsülendő

értéket a pont szomszédságában mért értékekből súlyozott átlagolással számolják ki. A súlyok a távolság valamely hatványával fordított arányban állnak.

A térbeli becslő eljárások között a legjobb lineáris, torzítatlan becslést nyújtó módszer a krigelésnek nevezett geostatistikai becslés (Journel és Huijbregts, 1978), aminek talajtani alkalmazását Oliver (1987); Hamlett et al. (1986); Vieira et al. (1983); Webster (1985); Hajrasuliha et al. (1980); Nielsen and Alemi (1989), Warrick et al., 1986 és mások ismertették.

A dolgozatban alkalmazott térbeli becslő eljárásnak a becslés szempontjából alapvető eleme a szemivariogram.

A szemivariogram

A geostatistika alapvető fogalma a szemivariogram, avagy röviden variogram azontúl, hogy a térbeli változatosság értelmezésének az alapja, az optimális becslés legfontosabb eszköze, a hatékony mintavételi tervek elkészítésének a segítője és olykor különböző beavatkozások hatásának az indikátora is.

A szemivariogram definíciója:

$$s^2 = [Z(x) - \underline{z}]^2 + [Z(x+h) - \underline{z}]^2 = (1/2) * [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

(s^2 megfelel egy megfigyeléspár varianciájának)

ahol $Z(x)$ a Z tulajdonság x helyen mért értéke, $Z(x+h)$ az x helyhez képest h távolságban mért érték és \underline{z} a Z tulajdonság átlagértéke.

Egy laghez (távközhöz vagy megfigyeléspár távolsági osztályhoz) rendelhető tapasztalati szemivarianciát (γ), vagyis az adott távközhöz tartozó különbségnégyzet felét a következőképpen számítják:

$$\gamma(h) = (1/2n) \sum_{i=1}^n [Z(i) - Z(j)]^2 ; d(i,j)=h$$

(n a h lag szemivarianciája számításakor figyelembe vett párok száma, Z(x) a vizsgált változó értéke x pontban)

A szemivariogram megmutatja, hogy egyes megfigyeléspár-távolságok esetén átlagosan mekkora a párokon belüli eltérésnégyzet. A szemivariogram lefutása jellemzi a térbeli változatosság mértékét, léptékét és formáját.

A szemivariogram számításakor szükséges feltétel a másodrendű, gyenge térbeli stacionaritás, azaz az átlag térbeli állandósága és adott távolságú megfigyeléspárookra kiszámított érték-eltérések szórásának az állandósága.

A szemivariogram alapvető felhasználása:

1. A térbeli változatosság leírása
2. Optimális mintavételi tervek készítése
3. Térbeli interpoláció (krigelés, angol szóval "kriging" Krige délafrikai geológus neve után (Journel és Huijbregts, 1978 után)

Amikor a térbeli változatosság izotróp a különböző irányok szerint számolt szemivariogramok nem különböznek, ellenkező esetben anizotróp, ilyenkor a szemivariogramokat diszkrét irányokban számítják.

A szemivariogramoknak két alapvető típusa van, vagy korlátlan, azaz folyamatosan növekvő, (angolul unbounded) ilyenkor a szemivarianciának nincs felső határértéke, (angolul "sill"). A szemivariogram korlátos, (angolul "transitive") amikor egy hatástávolság (angolul "range") elérése után a telítési görbéhez hasonlóan a szemivariancia egy értékre, a sill-re áll be. A térbeli függés a hatástávolságon belül nyilvánul meg.

A szemivariogram számításához végzett mintavételkor alkalmazott ökölszabály szerint a legelső lag számításához legalább 100 pár szükséges, a többi pont számításához

legalább 50 pár kell (Samra et al., 1989) és a pártávolság-eloszlásnak lehetőség szerint egyenletesen kell lefednie a távolság-osztályok határait ahhoz, hogy a véletlen variáció ne fedje el az adatok térbeli függését. A teljes távolságból, amit a megfigyeléspárok távolsága lefed, csak az első felet, vagy harmadot használják a térbeli változatosság modellezéséhez, és rendszerint még kevesebbet a térbeli interpolációhoz. Ez azért van, mert a becslés szempontjából a kisebb, range-en belüli távolságok a fontosabbak, mert ezek játszanak szerepet a térbeli interpolációban. A szemivariogram számításához megfelelő mintavételi elrendezés a rácshálós mintavétel. A legkisebb távolságoknál plusz pontok kijelölésével növelni célszerű a megfigyelések számát.

A szemivariogramok számításának megfigyelésigényét többek között Yates és Warrick (1987), Burgess és Webster (1980), Oliver (1987), Warrick (1987), Clark (1979) ismerteti.

A térbeli változatosság leírásához rendszerint valamilyen modellt illesztenek a tapasztalati szemivariancákra. Erről Burrough (1983b), Vieira et al. (1983), McBratney és Webster (1983), Gajem et al. (1981) ír kitérve az alkalmazandó illesztési technikákra és a modellek megbízhatóságára (Vauclin et al., 1983).

Ha a változatosság mértéke irányfüggő, akkor azt az interpoláció során figyelembe kell venni, és ennek az anizotrópiának a mutatóit tárgyalja Samra et al. (1989), Burgess és Webster (1980).

A szemivariogram modellje alapján következtetést lehet levonni a változatosság jellegére (Burrough, év nélkül, Burrough, 1983, Davis, 1986).

A szemivariogram döntően meghatározza a térbeli interpoláció pontosságát (Warrick et al., 1986, Oliver, 1987) és ezért a becslésével kapcsolatos kérdéseknek többen szenteltek nagy

figyelmet (Russo, 1984, Samra et al., 1989, Vauclin et al., 1983, Xu és Webster, 1984).

A szemivariogram becsléséhez megfelelő optimális mintavételi elrendezésről Webster (1979), Nortcliff (1978) és Oliver (1987) ír.

Krigelés

A krigelés definíciója (Englund and Sparks, 1988):

"Súlyozott-, mozgóátlagos lineáris térbeli interpoláció, amelyben az alkalmazott, a mintákhoz rendelt súlyok minimalizálják a becslési varianciát. A súlyok értéke a szemivariogram modelltől, a pontok egymástól és a becslési ponttól vett távolságától függ."

Pont krigelés

$$Y_p = \sum_{i=1}^n W_i Y_i$$

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

Y_p = becslési érték p pontban, Y_i = p pont környezetében, i pontokban mért értékek, W_i = a Y_i értékekhez rendelt egyedi súlyok, n = a becsléshez használt pontok száma (rendszerint nem több mint 10-20)

A krigelés a W_i súlyok kiszámításának egy módszere, hasonlóan az inverz-távolságnégyzet, inverz-távolság és egyéb térbeli interpolációs eljárásokhoz.

A súlyokra igaz, hogy 1.) összegük 1, azaz a becslés torzítatlan, 2.) a legkisebb becslési varianciát eredményezik. Ezen súlyok kiszámításához a következő mátrixegyenletet kell megoldani: $[A] * [W] = [B]$, ahol $[A]$ az n számú, a becslésben használt pont között számított szemivariancia-mátrix (a kovariancia mátrix becslése), $[W]$ az ismeretlen súlyokat tartalmazó vektor és $[B]$ az ismeretlen értékű p pont és az ismert pontok között számított szemivariancia-mátrix.

A p pontban végzett becslés becslési varianciája (estimation variance)

$$s^2 = c + \sum_{i=1}^n W_i * \gamma(i-p)$$

$\gamma(i-p)$ = a becsült pont és a becslésben felhasznált mérési pontok közötti távolsághoz tartozó szemivariancia, c = a mátrixszámítások során kapott konstans.

Tehát a krigelési variancia (becslési variancia) nem függ a mért értékektől, csupán a szemivariogramtól és a mintavételi elrendezéstől és így a szemivariogram ismeretében a mintavételi tervek által biztosított becslési pontosság optimalizálható.

A krigelést a térben folyamatosan változó paraméterek helyi becslésére használják, és nem javasolják olyan területeken ahol éles határok vannak. Azok a szolonyeces területek amelyek a felszínen gyakran mozaikosak nem látszanak alkalmasnak krigeléses térbeli interpolációra. Amiatt azonban, hogy a szolonyec talajokon a szolonyeces B szint jelenléte miatt egyes felszínalatti rétegekben a talajtulajdonságok fokozatosan és nem élesen változnak ezekben a rétegekben a krigelés alkalmas becslő technikának tűnik. Ezért volt érdekes megvizsgálni ennek alkalmazhatóságát a szolonyec talajokon és pontosságát a regresszióanalíziséhez hasonlítani.

Cressie és Zimmermann (1992) megmutatta, hogy a geostatistikai módszer stabil, vagyis kevésbé érzékeny a szemivariogram modelljének megállapítása és paramétereinek becslése során elkövetett hibákra.

A többváltozós geostatistika, azaz a kokrigelés lehetővé teszi több változó figyelembevételét a térbeli becslésben (McBratney és Webster, 1983, Yates és Warrick, 1987, Hajrasuliha et al., 1980, Vauclin et al., 1983).

Kokrigelés

Definíció: olyan krigelés, amelyikben egy szoros korrelációt mutató változó térbeli eloszlására vonatkozó információ javítja a krigelő súlyok becslését.

A kokrigelés egyedi szemivarianciákon és kereszt-szemivarianciákon alapszik.

$$\text{gamma}_{UV}(h) = 1/(2n) \sum_{i=1}^n [Z_U(i) - Z_U(i+h)] * [Z_V(i) - Z_V(i+h)]$$

n a h lagnél a számításra használt párok száma, $\text{gamma}_{UV}(h)$ a becsült kereszt-szemivariancia, $Z_U(i)$ az u tulajdonság értéke i pontban és $Z_V(i+h)$ a v tulajdonság értéke $i+h$ pontban.

Akkor használják, amikor egy változót (amit nehéz vagy költséges meghatározni) alulmintáztak, és egy másikat (gyorsabban, egyszerűbben vagy olcsóbban meghatározható) bővebben mintáztak, és a két változó térbelileg korrelált. A bővebben mintázott változó javíthatja az alulmintázott változó becslésének pontosságát.

A geostatisztika alapfogalmait magyarul Baksa et al. (1983) foglalták össze. Az általuk javasolt szakkifejezéseket a 8. függelék tartalmazza.

Közvetlen kutatási előzmények a Hortobágyon

Nincs rá hely, hogy a Hortobágyon végzett kiterjedt földrajzi, geológiai, talajtani, botanikai vizsgálatokat felsoroljam, vagy akár csak a lényegesebbekről beszámoljak, hiszen a Hortobágy a hazai és nemzetközi szikes kutatások egyik legismertebb területe, ahol mondhatni évszázados kutató munka folyt, részben az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, illetve annak elődei szervezésében. Ezeket többek között áttekintik Szabolcs (1954), Bodrogekőzy (1965). E helyett a dolgozatban foglalt munka vizsgálati előzményeit ismertetem, mivel ezek alapján kiderül, hogy miért milyen elhanyagolásokat tehattünk a későbbiekben.

Rajkai et al. (1986) megmutatták, hogy a padkásszik komplex vizsgálatában a felső három talajszint (10 cm-enként) kémiai tulajdonságai és mechanikai összetétele elegendő a talaj és a növényzet osztályozásához. A mikrorelief, a mélység, a

talajvíz-összetétel, a talajkémiai tulajdonságok, a mechanikai összetétel és a növényi borítás hasonlóan osztályozta a talajszelvényeket. A stepwise regresszióanalízis és a diszkriminanciaanalízis javasolható technikák szolonyeces szikes vizsgálatában. A növényzet szempontjából a legfontosabb egyedüli osztályozó változó a felső két szint ESP-je (kicserélhető nátrium százalék). A cönológiai egységek helyzete összefüggést mutat a mikrorelieffel.

Oertli és Molnár (1986) valamint Marchand (1987) a tulajdonságok közötti korrelációt vizsgálták.

Rajkai (1988) megállapította, hogy a cönológiai egységek előfordulása összefüggést mutat a mikrorelieffel. A talajtulajdonságok értéktartományai jól egyeztek a cönológiai kategóriákkal. A felső 40 cm-es talajréteg a meghatározó, az ennél mélyebb szintekben mért talajtulajdonságok a vizsgált növényjellemzőkkel nem mutattak összefüggést. A talajtípus-változást a talajvíz kémiai összetételének megváltozása okozza. Vizsgálataiban az összborítás a felszíni rétegek pH-jával negatív, a *Nostoc commune* borítása a mész és a sótartalommal, az *Artemisia santonicum* borítása a homoktartalommal, a *Puccinellia limosa* borítása a sótartalommal mutat erős pozitív korrelációt.

Oertli és Rajkai (1988) eredményei alapján a padka nagyobb növényi borítása a szikfokhoz képest a nagyobb produktivitásnak és/vagy annak köszönhető, hogy a *Puccinellia limosa* a többi növényfajhoz képest kedveltebb tápláléka a legelő juhoknak. 0-5 cm mélységben a padkatetôn volt a legnagyobb a gyökértömeg, 20 cm mélységben a szikfokon. Tehát a *Festuca pseudovina* sűrű sekély gyökérzetű, ami mélyebbre nem tud hatolni. A *Puccinellia limosa*-nak és *Camphorosma annua*-nak kevesebb gyökere van a felszíni rétegben, de azok mélyebbre hatolnak, mert a *Festuca p.* gyökeresedését gátló tényező a szikfokon vagy nincs jelen, vagy a növények nem érzékenyek rá. A pH mélységi grádiense, azaz a lúgosság

mélységgel együtt történő növekedése főleg a padkatetôn figyelhető meg. Azonos magasságban a pH azonos, ez mutatja a lassú erózió hatását, tehát nem az alapközetben lévő különbségek eredményezték a padkákat. A szikfok és padkatetô között az ESP és a nátriumtartalom (telítési kivonatban mérve) értékeiben kis különbség volt. A szikfokon a felszíni rétegben alacsonyabb ESP értékek vannak, de a mélyebb rétegekben már nem. A beszivárgás a padkatetôn sokkal gyorsabb, a szikfokon néhány perc után gyakran meg is áll.

Oertli and Müller (1985) alapján nem szikes viszonyok között pH 7-nél a *Festuca pseudovina* kompetitívebb mint a *Puccinellia limosa*, és azt kiszorítja. A sóra és a magas pH-ra azonban a *Festuca pseudovina* érzékeny, és ilyen viszonyok között azt a *Puccinellia limosa* szorítja ki. A *Puccinellia limosa* valószínűleg jobban el tudja viselni a kismértékű talajszellôzöttséget (aerációt) is.

Rajkai et al. (1988) megfigyelése szerint a mélységgel együtt a talajtulajdonságok varianciája csökken. A felszín alatt 40 cm-re lévő rétegek nem mutatnak korrelációt a felszínnel és növényzettel. A 0-10 és 20-30 cm mélységű rétegben a talaj pH és talajnedvesség szemivariogramja térbeli függőséget jelzett, a talaj pH a növényfajok eloszlása szempontjából meghatározó volt. Amit a 1,5 m * 1,5 m-es rácstávolságú rácshálós mintavételből nem sikerült kiszûrni, azt a rétegzett véletlen mintavétel bebizonyította: eltérés volt az összes kémiai tulajdonságban az egyes magassági szintek között. A szikfok a legsósabb, a legmagasabb pH-val és a padkatetők kevésbé szikesek (kisebb a sótartalom és alacsonyabb a pH). Ahol a növényzet sűrűbb, az alacsony pH-jú helyen a szórás nagyobb, ami az eltérő gyökérsűrűségnek a talajtulajdonságokra gyakorolt hatását tükrözi.

Kertész et al. (1990) megállapították, hogy hamisszines infravörös 1:1000 légifényképmontázon a zöld - kék - halványkék - fehér foltok az **Achilleo-Festucetum p.** - **Artemisio-Festucatum p.** - **Puccinellietum l.** - **Camphorosmetum a.** társulásoknak felelnek meg. A dúsabb növényzetű helyeken a

feltokat azonosítani lehet, de a szikes komplexen nem, mivel ott a szikes komplexből 4-5-6 is (2-3 talajtípusból 4-5-6 változat) van. Nem lehet "átlag növényzetet" és "átlag talajtípust" kötni a feltokhoz, de a növényzeti és talajtípusok eloszlásával jellemezni lehet őket, ami még mindig nem tájékoztat a mintázatról, az elemek nagyságáról, az átmenetek élességéről. Javasolják, hogy légifényképezéssel végzett térképezés során a mintavételi egységek közötti távolság 1 m legyen, de legalább 100 m-re terjedjen ki, a mintavételi kvadrát mérete pedig $0,5 * 0,5$ m legyen.

Anyag és módszer
Összefoglaló táblázat a szikesedéssel összefüggő talajkémiai tulajdonságoknak a résztanulmányok során alkalmazott vizsgálati módszereiről

pH	sótartalom	nátriumtartalom
indoklás	indoklás	indoklás
hivatkozás	hivatkozás	hivatkozás

A talaj kémiai tulajdonságainak változása a szelvényben

Szelvény és kisonolit

1:2,5 szuszpenzió	EC (1:2,5 szuszpenzió)
szabvány	kevés minta
Buzás et al. (1988)	Carter és Pearen (1985)

Kisonolit ionösszetétel vizsgálata

1:5 vizes kivonat	EC (1:5 vizes kivonat)	1:5 vizes kivonat lángfotometriával
kevés minta	kevés minta	kevés minta
Slavich, Petterson (1993)	Baize (1988),	Houba et al. (1979)

Változatos szolonyeces puszta

Felszíni minták

1:5 friss szuszpenzió	EC (1:5 friss szuszpenzió)
gyors módszer	gyors módszer
Carter és Pearen (1985)	

Mélyégi minták

telített paszta és MSZ	EC (telített paszta)	telített paszta ionaktivitása (pNa)
csupán egy előkészítés	csupán egy előkészítés	csupán egy előkészítés
U. S. Salinity Laboratory Staff (1954)		Krupszkij et al. (1968)
Soil Conservation Service (1984)	Whitney és Means (1897)	
	U. S. Salinity Laboratory Staff (1954)	
	Delver és Kalry (1960)	

Nagykunsági adatok

1:2,5 szuszpenzió	% kötöttségi pasztából
szabvány	szabvány
Buzás et al. (1988), MSZ08	Buzás et al. (1988), Black (1965)

Padkásszik komplex

1:2,5 szuszpenzió	% kötöttségi pasztából	Herke-féle mozgékony Na
szabvány	szabvány	gyakori mutató
Buzás et al. (1988)	Buzás et al. (1988)	Darab és Ferencz (1969)

Mivel az alkalmazott sótartalom meghatározási módszerek eltérőek voltak közlöm (1.táblázat) azoknak a só százalékkal

való megközelítő konverzióját (ILACO, 1981 és Buzás et al., 1988).

1.táblázat

A használt, sótartalomra vonatkozó paraméterek megközelítő konverziója

Só tartalom Jele %	Telített paszta EC _P mS/cm	1:2,5 szuszpenzió EC _{2,5} mS/cm	1:5 kivonat EC ₅ mS/cm
0,1	0,83	0,62	0,31
0,2	1,67	1,25	0,62
0,3	2,50	1,87	0,93
0,4	3,33	2,50	1,25
0,5	4,17	3,12	1,56
0,6	5,00	3,75	1,87
0,7	5,83	4,37	2,18
0,8	6,67	5,00	2,50
0,9	7,50	5,62	2,81
1,0	8,33	6,25	3,12

Az alkalmazott mintavételi technikák, időpontok, helyszínek, stb. leírását lásd az ismertetésre kerülő esettanulmányok előtt.

Statisztikai módszerek

Mind a többváltozós regresszióanalízis mind a diszkriminancia-analízis során a változókat többnyire a lépcsőzetes (stepwise) szelekcióval vontuk be az analízisbe. A diszkriminancia-analízis során a változók Davis (1986) nyomán a Mahalanobis távolság, azaz a standardizált négyzetes távolság alapján lettek a diszkrimináló függvénybe léptetve. Annak a vizsgálatára, hogy az osztályozó változóknak mekkora a befolyása a csoportosításra egy külön elemzésben a Rao-féle V érték alapján is beléptettük a változókat a diszkriminancia egyenletbe, ezeket az egyenleteket azonban nem használtuk osztályozásra, mivel az általuk nyújtott, a klasszifikációs mátrixszal értékelt pontosság kisebb volt mint a Mahalanobis távolság alapján felépített diszkriminancia egyenletek esetén.

A térbeli változékonyság vizsgálata során az értékelés szempontjai a szemivariogram paraméterei (nugget, sill, range), anizotrópia, trend, periodicitás jelenléte voltak.

Az exploratív adatelemzés és a regresszióanalízis során az SPSSPC+ (SPSSX, 1984), a CSS (CSS, 1991), a geostatisztikai elemzés során a GEO-EAS (Englund és Sparks, 1988) és GEOPACK (Yates és Yates, 1989) programcsomagokat használtuk.

Nevezéktan

A dolgozatban a vizsgálati helyeket nem a genetikai talajtípusok szerint, hanem a közeltermészetes növényzetük alapján nevezem meg azért, mert a növényzet alapján kívántuk a talajtulajdonságok értékét becsülni, és ebben a vonatkozásban a genetikai talajtípusok megnevezése másodlagos fontosságú. Ez a nevezéktan átfed azzal amit Treitz (1934) alkalmazott, mindazonáltal, mint fentebb említettük a sziki növénytársulásokat a botanikusok mind a 'Sigmond-féle, mind a genetikai talajosztályozási rendszerrel összefüggésbe hozták. Amikor a genetikai talajtípus le volt írva, meghatározható volt, avagy következtetni lehetett rá azt mindenesetben közöltük.

A növényzet megnevezése során a Hortobágyi és Simon (1981) által közölt növénytársulás-neveket követtük. Ennek megfelelően a szikesek között tárgyaljuk a feltalajában rendszerint sómentes (Bodrogközy, 1977 és Tóth, 1988) **Achilleo-Festucetum p.**-t (füves szikes pusztá), sőt a löszlegelôket is csupán azért, mert a Hortobágy fátlan vegetációjának ezek szorosán a halofita növényzethez illeszkedô tagjai. Az előbbi növénytársulás valószínűleg a talajszelvény mélyebb rétegeiben meghatározott sótartalom miatt került a Magyar-'Sigmond-féle osztályozás II. száraz osztályába, hiszen az osztályozás talajmintavételi mélysége 0-30 és 30-120 cm volt, ezekben a mélységekben az **Achilleo-Festucetum p.** minták már az osztályozás kritériumának

(legalább 0,1 % sótartalom) megfeleltek. A lőszlegelőnek az I. osztályba sorolása a többi sziki növénytársulással való együttes jelentkezés alapján történhetett, ez a társulás az osztályozás szerint is sómentes talajjal rendelkezik. Mivel a Hortobágyon mind az **Achilleo-Festucetum p.** mind a lőszlegelők altalaja szikes, Bodrogekőzy (1965) az ezek alatti talaj genetikai típusát sztyeppesedő réti szolonyecben, illetve szolonyeces mélyben sós talajban jelölte meg. A "lőszlegelő", "lőszpusztagyep" kifejezéseket a Hortobágyi és Simon (1981), után széleskörű elterjedtségük miatt (pld. Varga et al., 1982), a **Cynodonti-Poëtum a.**, **Trifolio-Poëtum a.**, illetve **Salvio-Festucetum s.** növénytársulásokkal kapcsolatban használom.

Eredmények és megbeszélésük

A talaj kémiai tulajdonságainak változása szolonyec talaj szelvényében

Problémafelvetés

A szikes talajok hazai osztályozása (Szabolcs 1966) szerint a réti szolonyecek típusa az A szint vastagsága, illetve mélysége szerint altípusokra bontható. Az osztályozás nem tér ki arra, hogy az A szint alatt húzódó B szint tulajdonságai az egyes altípusok között mutatnak-e különbséget vagy nem. Ezért kívántuk a közepes és kérges réti szolonyecek B szintjeinek egyes kémiai tulajdonságait megvizsgálni.

Gyakran kritika illeti azokat akik a szolonyec talajokból a mintákat nem genetikai szintenként, hanem előre meghatározott mélységenként (0-10, 10-20 cm stb.) veszik, mivel rendszerint így a genetikai szintek tulajdonságai nem tanulmányozhatók, hiszen azok a mintavétel közben összekeverednek. Ez a

megközelítés feltételezi, hogy a genetikai szintek horizontálisan és vertikálisan is homogének. Ezért érdekes a kérdés, hogy nagy térbeli felbontást használva milyen a talajtulajdonságok vízszintes és függőleges változatossága.

Amellett, hogy a talajtulajdonságok befolyásolják a növényzet összetételét az egyes növények is hatnak a talajtulajdonságokra. Szikes talajon Roberts (1950) vizsgálata szerint a sós félsivatagon élő félcserjék a levelükben felhalmozott sótartalommal a levelek elhullatása után a növények közelében a talaj sótartalmát növelték. Ha van a növényeknek ilyen hatása akkor a növényi indikáció sémája módosul, ezért tartottam érdekesnek ennek a kérdés vizsgálatát.

A három kérdés megválaszolásához szükséges a növény - talaj korreláció nagy térbeli felbontású vizsgálata, és ez segít a kisebb felbontású vizsgálatok eredményeinek értelmezésében.

A kérdések megválaszolására a növényzet és a felszíni formációk alapján egy reprezentatívnek tekintett szikpadka-szikfok átmenetet választottunk és itt a várakozásnak megfelelően az **Artemisio-Festucetum p.** alatt közepes réti szolonyecet és a vakszik illetve szikfok alatt kérges réti szolonyec talajt találtunk.

Mindhárom kérdés megválaszolásához cm-es felbontású mintavételi technikára és cseppelemzőre volt szükség.

Ezt munkát Roger Langohrral és Jorge Labradával közösen végeztem. A munka intézeti alapkutatósi alapból, kubai-magyar kétoldalú együttműködési forrásokból valamint Roger Langohr által szerzett utazási támogatásból volt finanszírozva. Roger Langohr végezte a talajrétegek szelvénybeli elhatárolását, és jellemzését. Jorge Labrada végezte a kismonolitok EC és pH mérését és részt vett a kismonolitok talajrétegeinek elhatárolásában és jellemzésében. A terepi munkák során Szabó

József, a laboratóriumi eredmények értelmezése során Csillag Julianna nyújtott további segítséget. A szelvény "mezomorfológiai" (R. L. kifejezése) jellemzését Roger Langohr kezdeményezte, a növényzet leírása és a kisonolitokkal végzett munka elgondolásaim szerint lett kivitelezve.

Anyag és módszer

A mintavételt és a terepi munkálatokat a Hortobágyi Nemzeti Park (HNP) területén, Nyírôlapon végeztük 1992. augusztus 28-án. Padkásszikes területen egy 2,3 m hosszú keresztshelvényt jelöltünk ki, és a shelvényfal mellett közvetlenül előforduló növényeket térképre rajzoltuk. A talajrétegek elhatárolását és jellemzését Roger Langohr végezte. A feltüntetett helyeken részletesebb vizsgálatokhoz mintákat (EC és pH mérés 1:2,5-es szuszpenzióban) és két kisonolitot vettünk. Kisonolitnak nevezem a talajfelszíntől mintegy 10 cm mélységig lenyúló, hozzávetôlegesen 10 * 10 cm felületű talajhasábokat.

Mintegy 8 hónapos száradás után vettük a mintákat a kisonolitok falán. Részletes szerkezetleírás után 1,5 cm-es távközű rácshálóban 49 illetve 44 mintát vettünk a két kisonolit függôleges faláról. A mintákból 1:2,5-es szuszpenziót készítettünk és 16 órai állás után mértük a felülúszóban a pH-t illetve az elektromos vezetôképességet (EC_{2,5}). Mivel a kisonolitból csak kis mennyiségű mintát tudtunk venni (0,5-1,4 g), ezért ezek pH-ját és EC-jét ugyanolyan előkészítés után zseb pH és EC mérôvel határoztuk meg (Horiba, év nélkül).

Kisonolitonként 3-3 elkülönített rétegben összevont mintát vettünk, amivel 1:5 vizes kivonatot készítettünk, és ezekben megvizsgáltuk az ionösszetételt. A kalcium- és magnéziumtartalmat komplexometriával, a nátrium- és káliumtartalmat lángfotometriával, a kloridtartalmat argentometriával, a karbonát- és hidrogénkarbonáttartalmat

titrálással határoztuk meg. A szulfáttartalmat a kationösszeg és a három mért anion összege alapján kivonással határoztuk meg.

*Eredmények***A vizsgálati terület jellemzése**

A talajszelvény egy talajtípust, annak két altípusát tartalmazta, úgy mint kérges- és közepes réti szolonyec, amint azt a helyszíni és laboratóriumi morfológiai és kémia vizsgálatok igazolták.

A szelvény közelében a talajvízszint a szelvénytől keletre **Artemisio-Festucetum pseudovinae** alatt 162 cm-re volt, a szelvénytől nyugatra pedig **Puccinellietum limosae** alatt 147 cm, miközben a két felszín különbsége 15 cm, Leszták és Szabolcs (1959) ezzel szemben a szikfok alatt felfelé domborodó talajvízszintet talált szintén egy hortobágyi padkásszik komplex vizsgálatára során.

A talajvízminták vizsgálata szerint a pH 8.7 és az EC 4.0 mS/cm volt az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** alatt, valamint a pH 8.4 és az EC 1.5 mS/cm a **Puccinellietum limosae** alatt. A különbséget a nátrium ionok okozták, mivel az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** alatt 42.2 meq/l volt a nátrium koncentráció, míg a **Puccinellietum limosae** alatt 15.2 meq/l. Leszták és Szabolcs (1959) ezzel ellentétes eredményt kapott. Az ő esetükben a szikfok alatt a sótartalom 1,5-szer magasabb volt, mint a szikpadka alatt. Leszták és Szabolcs (1959) (október végén meghatározott) eredménye összhangban áll a vakszik alatt feltételezett nagyobb párolgással, és a szikpadka nagyobb beszivárgásával, mivel így a padka alatt a talajvíz felhígulhat. Az általunk megfigyelt különbségek abból eredhettek, hogy nyáron a talajrepedések miatt a csapadék a szikfokon nyelődik el és ott ennek következtében időről-időre lecsökken a sótartalom. Bár a megfigyelések ellentmondóak, abban megegyeznek, hogy kis távolságon belül jelentős különbséget mutatnak a talajvízösszetételben.

A szelvényfalban a legnagyobb sótartalmat és pH-át a **Camphorosmetum annuae** alatti B szintben-ben találtuk (1.a

ábrán 10-el jelölve). A felszín alatt 70 cm-nél mélyebben a pH és EC₅ az elkülönített növényzeti típusok, illetve felszíni formációk alatt lényegében egyöntetű volt. Anderson (1987) megfigyelése szerint a kanadai szolonyec talajok felszíni rétegei alatt is homogén altalaj húzódik.

A felszínhez közelebb, mindenekelőtt közvetlenül a felszín alatt a pH és EC jelentősen eltért az egyes társulások alatt aminek megítélésünk szerint a magyarázata az **Artemisio-Festucetum pseudovinae**-ben megnyilvánuló kilúgzásban kereshető. A kismonolitok leírása a 9. függelékben található.

Bár a hagyományos talajtani megnevezés (kérges és közepes réti szolonyec) arra utal, hogy a kétféle réti szolonyec között csupán az A szint vastagságában van különbség, a talaj szerkezete jelentősen eltért a két kismonolitban.

Glazovskaya (1983) elkülöníti a szolonyecok több fejlődési fokozatát. A korai fejlődési szakaszban a kilúgzási szint vastagsága 3-5 cm. A további kilúgzás hatására 10-15 cm vastagságú a kilúgzott szint. A szolonyecok fokozódó kilúgzása során a szolonyeces B szint felső részében a szerkezet felbomlik és ilyenkor annak megjelenési mélysége 20-25 cm.

Esetünkben a kérges és közepes réti szolonyec esetén eltérő volt a B szint szerkezete, mert a kérges réti szolonyecben a hagyományosan B-nek nevezett réteg további rétegzettséget mutatott. Szabolcs (1954) írja, hogy a mély és közepes szolonyecok B szintjében szépen fejlett oszlopok találhatóak, a kérges réti szolonyecok B szintjében azonban a talajszerkezet "göröngyös". Favrot et al. (1992) és Tessier (1992) a reliefen szomszédos helyzetet elfoglaló, a nyírôlaposinál sokkal savasabb szelvényekben vizsgálta az eltérő szerkezetesség okát. Elméletük szerint a magasabb helyzetben azért alakul ki prizmás szerkezet, mert itt a kationok kimosódása után a szmektitok elmállottak. Az alacsonyabb térszínen a hidromorfizmus miatt további szmektitok keletkeztek, és ennek következtében vertisolra jellemző szerkezet alakult ki. A talajnedvesség és a szmektitok megmaradásának összefüggéséről Kapoor et al. (1986) is hasonlóan vélekedik.

A kismonolitokban mért pH és EC (mS/cm) értékeket a 2.táblázatban mutatjuk be.

2. táblázat

A két kismonolit 1:2,5 szuszpenziókban mért pH és EC értékei

a. Közepes réti szolonyec

Mélység (cm)	Vízszintes távolság (cm)													
	0		1,5		3		4,5		6		7,5		9	
	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}
0	7,4	0,3	7,0	0,2	6,1	0,2	6,8	0,2	6,5	0,2	6,5	0,2	6,7	0,2
1,5	6,9	0,3	7,1	0,2	7,1	0,1	6,9	0,1	7,0	0,1	6,9	0,3	7,3	0,2
3	6,3	0,2	7,1	0,2	7,2	0,2	7,0	0,1	7,2	0,2	7,2	0,2	7,1	0,2
4,5	7,2	0,3	7,3	0,2	7,2	0,2	7,4	0,3	7,3	0,3	7,3	0,3	7,1	0,4
6	7,5	0,9	7,3	0,9	7,1	0,7	7,3	0,6	7,1	0,9	7,2	0,7	7,1	0,9
7,5	9,2	0,8	9,0	0,7	8,9	0,7	8,5	0,9	8,2	0,9	8,6	0,9	8,7	0,8
9	10,1	0,7	9,7	0,5	9,9	0,8	9,5	0,8	9,7	0,8	9,9	1,1	10,1	1,1

b. Kérges réti szolonyec

Mélység (cm)	Vízszintes távolság (cm)													
	0		1,5		3		4,5		6		7,5			
	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}	pH	EC _{2,5}
0	8,2	2,6	8,7	2,0	8,0	2,5	7,7	1,9	8,2	1,3	8,5	1,2		
1,5	9,9	3,4	10,4	1,8	9,9	2,2	9,9	3,9	10,0	3,1	10,3	2,6		
3	10,3	2,6	10,4	2,0	10,2	1,6	10,4	3,4	10,4	3,5	10,4	3,0		
4,5	10,3	2,6	10,4	3,0	10,5	3,1	10,3	2,4	10,3	2,6	10,7	2,5		
6	10,3	2,6	10,4	2,6	10,5	2,4	10,4	1,9	10,6	1,9	10,6	2,4		
7,5	10,5	3,1	10,6	4,4	10,5	3,9	10,5	4,0	10,8	4,2	10,8	5,4		
9			10,5	3,8	10,5	3,7	10,5	3,6	10,5	3,7	10,7	3,9		
10,5							10,6	4,7	10,7	3,8	10,7	4,2		

A talajok függőlegesen igen nagy változatosságot mutattak, a legnagyobb különbség a szolonyeces B szint felső határánál 1,5 cm mélység különbség esetén 2,2 pH egység, 9 cm mélység különbség esetén 3,8 pH egység volt (2.b táblázat). Ehhez képest a legnagyobb különbség a szomszédos pontok esetén 0,9 pH egység, 9 cm távolságon 1,3 pH egység volt a homogénnek feltételezett szolonyeces A szintben (2.a táblázat). A szolonyeces B szinten belül a függőleges és vízszintes pH-különbségek (2.b táblázat) kisebbek voltak mint az A szinten belül (2.a táblázat). A felszínen már 1,5 cm-es mélységbeli különbségek is elegendőek ahhoz, hogy a kémhatás 2 kategóriát (Stefanovits, 1975, p.104) váltson, például pH 6,7-ről pH 7,3-ra (2.a táblázat) és pH 7,7-ről pH 9,9-re (2.b táblázat). Az eredmények alátámasztják, hogy a szolonyec talajok rögzített mélységenkénti mintavétele igen különböző szinteket keverhet össze, ugyanakkor azt is megmutatják, hogy az így

összekevert rétegek sem homogének. Példaképpen a szolonyeces A szint sótartalma és pH-ja a mélységgel fokozatosan növekszik (2.a táblázat) és a talaj sótartalma a szolonyeces B szinten (2.b táblázat) belül akár 3-szorosára is megnőhet. A szolonyeces B szinten belül a sótartalom változatossága nagyobb mint a pH-é (2.b táblázat). Vízzintesen a legkisebb mintavételi távolságon (1,5 cm) az 1:2,5 arányú talajszuszpenzió elektromos vezetőképességének legnagyobb eltérése 1,8 mS/cm volt, 9 cm-en belül a legnagyobb 2,3 mS/cm volt. Függőlegesen a legkisebb mintavételi távolságon a legnagyobb eltérés 3 mS/cm volt, 9 cm-en belül szintén. A kérges réti szolonyec szolonyeces B szintjében az elektromos vezetőképességnek mind a vízszintes, mind a függőleges irányokban meghatározott terjedelme (azaz "az adatrendszer legnagyobb és legkisebb elemének eltérése", Vetier, 1991) hasonló volt a legkisebb vizsgált léptékben (1,5 cm) és a kismonolit maximális szélességében (9 cm). Ezen a területen a mintavételi pontnak 1,5-9 cm-es oldalirányú eltolódása esetenként (egyes mintavételi pontokban) ugyanakkora hibát okoz a talaj sótartalom meghatározásában.

A szolonyeces B szinten belül végzett szemcseméret eloszlás vizsgálat (3.táblázat) azt mutatta, hogy attól függően, hogy a szikpadka vagy a vakszik illetve szikfok alól vettük-e a mintát az agyagtartalomban különbség van. A szikpadka alatt a B szintben az agyagtartalom 30-40%-al alacsonyabb mint a vakszik illetve a szikfok alatti B szintben és ez a különbség is valószínűleg a szikpadkán működő fokozott kilúgzással van kapcsolatban.

3.táblázat

A szolonyeces B szint részecske méret (mm) eloszlásának változása a szelvényfal különböző pontjain (súly%)

Réteg	>0,25		0,05-0,02		0,01-0,005		<0,002 0,005-0,002
	0,25-0,05		0,02-0,01				
6	0,28	8,01	31,93	17,79	9,75	6,98	25,26
8 175 cm-nél	0,41	3,44	27,35	14,43	8,25	5,48	40,68
8 220 cm-nél	0,37	4,99	28,88	13,60	8,41	6,98	36,76

10 0,41 5,79 26,69 15,07 6,52 6,29 39,24

A pH és az EC értékek

A pH és az EC hisztogramjai és az EC-pH grafikon azt mutatták, hogy a két kismonolit elválik egymástól. A kismonolitok morfológiai leírása és a talaj pH és EC értékei alapján a két kismonolitban vizsgált pontokat 3-3 csoportba soroltuk be, ezek a csoportok a 2. ábrán és 4. táblázatban kerülnek bemutatásra. A közepes réti szolonyec esetén (2. ábra, amelynek rövidítéseit a szöveg ismerteti) az ábra bal alsó részében található pontok az A szintben gyűjtött mintáknak felelnek meg (**A** a 0-4,5 cm-es mélységből), az A és B szint között a pH értékek igen kicsi átfedést mutatnak, és az EC értéktartományok nem fedik át egymást, csupán érintik. Az A és B közötti átmenet vonalában gyűjtött minták (**AB** a 6 cm-es mélységből) pH-ja az A-hoz hasonló (pH 7,1-7,5), míg EC értékük a B-hez (**B** a 7,5-9 cm-es mélységből) hasonlít (0,63-0,89 mS/cm).

A kérges réti szolonyec esetén a legfelső szint értékeit (**Cr** a 0 cm-es mélységből) a grafikon középső részében találjuk (2. ábra). A B (**B1** az 1,5-6 cm-es mélységből és **B2** a 7,5-10,5 cm-es mélységből) összes mintája jelentősen nagyobb pH-t mutat, elérte a pH maximumot, de az EC értéke a mélységgel keveset nő.

Annak érdekében, hogy a kapott különbségeket értelmezni tudjuk a monolitonként elkülönített 3-3 rétegből (9. függelék) összevont mintát vettünk, megvizsgáltuk a vizes kivonatok sóösszetételét és azt a 4. táblázatban mutatjuk be.

4.táblázat

A kisonolitok rétegeinek sösszetétele

a. anion össetétel, a páros sorokban a kationösszeg százalékában kifejezve

Talaj	mélység cm	jel	EC ₅ mS/cm	pH ₅	CO ₃ ²⁻ mekv/100g	HCO ₃ ⁻ 1:5 vizes	Cl ⁻ kivonatban	SO ₄ ²⁻ kivonatban
Közep. r. sz.	0-6	A	0,1	7,4	0 0%	0,25 25%	0,4 40%	0,35 35%
Közep. r. sz.	6-8	AB	0,5	7,5	0 0%	1 27%	0,8 21%	1,9 51%
Közep. r. sz.	8-10	B	1	9,6	0,72 7%	3,28 33%	0,6 6%	5,4 54%
Kérges r. sz.	0	Cr	0,7	8,4	0,62 7%	1,38 15%	1,5 17%	5,5 61%
Kérges r. sz.	0-6	B1	1	9,7	0,74 6%	2,26 17%	1,5 12%	8,5 65%
Kérges r. sz.	6-10	B2	1,9	10	4,8 32%	2 13%	1 6%	7,2 49%

b, kation össetétel

Talaj	mélység cm	jel	EC ₅ mS/cm	pH ₅	Ca ²⁺ mekv/100g	Mg ²⁺ 1:5 vizes	Na ⁺ kivonatban	K ⁺ kivonatban	kationösszeg
Közep. r. sz.	0-6	A	0,1	7,4	0,14	0,1	0,9	0,02	1
Közep. r. sz.	6-8	AB	0,5	7,5	0,3	0,2	2,7	0,5	3,7
Közep. r. sz.	8-10	B	1	9,6	0,4	0,7	6,6	2,3	10
Kérges r. sz.	0	Cr	0,7	8,4	1	0	7,3	0,3	9
Kérges r. sz.	0-6	B1	1	9,7	0,4	0,1	12	0,4	13
Kérges r. sz.	6-10	B2	1,9	10	0,3	0,2	11	3,6	15

Az elvégzett analízisek talajszintenként eltérő össetételt mutattak. A közepes réti szolonyecben a 0-6 cm-es felszíni (**A**) rétegben nincs karbonát, és a klorid viszonylagosan nagy mennyisége miatt a pH értéke semlegeshez közeli. A 6-8 cm-es átmeneti rétegben (**AB**) a hidrogénkarbonát ionok relatív aránya és a pH az A szinthez képest nem változik. A 8-10 cm-es (**B**) szintben a karbonát + hidrogénkarbonátionok viszonylagos mennyisége és a sótartalom az **AB** szinthez képest mintegy kétszeres, és így nagyobb a pH értéke.

A kérges réti szolonyecben a kéreg (**Cr**) össetétele a kisonolit többi részéhez hasonló, a karbonát és hidrogénkarbonát ionok kivételével. A sótartalom a közepes réti szolonyec kisonolitjának 8-10 cm-es (**B**) rétegéhez hasonlít, de a karbonát plusz hidrogénkarbonát ionok viszonylagos aránya az ottaninak mintegy a fele, ezért a pH alacsonyabb. A 0 (**Cr**) és 0-6 cm-es (**B1**) rétegben azért van eltérő pH, mert a mélyebb rétegben a sók mennyisége nagyobb. A 6-10 cm-es rétegben (**B2**) a közepes réti szolonyec

kismonolitjának 8-10 cm-es rétegéhez hasonló a lúgosan hidrolizáló sók aránya, de a sótartalom nagyobb és a pH megközelíti a szelvényben elért maximumot. A pH értékét a lúgosan hidrolizáló sók (karbonát és hidrogénkarbonát) aránya és a sótartalom együttesen határozza meg.

Mivel a padkákon nagyobb a beszivárgás (Leszták és Szabolcs, 1959), a semleges sók (kloridok és szulfátok) által dominált sáv mélyebb a szikpadka alatt mint a vakszik vagy szikfok alatt. A szikpadkák alatt a közel semleges közegben a könnyen oldódó semleges sók mennyisége alacsony, és a kilúgzás során a felszín közeléből legmélyebbre a legnagyobb oldékonyságú anionok (a semleges sókat képező klorid és szulfát) jutnak. A kilúgzási rétegben lejátszódó agyagbemosódás illetve szologyosodás, következésképpen a kilúgzott réteg kisebb agyagtartalma, valamint, semlegeshez közeli kémhatása, a növényi gyökerek nagy mennyisége (a vakszikhez és szikfokhoz képest) tovább kedvez a beszivárgásnak.

Emellett a növényzetnek is fontos szerepe van. Darab (1955) idézi Kovdát, miszerint "mindig a növényzettel nem vagy gyéren borított foltokon legerősebb a szikesedés". A füves növényzet a borítása miatt megakadályozza a nedvesség intenzív párolgását, és így az oldható sók nem halmozódnak fel. Másrészt a pillangósok mélyre lenyúló gyökerei mentén a talajnedvesség és velük együtt az oldható sók lefelé mozdulnak el.

A növényborítás és a talajkémiai tulajdonságok

Az 1.b ábra mutatja, hogy a szelvényfalban a növényzetváltás a pH és az EC értékek jelentős változásával jár együtt. Az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** és **Camphorosmetum annuae** határán az erózió következtében kelet felé lejtő szakasz, "sziklanka" van, és ezen a szakaszon a növényi gyökerek egyre közelebb kerülnek a lúgos és jelentős sótartalmú talajrétegekhez. A sziklanka alsó határvonalánál jelenik meg a felszíni kéreg. A **Camphorosmetum annuae** és **Puccinellietum limosae** közötti határvonal is két, az 1.a ábrán Roger Langohr által elkülönített réteg határvonalával esik egybe.

A növényzeti típusok határvonala jól kijelölhető, a növényfajok előfordulása, a növényzeti típus szerkezete és a talajfelszín megjelenése alapján. A növényi fajok előfordulása átfedő, a *Camphorosma annua* mind a három növényzeti típusban megfigyelhető változó borítással.

A felszínen a jelenlevő növényzeti típusok legjellemzőbb növényfajai körül 1,5 cm-es sugarú körben 1 cm-es mélységig mintát vettünk, mivel ez volt a legkisebb elemezhető talaj térfogat. A kis mintamennyiség miatt az 1:2,5 arányú szuszpenziókban zsebmérőkkel mértük a pH-t és EC-t (5.táblázat).

5.táblázat

Különböző növényfajok környékén vett talajminták 1:2,5-es szuszpenzióban meghatározott pH és EC (mS/cm) értékei

Talaj és növény	Átlag pH	Szórás	Átlag EC _{2,5}	Szórás

Közepes réti szolonyec				
mohák	6,83	0,73	0,29	0,09
<i>Festuca pseudovina</i>	6,35	0,22	0,19	0,04

Kérges réti szolonyec				
Fedetlen talaj	8,75	0,34	1,49	0,22
<i>Camphorosma annua</i>	8,08	0,22	1,23	0,40
<i>Puccinellia limosa</i>	8,22	0,17	1,16	0,28

A 3 ismétlésből kapott átlagértékek egyik növény esetében sem mutattak szignifikáns különbséget, de a tendenciák alapján a pH és az EC a virágos növényektől távolabb nagyobb volt. Ennek oka az lehet, hogy a növények a talajt árnyékolják, e miatt a felszín közelében csökken a párolgás és a párolgás következményeként fellépő felszínközeli sófelhalmozódás; valamint a növények a csapadék levezetési útjaként szerepelnek, azaz közvetlen közelükben elősegítik a fokozott kimosódást és így csökkentik a talaj felszínközeli sótartalmát.

Roberts (1950) ezzel ellentétesen a fedetlen talaj és a félcserjék alatt szignifikánsan eltérő talaj pH-t és EC-t talált. Roberts szerint ennek oka a gyökerek sófelhalmozó hatása volt, mivel a lehullatott levelekkel a növény körül növelték a talaj sótartalmát. Az általunk vizsgált növények eltérnek a Roberts által vizsgáltaktól, úgyszintén az általa vizsgált terület természeti viszonyai erősen különböznek a tiszántúli viszonyoktól. Legfontosabb különbség a növények földfeletti és földalatti részeinek mérete volt, emelett a Hortobágyon a csapadék mennyisége jelentősen magasabb, és a vizsgált növények táplálkozási mechanizmusa is eltérő lehet. Robertshez hasonlóan sós sivatagi talajokon a pH és sótartalom nagyobb értékeit tapasztalták Fireman és Hayward (1952) *Sarcobatus vermiculatus* és *Artemisia tridentata* növényfajok alatt, hasonló különbség mutatkozott a talaj kicserélhető-nátrium százalékában is.

Összefoglalás

A szolonyec talajokon a szikpadka talaja, a közepes réti szolonyec és a vakszik avagy a szikfok talaja, a kérges réti szolonyec, eltérő talajszerkezetet mutat, ami a talajok képződésében meglévő különbségeket tükrözi. A talajok ugyancsak eltérnek a pH és az EC szempontjából. A belőlük vett minták különböző, de érintkező értéktartományú adathalmazokat alkotnak. A szikpadka alatt 70 cm mélységig a talaj pH-ja és sótartalma kisebb, mint a vakszik és a szikfok alatt, a különbségek ezen mélység alatt eltűnnek.

Egy szelvényen belül az eltérő anionösszetétel miatt a pH értékek is eltérnek. A kérges réti szolonyec A szintjében a kloridionok dominanciája a pH-t semleges körüli értékre állítja be. A pH értékét döntően a lúgosan hidrolizáló sók aránya és a sótartalom határozza meg. A két talaj altípus között a pH és EC értékben meglévő különbséget részben az okozza, hogy a kilúgzás és felhalmozódás folyamatai eltérő intenzitásúak, ezért különbséget kell tenni a közepes réti szolonyec B szintje és a kérges réti szolonyec B szintje között. A közepes réti szolonyec mind az A szintben, mind a szolonyeces B szintben kevésbé alkális és kisebb sótartalmú mint a kérges réti szolonyec. Ezt a megfigyelést a "Padkásszik komplex növényzetének osztályozhatósága" részben leírt eredmények megerősítik, és ez alapján a szolonyec talajok térképezésében figyelembe veendő.

A szolonyeces B szinten belül a függőleges és vízszintes pH-különbségek kisebbek voltak mint az A szinten belül. Megerősítést nyert, hogy a szolonyec talajok rögzített mélységenkénti mintavétele igen különböző szinteket keverhet össze, ugyanakkor az így összekevert rétegek sem homogének.

A mintegy 5-8 cm magas növények alatti talaj felszínéről vett mintákban tendenciájában alacsonyabb EC és pH értékeket találtunk mint a mohatakaró alatt illetve a fedetlen talajon. Nem bizonyosodott be, hogy a felszínen a szolonyec talajok

növényei befolyásolnák a talaj kémiai tulajdonságainak értékét.

Szolonyeces termőhelyek növényzeti típusainak szétválása

Padkásszik komplex növényzetének osztályozhatósága

Problémafelvetés

A szolonyec talajokon előforduló növényzeti típusok közül a padkásszik komplex kiemelkedő figyelmet kapott. Ez a formáció együtt tartalmaz több talaj(al)típust és növénytársulást. A növénytársulások diverzitása, összborítása, a növények magassága azt mutatja, hogy a talajtulajdonságok is nagymértékben különböznek. A tapasztalat ezzel egyező, mert a szikpadka és a vakszik illetve a szikfok talaja erősen különbözik. Kézenfekvő a kérdés, hogy a szikpadka növényzeti típusait milyen pontossággal lehet talajtulajdonságokon alapuló, egymástól elváló kategóriákba sorolni, és hogy melyek azok a talajtulajdonságok amelyek a kategóriák szempontjából a legfontosabbak. Másképpen kifejezve ha a növényzet alapján készítünk térképet a padkásszikkal akkor milyen pontosság várható a térképtől, mely növényzeti kategóriák választják el a talajtulajdonságokon alapuló kategóriákat kisebb pontossággal és mely talajtulajdonságok különbözőségét mutatja meg jobban a kategorizálás, mivel a talajtulajdonságok alapján szét nem választható növényzeti kategóriák nem alkalmasak a növényzet alapján végzett talajfolt elhatárolásra.

A kérdések megválaszolására a diszkriminancia analízist használtuk. Azt vizsgáltuk, hogy a talajtulajdonságok értékeinek ismeretében milyen százalékos pontossággal lehet a megfigyeléseket, azaz a mintavételi helyeket a növényzeti típusukba besorolni. Az eredetileg feltett kérdés (a növényi kategóriák használata milyen pontosságú talajtulajdonság becslést tesz lehetővé) fordítottja (a talajtulajdonságok ismeretében milyen pontosan becsülhető a növényi kategória) a diszkriminancia analízissel vizsgált kérdésnek. Azért használom mégis a diszkriminancia analízist mert tájékoztat a változók fontosságáról az osztályozásban. Ezt a próbát

többváltozós normál eloszlású változókkal lehet elvégezni, és mivel a vizsgált változók többnyire nem normális eloszlásúak voltak ezért azokat transzformáltam.

Az ebben a témakörben végzett munkát Rajkai Kálmán tűzte ki és a "Természetvédelmi területek komplex vizsgálata, állapotváltozásainak nyomonkövetése és az optimális gazdálkodás feltétel-rendszerének kidolgozása" című, G-10 jelű OKTH megbízásos téma finanszírozta. A transzkektek kijelölését és a vizsgálandó talajtulajdonságok kiválasztását Rajkai Kálmánnal együtt végeztem, a mintavételi terv elkészítése Kertész Miklós munkája volt. A dolgozatban ismertetett kérdésfelvetés az enyém volt.

Anyag és módszer

A Hortobágyi Nemzeti Park területén, a szigorúan védett Nyírôlapon a Rajkai et al. (1988) által vizsgált területen belül két darab 50 m hosszú transzektet, a transzekteken belül nested random mintavétellel mintavételi helyeket jelöltünk ki.

1989. július 10-én és 11-én végeztük a talajmintavételt, amikor két mélységből (0-5 cm és 10-15 cm) bolygatott és bolygatatlan mintát vettünk. A növényzet társulás szintű jellemzését 20 * 20 cm-es kvadrátokban végeztük a talajmintavétel helyén. A terepi növénytársulástani jellemzés és a talajmintavétel során is célunk a minimális mintavételi távolság elérése volt. A talajminták esetén ez azt jelentette, hogy a laboratóriumi vizsgálati módszerek mintaigényéhez igazodtunk. Ezáltal a minimális mintavételi távolság 10 cm lett. Mivel egy pontban az alkalmazott "gyûrûs" módszerrel nem volt lehetséges folyamatosan bolygatatlan mintát venni (0-5, 5-10 cm stb.) 0-5 és 10-15 cm-ről vettünk mintát.

A bolygatott mintákból elvégzett talajkémiai vizsgálatok pH, összes só és Herke-féle mozgékony Na voltak. A bolygatatlan mintákból a térfogattömeg, pF 0, pF 2,3, pF 4,2 és aktuális

talajnedvesség (mind térfogatszázalékban) értékét határoztuk meg.

1990. május 24-én végeztük el a növényborítás fajonkénti értékelését.

Mintavétel

A Kertész M. által tervezett "nested random" mintavételi terv rugalmas, a kívánt mintavételi pontok számának megfelelően alakítható.

A mintavételi pontok kijelölésének sémája a következő volt:

Adott egy 50 m hosszú transzekt, ebből 60 mintavételi helyet akarunk kijelölni. Az 50 m hosszú transzektet 5 egyenlő alrészre osztjuk (10-10 m), alrészenként véletlenszerűen kiválasztunk 4 db 1 méteres kistrészt, majd a méteres szakaszokban véletlenszerűen kiválasztunk 3-3 db 1 deciméteres aprórészt. A kapott pont a mintavételi pont, összesen egy transzekten $3 * 4 * 5 = 60$ pont, amint azt a 3. és 4. ábra bemutatja. Ezek az ábrák a tájékoztatás érdekében minden félméternél feltüntették a növényzeti kategóriákat. Ar-F **Artemisio-Festucetum p.**, Cm **Camphorosmetum a.**, Pm **Puccinellietum l.**, Ach-Fm **Achilleo-Festucetum p.**, Meadow réti foltot jelöl. A nested random mintavétel a pontpárok távolság szerinti egyenletesebb eloszlását eredményezi, lehetővé teszi hosszabb transzekt vizsgálatát kevesebb mintával, mint ami a szabályos mintavétel esetén szükséges. Ugyanakkor az ezen mintavétel által nyújtott elrendezés a térbeli interpolációs vizsgálatokhoz nem optimális, mivel az egyes pontok közvetlen szomszédságában levő pontok száma, illetve azoknak egymáshoz képest vett távolsága rendkívül változó, ezáltal az interpolálás során a szomszéd pontokra eső súlyok értéke igen változó.

A megfigyelések társulások szerinti megoszlása

Artemisio-Festucetum pseudovinae és átmenetei	83
Camphorosmetum annuae és változatai	4
Puccinellietum limosae és változatai	30
régi jellegű folt	3

Az ökológiai értékek számítását a vizsgált helyekre a 10. függelék mutatja meg.

Eredmények

A megfigyelt és képzett növényzeti kategóriák

A két transzekt döntően réti szolonyeceket szelt át. A kémiai adatok és a növényzet tanúsága szerint volt kérges és közepes réti szolonyec, ezenkívül a "réti folt" talaját kell még elkülöníteni, az adatok (0-5 cm-ben 0,08%, 10-15 cm-ben 0,14% sótartalom, viszonylag alacsony pH és mozgékony Na értékek) szerint mélyben sós réti talaj.

A helyszíni kategóriákat két lépésben összevontam, így a kategorizálás részletességének hatásáról is felvilágosítást kaptunk. Az összevonást a 11. függelék mutatja be.

Az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** - **Camphorosmetum annuae** - **Puccinellietum limosae** - réti folt szekvenciát követve az összes kémiai tulajdonság átlaga a **Camphorosmetum annuae**-ban mutat (a **Puccinellietum limosae**-hez képest kicsi) maximumot (5. ábra, amelyen **Ar** az **Artemisio-Festucetum p.**, **C** a **Camphorosmetum a.**, **P** a **Puccinellietum l.** és **R** a réti folt jele, lásd még az 6.táblázatot). A talajfizikai változók közül a talajnedvesség és mindkét mélység pF 4,2 értékének átlaga kategóriánként különböző, de a konfidencia intervallumok részben átfednek. A kis esetszámú kategóriák közül a réti sok változó esetében viszonylag homogénnek bizonyult, és emiatt a konfidencia intervallumok jól elváltak. A **Camphorosmetum annuae** szintén kis esetszámú, de heterogén kategória, ezért ennek konfidencia intervallumai a többi kategóriáéval gyakran átfedtek. Ezt jól mutatja az 5. ábra amin a 0-5 cm-es réteg tulajdonságai szerepelnek.

6. táblázat

A négyosztályos besorolással kapott átlagértékek

Csoportonkénti esetszám

Kód	Esetszám	Társulás (Kód)
5	83	= Artemisio-Festucetum pseudovinae (Ar, Ar-C, Ar-P)
6	4	= Camphorosmetum annuae (C)
7	30	= Puccinellietum limosae (P, Pc)
8	3	= réti folt (R2)
Összes	120	

Kategória	T	F	N	R	SAL	RAU	SNO	TOCO
Artemisio-F.	3,21	1,75	1,17	0,76	1,29	3,86	6,22	58,54
Camphorosm.	3,78	1,35	1,10	3,73	1,78	2,18	4,50	21,25
Puccinell.	3,64	0,91	1,31	2,91	1,74	3,49	5,97	31,47
régi folt	3,18	2,00	1,77	1,19	1,31	3,04	7,67	69,00

Kategória	PUC	CAM	FE	AR	NOS	MOS	REL	PH5
Artemisio-F.	3,66	2,33	39,04	5,33	4,51	3,42	14,67	8,17
Camphorosm.	5,00	11,25	5,00	0,00	0,00	0,00	6,25	9,18
Puccinell.	14,70	2,77	6,20	1,73	5,73	0,10	17,93	9,13
régi folt	0,00	0,00	28,33	6,67	0,00	0,00	7,70	7,17

Kategória	KA5	SA5	NA5	PH15	KA15	SA15	NA15	BD5
Artemisio-F.	39,05	0,13	7,55	9,78	41,02	0,38	16,36	1,43
Camphorosm.	34,25	0,37	13,97	10,23	38,75	0,92	23,76	1,48
Puccinell.	38,20	0,22	11,72	10,17	43,87	0,63	21,68	1,45
régi folt	40,67	0,08	3,66	8,73	43,67	0,14	6,35	1,34

Kategória	MC5	SC5	FC5	WP5	BD15	MC15	SC15	FC15	WP15
Artemisio-F.	6,49	50,68	42,05	12,48	1,43	14,41	55,82	48,86	28,17
Camphorosm.	7,74	51,32	42,70	15,22	1,45	17,32	52,30	44,35	24,70
Puccinell.	9,06	52,91	46,03	19,83	1,47	18,96	57,69	52,55	33,56
régi folt	14,00	51,60	42,57	16,00	1,45	16,48	52,50	43,33	18,13

Megjegyzések

1. A társulások összevonásával és nevével kapcsolatban lásd a 11. függelékét.

2. A változók neveit lásd a "Regressziós egyenletek padkásszik komplexben" részben, továbbá

R a kvadrát súlyozott R értéke

SAL a kvadrát súlyozott sötűrés értéke

RAU a kvadrát súlyozott Raunkiaer életforma értéke

FE a *Festuca pseudovina* borítása

NOS a *Nostoc commune* borítása

MOS a mohák borítása

KA Arany-féle kötöttségi szám (ml/100 g)

BD térfogattömeg (g/cm³)

MC aktuális talajnedvesség (tf%)

SC pF 0 érték (tf%), FC pF 2,3 érték (tf%)

WP pF 4,2 érték (tf%)

Az egyes élőhelyek ökológiai viszonyai jól egyeznek a számított ökológiai értékekkel. A T érték (hőigény) a fenti toposzekvenciában (**Artemisio-Festucetum pseudovinae** - **Camphorosmetum annuae** - **Puccinellietum limosae** - réti folt) követi a kémiai tulajdonságok tendenciáját, azaz a maximumot

a **Camphorosmetum annuae**-ban adja, és a toposzekvencia két szélső kategóriájában (**Artemisio-Festucetum pseudovinae** és réti folt) alacsonyabb az értéke; az F érték (talajnedvesség-igény) nem a **Puccinellietum limosae**-nél ad nagy értéket, hanem a toposzekvencia két szélső kategóriájában, mivel a *Puccinellia limosa* F értékét Soó (1964-1973) közömbösnek veszi. Ez leginkább a padkásszik komplexen kifogásolható, mivel itt a **Puccinellietum limosae** a legnedvesebb élőhely. A réti jellegű állomány lényegesen nagyobb N igényű; az R érték (kémhatás iránti igény) követi a pH értéknek a növényi kategóriák toposzekvenciájában mutatott mintáját, de a réti társulás növényeit sokkal inkább alkalinitást kedvelőnek tünteti fel, mint amilyenek. A **Camphorosmetum annuae** R értéke egészen kiugró volt, és ez megfelel az irodalmi adatoknak. A SAL érték (sótűrés) eloszlása az R érték mintájával egyező. A Raunkiaer féle életforma kiugróan alacsony értéket nyújtott a **Camphorosmetum annuae**-ben, ebből a szempontból a réti jellegű társulás mind a **Puccinellietum l.**-nél, mind az **Artemisio-Festucetum p.**-nél alacsonyabb értéket mutatott. A toposzekvenciában az összes borítás és a növényfajsám az irodalmi adatokkal egyező mintázatú, és a legkisebb értéket a **Camphorosmetum annuae**-ben adta, legnagyobbat pedig a réti foltban. A felszíni magasság a várttól teljesen eltérő, mivel a **Puccinellietum limosae** magasabban fekszik az **Artemisio-Festucetum pseudovinae**-nél. Ennek egyik oka az, hogy a két transzekt felszíni magasságában és a transzekteken a társulások megoszlásában különbség volt. Az X transzekt átlagos magassága 10,5 cm volt és itt 6 db **Puccinellietum limosae** és 46 db **Artemisio-Festucetum p.** van, az Y transzekten, aminek átlagos magassága 19,5 cm 24 db **Puccinellietum limosae** van. A kategóriák egyenetlen eloszlása miatt a **Puccinellietum limosae** kategória átlagos magassága nagyobb.

Az egyes változócsoportok befolyása az osztályozás hatékonyságára

A változókat különböző módon csoportosítottuk, a klasszifikációs mátrixot használtuk a változócsoport értékelésére. Az eredményeket a 7.táblázat tartalmazza. A táblázatban a változócsoportok mint független változók (ezek számát az "Értékelt változó" oszlop mutatja meg) segítségével osztályozó (diszkriminancia) egyenleteket számítottunk és az egyenletek által becsült kategória-tagságot (azt, hogy az adott mintavételi hely melyik növényi kategóriába tartozik) a ténylegesen megfigyelt kategóriákkal hasonlítottuk össze és így kaptuk a helyes besorolás oszlopokat.

7.táblázat

A diszkriminancia-analízisben kapott osztálybesorolás megfelelése a terepi besorolásnak az osztályozó változók csoportjai szerint

Változó csoport	Helyes besorolás (%)				Összes	Értékelt változók száma
	5	6	7	8		
A kategória jele	5	6	7	8	Összes	
Kategória	Artem-F.	Camphor.	Pucci.	réti folt		
Esetszám	83	4	30	3		
Talajváltozók						
0-5 cm kémiai	47	75	63	100	53	4
10-15 cm kémiai	72	100	53	100	69	4
összes kémiai	79	100	60	100	76	9
összes kémiai és fizikai	81	100	77	100	81	9
Növényi változók						
növényökológiai	81	75	70	100	78	6
növény borítás	77	100	83	100	80	8
összes növényi	85	100	73	100	83	14
Talaj és növényi változók						
talajkémiai	88	100	77	100	86	23
talajfizikai és kémiai	93	100	90	100	92	31

A 7.táblázatban foglaltak alapján megállapítható, hogy a növényi változók az osztályozásban fontosabbak a talajváltozóknál. A terepi szakértői besorolás is a növényi előfordulást, az egyes növényfajok borítását tekinti legfontosabbnak, ezek mellett a növénytársulástani jellemzést végző személy még az élőhely degradációs állapotát, a talajfelszínt, stb. is figyelembe veszi. Esetünkben a növényborítás alapján mintegy 80%-os pontossággal tudnánk a megfigyeléseket a négy kategóriába besorolni a növényi fajborításokon alapuló lineáris egyenlettel. Mivel ez nem

nagyon pontos, arra kell gondolni, hogy a szakértői besorolás nem lineáris kombinációkat használ, hanem növényfajcsoportok jelenlétét vagy egyéb, nem lineáris összefüggéseket, mert a kvadrátoknak egyik vagy másik kategóriába sorolása nem attól függ, hogy a növényfajok borításának lineáris kombinációja valamely küszöbértéket átlépett-e vagy sem. A két kis esetszámú csoport nem kedvez a hatékony osztályozásnak, mivel a különböző csoportok esetszáma rendkívül változó. A két kis csoport mégis jól csoportosíthatónak tűnik, az idetartozó megfigyelések az esetek többségében 100% pontossággal lettek besorolva. Ez minden bizonnyal összefüggésben van a réti folt említett viszonylagos homogenitásával. Ha a növényi- és talajváltozók befolyását összehasonlítjuk, megállapítható, hogy a két változócsoporthoz megegyező befolyása van az osztályozásban. Ez a megfigyelés megerősíti azt a megállapítást, hogy a padkássziken megfigyelhető növénytársulások edafikusan erősen meghatározottak. A két változócsoporthoz (növényi és talaj) egyesítése tovább növelte az osztályozás pontosságát. Szembeötlő, hogy a mélyebb talajréteg alapján jobb besorolás állítható elő, mint a felszíni alapján, mivel a növényi életfeltételek sokban függenek a vízellátást szabályozó mélyebb rétegtől. A két transekten együtt a talajkémiai tulajdonságok átlagértéke (variációs koefficiense) a következő volt: PH5 8,4 (10%) és PH15 9,9 (5%); SA5 0,16 (73%) és SA15 0,45 (53%) valamint NA5 8,7 (47%) és NA15 18 (31%). A mélyebb (10-15 cm-es) réteg, amely a szolonyeces B szintet is érintette kisebb szóródást mutatott mint a felső (0-5 cm-es) réteg, de kellő változatosságot ahhoz, hogy a felső rétegnél pontosabban osztályozza a kvadrátok növényzetét. Ha azokat az eseteket vizsgáljuk amikor a növényzetet a talajtulajdonság alapján soroltuk be megállapítható, hogy ezek a változók a **Puccinellietum 1**-hez képest az **Artemisio-Festucetum p.** kategóriát pontosabban sorolták be. Ez az eredmény arra utalhat, hogy a **Puccinellietum 1.** toleranciája szélesebb, vagy arra, hogy a **Puccinellietum 1.** talaja éppen átalakulóban van. Az adott esetben ez azzal a következménnyel jár, hogy a **Puccinellietum 1.** az **Artemisio-Festucetum p.**-hoz képest

kisebb pontossággal jelöli ki a talajtulajdonságok növényi kategóriánként elváló osztályát.

8.táblázat

A 7.táblázat negyedik sorában szereplő diszkriminancia analízis (összes talajkémiai és talajfizikai változó) eredményei

a. Klasszifikációs mátrix

Kategória eredeti besorolás	Esetszám Kód	DA osztályozás A kategória kódja			
		5	6	7	8
Artemisio-F.	5 83	67	4	12	0
Camphorosm.	6 4	0	4	0	0
Puccinellie.	7 30	3	4	23	0
réti folt	8 3	0	0	0	3

A besorolás pontossága: 81%

b. A Rao-féle V érték növekedése a legfontosabb osztályozó változók esetén

Lépés	Változó	A V növekedése	
			Szignifikancia
1	SA15	68,6	0,0000
2	MC5	56,9	0,0000
3	FC15	52,8	0,0000
4	NA5	15,7	0,0013
5	MC15	16,2	0,0011
6	BD5	14,4	0,0024
7	FC5	12,2	0,0066

Megjegyzés: A változók neveit lásd az 6.táblázatban és a "Regressziós egyenletek padkásszik komplexben" részben

A 8.a táblázatban és a többi klasszifikációs mátrixban azt ismertetem, hogy az eredeti terepi besorolás hogyan egyezik a diszkriminancia egyenletek által nyújtott besorolással. Mindenegybes kategóriára (soronként) azt tüntettem fel, hogy a terepen abba a kategóriába sorolt megfigyelésekből hányat soroltak a diszkriminancia egyenletek az egyes kategóriákba. A diszkriminancia egyenletekkel kapott osztályozást tehát vízszintesen, az eredeti osztályozást pedig függőlegesen helyeztem el. A táblázat alatt feltüntetett besorolási pontosságot a táblázat balfelső-jobbalsó átlójának, azaz a helyes (az eredeti besorolás = DA egyenlettel kapott besorolás) besorolásoknak az összes megfigyelésekkel (az eredeti besorolás esetszámai) való összevetése alapján kaptam. A 8.a első sora például arról tájékoztat, hogy a terepen elkülönített 83 **Artemisio-Festucetum p.** kategóriába sorolt kvadrátból a DA csupán 67-et sorolt ugyanabba a kategóriába, 4-et a **Camphorosmetum a.** kategóriába és 12-öt a **Puccinellietum l.** kategóriába. A besorolás pontosságát a $\{(67+4+23+3)/120\} \cdot 100$ kifejezéssel kapjuk, ebben 67, 4, 23 és 3 kategóriánként sorban a helyes besorolások számát adja és 120 az összes vizsgált eset száma.

A táblázat adatai megerősítik, amit a **Camphorosmetum a.** viszonylagos heterogenitásáról mondtunk, mert bár a megfigyelt **Camphorosmetum a.** kvadrátok osztályozása pontos volt, több más kategóriába tartozó megfigyelés (4 db

Artemisio-Festucetum p.-ként és 4 db **Puccinellietum l.**-ként leírt) is ide lett beosztva. Az első diszkriminancia egyenlet csak az összes variancia 51%-át tudja megmagyarázni, ezért a második diszkriminancia egyenletet is figyelembe kell venni.

A 8.b táblázat és a többi hasonló táblázat azt kívánja bemutatni, hogy a diszkriminancia elemzésben milyen szerepe volt az egyes osztályozó változóknak. Erre a célra a Rao-féle V érték megnövekedését választottam, mivel ehhez szignifikancia-szint számolható.

A 8.b táblázat adatai szerint az osztályozásban 7 változó is erősen szignifikáns volt. A vízgazdálkodási és kémiai tulajdonságok egyaránt fontosak, előbbiek közül a talajnedvességtartalom és a talaj szántóföldi vízkapacitás értéke, az utóbbiak közül a felszíni réteg mozgékony nátriumtartalma és a 10-15 cm-es réteg sótartalma. A talajnedvesség tartalom kialakulásában a domborzati viszonyoknak, a talaj vízbefogadó képességének, a növényi borításnak és a gyökerek vízfelvételének is szerepe lehet. A vizsgált esetben amikor (csak a két leggyakoribb növényi kategóriát tekintve) az **Artemisio-Festucetum p.** összes borítása (átlagosan 59 %) mintegy kétszerese a **Puccinellietum l.** kategóriában találtnak, és mint ismertettük az utóbbi átlagosan magasabban fekszik, nem zárható ki, hogy a növényzet hatása tükröződik abban, hogy a **Puccinellietum l.** kategóriában a 0-5 cm-es réteg talajnedvesség tartalma (9 tf %) mintegy másfélszerese az **Artemisio-Festucetum p.** kategóriában mértnek. Mindazonáltal a talajnedvesség tartalomban a kategóriák között megmutatkozó különbség alkalmas arra, hogy az adott pillanatban végzett felvételezés és mintavétel körülményei között lokális érvénnyel hozzájáruljon a növényi kategóriák szétválasztásához.

Összefoglalás

A padkásszik komplex növényzete szoros összefüggést mutat a talajtulajdonságokkal. A diszkriminancia-analízisben a

mélyebb, 10-15 cm-es rétegben meghatározott változók jobban osztályozták a növényzeti kategóriákat, mint a felszíni réteg. A talajtulajdonságok jelentősége igen nagy a növényzeti kategóriák előfordulása szempontjából, és a talajtulajdonságok közel olyan jól osztályozzák a kategóriákat, mint a növényi borítások.

Eszerint a növényzeti kategóriák alapján történő talajtulajdonság becslés pontossága a 10-15 cm-es rétegben nagyobb mint a 0-5 cm-es rétegben. Az **Artemisio-Festucetum p.** alapján végzett talajtulajdonság becslés pontosabb mint a **Puccinellietum l.** alapján végzett.

Összességében a diszkriminancia analízis 80 %-os pontossága azt jelzi, hogy a padkásszik komplex eltérő növényzete alkalmas arra, hogy a talajtulajdonságokat kategória szinten becsülje.

Változatos szikes puszta növényzeti kategóriáinak szétválasztása

Problémafelvetés

Amint az előző rész a szolonyec talajok egy szélsőségesen változatos formációjában vizsgálta a talajtulajdonságoknak a növényzet alapján történő kategória szintű becslésének lehetőségét, felvethető, hogy a szolonyec talajok Észak Hortobágyra jellemző teljes növényzeti skálájában megvizsgáljuk a növényzet alapján történő talajtulajdonság-becslés pontosságát. Közvetetten tehát arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a változatos szikes puszta (Nagy és Korpás, 1956 ismerteti a "puszta" szó alföldi értelmezését, miszerint az olyan szikes terület amelyen település vagy fatenyészet nincs) növényi kategóriái közül melyek a legalkalmasabbak a talajtulajdonságok becslésére és melyek azok a talajtulajdonságok, amelyek becslésére a növényi kategóriák különösen alkalmasak.

A használt algoritmus, a diszkriminancia analízis által megválaszolt kérdés éppen a fordítottja annak, amit a rutinszerű térképezés során oldanak meg. Ez a feladat kiválóan alkalmas a talaj-és a növényzet összefüggésének és erősségének leírására és annak eldöntésére, hogy melyek a stabil illetve könnyen szétváló kategóriák illetve, hogy miként kellene egy olyan hierarchikus társulás-rendszert összeállítani, amelyik a talajtulajdonságok hasonlóságán alapszik.

Az ismertetésre kerülő munkát az MTA TAKI "Kummert-féle PSTC" stábjának tagjaként a stábbal együtt végeztem. A kutatást a US AID PSTC finanszírozza (DHR-5600-6-00-1055-00 nyilvántartási szám), a pályázat címe "Szikes területek optimális felbontású térképezése", a témavezető Kummert Ágnes. Ebben a munkacsoportban a rám szabott főfeladat a talajtulajdonságok és a növényzet közötti összefüggés számszerűsítése a térképezés szempontjából, amit Kertész Miklóssal együttműködve, főleg a saját elgondolásaim alapján hajtok végre.

Anyag és módszer

Hortobágyon, a Szálkahalomtól közvetlenül nyugatra, Nyárijárás és Szettyénes körzetében, egy 5x5 km-es négyzetben a löszlegelőtől a szikes tóig a Hortobágyra jellemző összes kiterjedt növényzeti kategóriát magába foglaló vizsgálati területen 339 helyen felszíni talajmintát, 184 helyen mélységi mintát is vettünk. A terepi munka során mintegy 20 cm átmérőjű körben feljegyeztük a növényzet típusát. A használt típusok a növényi társulások illetve a jellemző növényi fajok kombinációjaként álltak elő (9. függelék). A jellemzett kör pontosan megfelelt a talajmintavétel helyének, erre azért volt szükség, mert a változatos területen a talajmintavételi pont 15 m sugarú, növénytársulás szinten jellemzett környezetében gyakran több társulás is előfordult.

A zavart, művelt, erdős foltokat ebben az értékelésben figyelmen kívül hagytuk.

A megfigyelt terepi kategóriákat, azok jellemzését és összevonását a 12. függelék mutatja be.

A talajmintákat egyrészt a gyökérszónából vettük, és 1:5 talajszuszpenziókból várákozás nélkül mértük a pH-t és EC-t. Fúrásos mintavételt is végeztünk 10 cm-enként 0 és 30 cm mélység között, mivel Rajkai et al. (1988) eddig a mélységig talált a növényzet és a talajtulajdonságok között szoros korrelációt. A mélységi mintákból telítési pasztát készítettünk, amiből pH-t, nátrium aktivitást (pNa, a mol/literben kifejezett nátrium ionaktivitás negatív logaritmus) és elektromos vezetőképességet határoztunk meg. Párhuzamosan a pH-t a hagyományos 1:2,5-es szuszpenzióban is meghatároztuk.

Eredmények

A terület talajtani jellemzését Szabó József (kézirat, 1993) végezte el, aki a térszín magasabb, művelt foltján alföldi mészlepedékes csernozjomot, egy hasonlóan magas, **Achilleo-Festucetum pseudovinae**-vel borított területen mélyben sós mészlepedékes csernozjomot, **Artemisio-Festucetum pseudovinae** alatt kérges réti szolonyecet, **Agrosti-Alopecuretum pratensis** alatt közepes réti szolonyecet, valamint másik esetben szolonyeces réti talajt és **Bolboschoenetum maritimi** alatt típusos réti talajt írt le.

Ebben az elemzésben 5 kategóriát különítettünk el a mintavételi helyeken végzett növénytársulástani jellemzés alapján. A 12. függelékben bemutatott kategória-összevonást a növénytársulások rendszere alapján végeztük. A száraz szikések közül a löszlegelő I. osztályú, az **Achilleo-Festucetum pseudovinae** II. osztályú és az **Artemisio-Festucetum p.** III. osztályú szikes. A nedves szikések között

az **Agrosti-Alopecuretum pratensis** I. osztályú szikes, ide osztottuk a **Glycerietum m.**-t is. Külön kategóriát nyitottunk a IV. osztályú nedves szikesnek, ide a **Bolboschoenetum maritimus ass.** és **Puccinellietum l.** kategóriákat osztottam be. A **Bolboschoenetum m.** talajára nézve nem találtunk adatok, kivéve Magyar (1928) legelső besorolását amelyikben a nedves IV. osztályú szikeseknél szerepelt. Később ezt a kategóriát a **Puccinellietum l.**-nek tartották fenn. A 12. függelék tanúsága szerint a **Bolboschoenetum m.** felszíni mintáiban a pH 7,3 és az EC₅ 0,3 mS/cm (12 eset) volt, míg a **Puccinellietum l.** hasonló mintáiban a pH 7,7 és az EC₅ 0,4 mS/cm (15 esetből) volt, ez a megfigyelés igazolni látszott az összevonást.

A kategóriák átlagjai a 9.táblázatban bemutatott értékeket vették fel. Az **Achilleo-Festucetum pseudovinae** sótartalma a 10-20 cm-es rétegben valamelyest, és a 20-30 cm-es rétegben jelentősen nagyobb mint a löszlegelő sótartalma ezekben a mélységekben, és ez lehet a két kategória egymástól történő elkülönítésének alapja. Az **Achilleo-Festucetum pseudovinae** és az **Agrosti-Alopecuretum pratensis** talajának kémiai tulajdonságai 10 cm-nél mélyebben hasonlóak, a két kategória elkülönítése a felszínközeli réteg sótartalma (EC_P) és pH-ja alapján végezhető el. A löszlegelő és az **Agrosti-Alopecuretum p.** felszínalatti sótartalom eloszlása hasonló, kivéve a 20-30 cm-es rétegét. A 6. ábrán **L** a löszlegelő, **Ac** az **Achilleo-Festucetum p.**, **Ar** az **Artemisio-Festucetum p.**, **AA** az **Agrosti-Alopecuretum p.**, és **BP** a IV. osztályú szikes kategória jele. A 0-10 cm-es réteg pH-ja és EC-je alapján a löszlegelő és **Achilleo-Festucetum p.** egyáltalán nem válik el, az **Agrosti-Alopecuretum p.** átfed több kategóriával és megfigyelhető, hogy a IV. osztályú szikes kategória értékei erősen szórnak.

9.táblázat

Az elkülönített növényzeti kategóriák telített talajpasztában meghatározott kémiai paramétereinek átlag értékei

Kategória	Esetszám	PH_P			EC_P			pNA_P		
		0-10	-20	-30	0-10	-20	-30	0-10	-20	-30
lösszegelő	13	6,14	6,89	7,23	0,52	0,80	1,10	2,6	2,3	2,2
Achilleo-F.	33	5,93	6,71	7,24	0,49	1,04	1,85	2,3	1,9	1,7
Artemisio-F.	75	7,09	7,98	8,61	1,53	2,48	3,34	1,6	1,4	1,3
Agrosti-Alop.	60	6,33	7,00	7,54	0,89	1,22	1,54	1,9	1,8	1,7
IV. osztályú	16	7,35	7,94	8,31	1,19	1,56	1,97	1,7	1,6	1,6
Összesen	197	6,63	7,40	7,94	1,07	1,67	2,28	1,9	1,7	1,6

Megjegyzés: PH_P a telített pasztában mért pH-t, EC_P az ugyanott mért elektromos vezetőképességet, pNA_P a telített paszta mól/l-ben kifejezett nátriumion aktivitásának a negatív logaritmusát jelöli.

A diszkriminancia-analízissel a következő megfelelést kaptuk.

10. táblázat

Változatos szikes puszta növényzeti kategóriának szétválasztása diszkriminancia-analízissel

a. Klasszifikációs mátrix

Kategória eredeti besorolás	Eset szám	DA osztályozás A kategória kódja					
		Kód	4	11	5	6	3
lösszegelő	4	13	6	3	1	3	0
Achilleo-F.	11	33	5	21	2	4	1
Artemisio-F.	5	75	0	4	48	13	10
Agrosti-Alop.	6	60	5	5	8	36	6
IV. osztályú	3	16	0	1	3	0	12

A besorolás pontossága: 62%

b. A Rao-féle V érték növekedése a legfontosabb osztályozó változók esetén

Lépés	Változó	A V növekedése	Szignifikancia
1	NA_P10	145,9	0,0000
2	PH_10	70,9	0,0000
3	EC_P30	48,7	0,0000
4	NA_P30	20,7	0,0004

Megjegyzés: A változók neveit lásd a 9. táblázatban, PH_F és EC_F a felszíni réteg 1:5-ös szuszpenzióban gyors módszerrel meghatározott pH-ja és elektromos vezetőképessége, SP a telítési százalék (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Az első három diszkriminancia-egyenlet (10. táblázat) az összes variancia 91 %-át magyarázta meg. A Rao-féle V értékének növekedése alapján az osztályozásra a legnagyobb befolyást a felszínközeli (0-10 cm) talajréteg nátriumtartalma, pH-ja, a legmélyebb (20-30 cm) réteg nátriumtartalma és sótartalma gyakorolta. Ebben az esetben a vizsgált kategóriák elválasztásában a nátriumtartalom játszotta a legfontosabb szerepet, következésképpen a vizsgált növényi kategóriák az eltérő nátriumtartalmú talajfoltok lehatárolásában lennének leghasznosabbak.

Amikor a vizsgált eseteket az első két diszkriminancia egyenlet síkjában szemléljük (7. ábra) feltűnik, hogy azoknak a síkban való elhelyezkedése a térszíni elhelyezkedésüket tükrözte vissza. Az ábra tanúsága szerint ugyanis a löszlegelő szomszédos az **Achilleo-Festucetum p.**-vel, az az **Artemisio-Festucetum p.**-vel, ez a IV. osztályú szikes osztállyal (**Puccinellietum l.** és **Bolboschoenetum m.**), ami az **Agrosti-Alopecuretum p.**-vel érintkezik. Ez a sorrend megfelel a tipikus löszlegelő - szikes rét toposzekvenciának.

Összefoglalás

A diszkriminancia egyenletek a növényzeti foltok mintegy 2/3-át a talajtulajdonságok alapján helyesen besorolták. Az elválaszthatóság pontossága egyforma volt a szikes növényi kategóriák esetén. Ez az eredmény a padkásszik társulásaival végzett elemzések közül a 7. táblázat 3. sorában feltüntetett analóg. Ez az eset azt mutatta meg, hogy a vizsgált két mélység esetén (0-5 és 10-15 cm) a padkásszik komplex társulásait a talaj kémiai tulajdonságai alapján a képzett diszkriminancia egyenletek 76%-os pontossággal becsülik. A padkásszik esetén a vizsgált növénytársulások a talajkémiai tulajdonságok viszonylag egyszerű grádiense mellett, voltaképpen a 'Sigmond-féle száraz és nedves szikes kategóriák határán helyezkednek el. Az említett toposzekvencia (**Artemisio-Festucetum pseudovinae** és réti

holt) megfelel a III. o. száraz, IV. o. száraz, IV. o. nedves, I. o. nedves szekvenciának. A változatos szikes puszták a növénytársulások szélesebb körét tartalmazzák (a 'Sigmond-féle száraz és nedves szikes kategóriák mindegyikét), és így a társulások egyszerű talajkémiai gradiens mellett nem rendezhetők el. A kémiai talajtulajdonságok mellett a szolonyec talajok növénytársulásait elrendező másik ökológiai faktor, a vízellátást (száraz és nedves szik) számszerűsítő változó nem szerepelt a változók között. Emiatt a talajtulajdonságok a növényi kategóriákat kevésbé pontosan választják szét mint a padkásszik esetén. A változatos szolonyeces puszták esetében a növényzet alapján végzett kategória szintű talajtulajdonság becslés pontossága kisebb mint a padkásszik társulásaival végzetté.

Talajtulajdonságok számszerű becslése

Szolonyec talajok tulajdonságainak becslése többváltozós regressziós egyenletekkel

Problémafelvetés

A szolonyec talajok növényzete összefüggést mutat a talajtulajdonságokkal. Kézenfekvő, hogy ezt az összefüggést ne csupán kategória szinten hasznosítsuk a talajtulajdonságok becslésében, hanem törekedjünk a talajtulajdonságok adott helyen vett értékének számszerű becslésére, mert a számszerű értékek alapján szerkesztett, izovonalas térképek többnyire informatívabbak mint a folttérképek (Burrough, 1993). Különösen azoknál a talajoknál amelyek termékenységét rendszeresen néhány ismert tényező korlátozza az izovonalas térkép alkalmasabb lehet a folttérképnél, amennyiben a gátló tényezőt mutatja be és ha a tényező kvantitatíve összefüggésbe hozható a termékenységgel (pld. a növényi növekedés és a sótartalom). Kiválasztott növényfajok (a borítás mint függő változók) esetén többváltozós regresszióval számszerűsíthető az egyes (numerikusan

értékelhető) talajtulajdonságok (mint független változók) hatása a növényfaj előfordulására adott területen. Ennek a logikának fordítottjaként egy területen a talajtulajdonságok értéke (függő változó) és több növényfaj borítása (független változók) közötti empirikus-sztokasztikus összefüggést többváltozós regressziós egyenlettel rögzíteni lehet és az adott területen a talajtulajdonság számszerű becslésére is fel lehet használni.

Először irodalmi adatokat értékeltem, majd két általam gyűjtött adathalmazzal is kiszámoltam a regressziós egyenleteket. A regressziós egyenletek számításánál azoknak a növényfajoknak a borítását választottam független változónak, amelyek az esetek jelentős részében előfordultak a terepi növénytársulástani felvételekben. Független változóként ökológiailag fontosnak tartott, a szikesedéssel összefüggő talajtulajdonságokat választottam. A regressziós egyenletek illeszkedésének jósága, amit a korrelációs koefficiens (R) jelöl, megmutatja, hogy milyen pontossággal képesek az egyes egyenletek a talajtulajdonságokat becsülni a mintahalmazra.

Regressziós egyenletek Bodrogekőy adataival

Anyag és módszer

Bodrogekőy (1965) a Hortobágy északi részén végzett botanikai megfigyeléseket. Egyes cönokvadrátokban talajmintákat is vett talajszelvényfeltárásból vagy fúrással 10 cm-enként. A vizsgált talajkémiai adatok közül a CaCO_3 tartalmat, a szóda tartalmat és az összes sótartalmat közölte ábrák formájában. Botanikai megfigyeléseit 10 - 30 m² kiterjedésű kvadrátokban végezte. A növényfajok borítását +, 1-5 fokozatú Braun-Blanquet-féle skálával jelezte és megadta az összes borítást is százalékosan.

A felhasznált adatok növénytársulásonkénti megoszlása

Agrosti-Beckmannietum	4
Agrosti-Alopecuretum	2
Pholiuro-Plantaginetum	2
Puccinellietum	5
Camphorosmetum	3
Artemisio-Festucetum	8
Achilleo-Festucetum	5

Az idézett közlemény növénytársulástani adatai szubasszociációkra vonatkoznak, amelyeket a fenti táblázat készítése során összevontam társulásonként.

Eredmények

Bodrogközy (1965) az 5. függelékben bemutatott, általa készített rendszer tipikus eseteit mutatta be. A következő talajtípusokat (féleségeket) különítette el és rendelte az egyes növénytársulásokhoz:

szolonyeces réti talaj - **Agrosti-Beckmannietum e.**
 - **Agrosti-Alopecuretum p.**
 réti szolonyec - **Puccinellietum l.**
 - **Camphorosmetum a.**
 - **Pholiuro-Plantaginetum t.**
 sztyeppesedő réti szolonyec - **Artemisio-Festucetum p.**
 - **Achilleo-Festucetum p.**

A fontosabb változók statisztikája (n=29)

Változó	átlag	szórás	minimum	maximum
SA_0	0,18	0,18	0,02	0,75
SA_10	0,33	0,31	0,02	1,00
SA_20	0,37	0,31	0,05	1,10
SA_30	0,32	0,28	0,0	1,00
SODA_0	0,01	0,03	0,0	0,10
SODA_10	0,04	0,05	0,0	0,15
SODA_20	0,06	0,08	0,0	0,30
SODA_30	0,09	0,09	0,0	0,31
CAM_	0,52	0,99	0,0	3,00
PUC	0,74	1,16	0,0	3,50
TOCO	80,17	25,34	25,00	100,00
INU	0,22	0,51	0,0	2,00
ACH	0,26	0,61	0,0	2,00
AGR	0,52	1,08	0,0	3,50
POA	0,45	0,70	0,0	2,00

A nevek magyarázata

A mélységek 0-10 (jele 0), 10-20 (jele 10), 20-30 (jele 20) és 30-40 (jele 30) cm voltak. SA vízdoldható só%, SODA szóda %, AGR *Agrostis alba* borítása, INU *Inula britannica* borítása, PUC *Puccinellia limosa* borítása, CAM *Camphorosma annua* borítása, POA *Poa bulbosa* v. *vivipara* borítása, ACH *Achillea collina* borítása, TOCO összbörítés százalék.

Bodrogközy (1965) adatai alapján számolva a következő regressziós egyenleteket kaptam.

Sótartalom

SA_0= CAM*0,102+AGR*0,076+0,092	R=0,633
SA_10=CAM*0,218+0,220	R=0,703
SA_20= CAM*0,220+0,256	R=0,690
SA_30= CAM*0,076+POA*0,2-ACH*0,184+0,234	R=0,657

Szódatartalom

SODA_0= CAM*0,018+PUC*7,296-2,058	R=0,763
SODA_10= CAM*0,025-TOCO*8,99+0,097	R=0,797
SODA_20= -TOCO*1,629+CAM*0,033+0,168	R=0,834
SODA_30= -TOCO*1,49+CAM*0,038+INU*0,075-ACH*0,049+0,184	R=0,789

A regressziós egyenletek alkalmazása során vizsgált adathalmazok közül ez az adathalmaz tartalmazta a legtöbb kategóriát. A regressziós egyenletekben a *Camphorosma a.* mindegyik réteg só- és szódatartalmának jó becslő változója volt. Az összes növényi borítás a felszíni réteget leszámítva a szódatartalom becslése során a regressziós egyenletbe került változó volt. Ha az *Achillea c.* borítása helyről-helyre nő akkor a 30-40 cm-es réteg só illetve szóda tartalma csökken.

Bodrogközy adataival a megfigyelések kis száma ellenére is nagy korrelációs koefficienseket kaptam. Ezt annak tulajdonítom, hogy szerző törekedett a hortobágyi szolonyec talajok összes lehetséges típusát jellemezni, gondot fordítva a társulások egymásközötti átmeneteinek, a

szubasszociációknak leírására, kellő reprezentációjára, a tipikus esetek (növényzet és talajszelvény) kiválasztására.

Néhány talajtulajdonság illetve növényi borítás közötti összefüggést a 8. ábra mutat be. Ezen az ábrán úgymint a soron következők a talajtulajdonságok a kis grafikonokon az abszcisszákon, a növényborítások az ordinátákon helyezkednek el. A kis grafikonok páronként mutatják meg, hogy a talajtulajdonságok értékei milyen összefüggésben állnak a növényi borítások értékeivel. A helytel való takarékoskodás miatt a kis grafikonok tengelyein nem tüntettem fel a változók számszerű értékeit, a változók minimum- és maximum-értékei a kapcsolódó statisztikai táblázatokban találhatóak meg. Az ábra bal oldalsó és felső sávjában az egyes változók hisztogramja szerepel. A többváltozós statisztikai vizsgálatok többváltozós normális eloszlást feltételeznek, és ennek a feltételnek a sérülését, valamint a változók transzformációjának szükségességét is le lehet olvasni az ábráról.

Regressziós egyenletek Magyar adataival

Anyag és módszer

Magyar (1928) a szikes társulások hazai vizsgálatát megalapozó munkájában a botanikai megfigyelésekkel párhuzamosan Arany adatait felrajzolva közli a talajszelvények, illetve fúrások mintáiban meghatározott szóda- és összesó tartalmakat. A talajmintákat 20 cm-enként gyűjtötték. Ezek alapján végezték a szelvények részletes jellemzését. Az ábrákról olvastam le a számszerű értékeket 20 cm-enként. A szelvény összes sótartalmát és a sómaximum mélységét is leolvastam.

Magyar nem sorolta be a vizsgálati helyeket a növénytársulások szerint és nem közölte a kvadrátok méretét, ami valószínűleg 20-25 m² lehetett azért, hogy homogén

foltokhoz kapcsolhassa a talajtulajdonságok értékeit. A növényfajok borítását százalékosan adta meg.

Eredmények

Magyar a számításokba bevont vizsgálati helyeket nem sorolta be sem talajtanilag, sem növénytársulástanilag. Az általa készített szikes társuláskategorizálás szerint azok II., III., IV. osztályú szikesek voltak, amelyek között mind száraz mind nedves társulások előfordultak.

A fontosabb változók statisztikája (n=34)

Változó	átlag	szórás	minimum	maximum
SA0	0,12	0,23	0,0	1,10
SA20	0,39	0,36	0,04	1,70
SASUM	2,96	2,23	0,78	9,40
SAMAX	44,12	23,67	20,00	140,00
SOD20	0,04	0,07	0,0	0,23
SODSUM	0,55	0,40	0,0	1,56
SODMAX	78,47	42,86	20,00	200,00
INU	2,56	4,88	0,0	19,50
CAM	5,72	15,74	0,0	66,50
ACH	2,80	7,47	0,0	30,00
ART	4,13	7,78	0,0	30,00
POA	1,56	3,16	0,0	11,00
POL	1,35	3,18	0,0	12,00
PUC	3,31	12,76	0,0	71,00

A nevek magyarázata

A mélységek 0-20 cm (a jele 0) és 20-40 cm (a jele 20) voltak, SA vízoldható só%, SOD szóda %, -SUM a szelvényben összegzett sótartalom vagy szóda tartalom 140 cm-ig, -MAX a maximális só vagy szódatartalom előfordulási mélysége (cm), INU *Inula britannica*, CAM *Camphorosma annua*, ACH *Achillea collina*, ART *Artemisia monogyna*, POA *Poa crispera*, POL *Polygonum aviculare*, PUC *Puccinellia limosa* százalékos borítása.

Magyar (1928) adatai alapján számolva a következő regressziós egyenleteket kaptam.

Sótartalom

$$SA0 = 0,070 \cdot PUC + 0,549 \quad R=0,625$$

$$SA20 = 0,069 \cdot CAM + 0,803 \quad R=0,457$$

$$SAMAX = 26,325 - 2,978 \cdot CAM \quad R=0,417$$

Szódatartalom

$$SOD20 = 0,019 \cdot CAM + 0,143 \quad R=0,650$$

$$SODMAX = 9,753 \cdot INU - 6,694 \cdot ART + 96,512 \quad R=0,578$$

$$SODSUM = -0,100 \cdot ACH - 0,096 \cdot ART - 0,124 \cdot POA - 0,079 \cdot POL - 0,051 \cdot INU - 2$$

$$R=0,847$$

Ezen adathalmaz esetén a növény borításokat (x) logit, azaz $[\ln x / (100-x)]$ összefüggéssel transzformáltam.

A sótartalom és szódatartalom esetén is a *Camphorosma a.* borítása szerepelt leggyakrabban a regressziós egyenletekben.

Néhány talajtulajdonság illetve növényi borítás közötti összefüggést a 9. ábra mutatja.

Regressziós egyenletek Nagykunsági adatokkal

Anyag és módszer

A szikesedés műholdfelvételekkel történő nyomon követési lehetőségének vizsgálata során 1988. nyarán és koraősszel felszíni talajmintavételt végeztünk Karcag és Püspökladány határában szikes legelőkön és réteken. A mintákat közvetlenül a felszín közeléből, a felszíntől mintegy 3 cm-es mélységig vettük.

A mintavételnek az volt a célja, hogy a talaj és növényzet jellemzését az űrfelvételek (Landsat) képelem méretének (30 * 30m) megfelelő térbeli részletességgel, ismétlések alkalmazásával hajtsuk végre.

A botanikai megfigyeléseket talajtanilag és növényzet alapján is tipikusnak tekinthető mintavételi helyek környékén, véletlenszerűen elhelyezett 3-3 darab 40 * 40 cm-es kvadrátban végeztem, és később a növényi fajborítások átlagával számoltam. A növényi fajborításokat százalékosan adtam meg.

A megfigyelések növénytársulások szerinti megoszlása

Achilleo-Festucetum	7
Artemisio-Festucetum	6
Camphorosmetum	2
Puccinellietum	2
Agrosti-Alopecuretum	3

Eredmények

A 20 mintavételi hely közül 5 esetben szelvényfeltárás is volt. 4 esetben kérges réti szolonyecet, 1 esetben szolonyeces réti talajt találtunk.

A fontosabb változók statisztikája (n=20)

Változó	átlag	szórás	minimum	maximum
PH	6,43	0,99	5,22	8,50
SA	0,10	0,15	0,01	0,70
T_ERTEK	25,61	6,08	16,85	41,30
TÖCO	70,00	24,67	9,50	99,00
POD	0,58	1,03	0,0	3,50
ART	2,23	4,00	0,0	13,00
AGR	1,88	5,39	0,0	23,50
POL	1,93	4,31	0,0	16,50
ACH	1,31	4,28	0,0	19,00
PLA	0,78	2,45	0,0	9,50

A nevek magyarázata

PH a talaj felszíni (0-3 cm) pH értéke, SA a talaj felszíni sótartalma (%), T_ERTEK a talaj felszíni T értéke, TOCO az összes növényborítás (%), POD *Podospermum canum*, ART *Artemisia santonicum subsp. monogyna*, AGR *Agrostis alba*, POL *Polygonum aviculare*, ACH *Achillea collina*, PLA *Plantago lanceolata* százalékos borítása.

A talajtulajdonságok becslésében a logit transzformációval átalakított növényi változók nyújtottak szorosabb korrelációjú regressziós egyenletet.

$$SA = -TOCO * 0,061 + 0,170$$

$$R = 0,621$$

$$PH_{H2O} = -TOCO * 0,571 + ACH * 0,180 - POL * 0,165 + ART * 0,130 + 8,204$$

$$R = 0,891$$

$$T_ERTEK = -ART * 1,006 + AGR * 1,246 - PLA * 1,401 + 16,558$$

$$R = 0,851$$

Az összes növényi borítás és az *Artemisia m.* borítása voltak a legjobb becslő változók. A szoros korrelációt elősegítette a növényi borításértékek előzetes átlagolása.

Néhány talajtulajdonság illetve növényi borítás közötti összefüggést a 10. ábra mutatja.

Regressziós egyenletek padkásszik komplexben

(A mintavétel, az elemzések és a munka finanszírozása a "Padkásszik komplex növényzetének osztályozhatósága" részben található.)

A fontosabb változók statisztikája (n=120)

Változó	átlag	szórás	minimum	maximum
PH5	8,42	0,87	6,30	9,98
SA5	0,16	0,11	0,01	0,65
NA5	8,71	4,11	2,09	23,50
PH15	9,87	0,49	8,46	10,63
SA15	0,45	0,24	0,09	1,30
NA15	17,68	5,50	4,96	33,42
SNO	6,13	0,89	4,00	9,00
TOCO	50,79	23,54	9,00	105,00
PUC	6,37	9,94	0,0	40,00
CAM	2,67	3,90	0,0	20,00
AR	4,28	4,17	0,0	20,00
NOS	4,55	5,20	0,0	25,00
MOS	2,39	6,23	0,0	40,00
REL	15,03	6,80	0,0	27,50
T	3,34	0,36	2,33	4,00
F	1,53	0,62	0,0	2,33
N	1,22	0,20	0,67	2,02

A nevek magyarázata

PH pH érték, SA összesség %, NA a Herke módszerrel meghatározott mozgékony nátrium (me/100g), -5 a 0-5 cm-es rétegben mért tulajdonságot jelzi és -15 a 10-15 cm-es rétegben mértet, SNO a vizsgált kvadrátban előforduló növényfajok száma, TOCO a növényzet összes borítása (a többi borítással együtt %), PUC a *Puccinellia limosa* borítása, CAM a *Camphorosma annua* borítása, AR az *Artemisia santonicum* borítása, NOS a *Nostoc commune* borítása, MOS a mohák borítása, REL relatív magasság (cm), T a kvadrát súlyozott T értéke, F a kvadrát súlyozott F értéke, N a kvadrát súlyozott N értéke.

A növényi változók logit (transzformált) értékeivel a következő regressziós egyenleteket kaptam.

0-5 cm-es réteg

$$SA5 = CAM * 0,025 - SNO * 0,040 + PUC * 0,022 - REL * 0,0048 + 0,692 \quad R = 0,692$$

$$NA5 = T * 2,509 - AR * 0,696 + CAM * 0,891 - MOS * 0,639 + RAU * 1,246 - 6,726$$

$$R = 0,704$$

$$MC5 = -MOS * 0,553 + N * 5,967 - AR * 0,476 - TOCO * 0,665 - 5,008 \quad R = 0,689$$

10-15 cm-es réteg

$$SA15 = CAM * 0,08 - SNO * 0,099 - REL * 0,010 + PUC * 0,036 + 1,750 \quad R = 0,768$$

$$NA15 = CAM * 1,898 + RAU * 2,539 - SNO * 2,402 + PUC * 0,833 + 35,557$$

$$R = 0,689$$

$$PH15 = CAM * 0,18509 + REL * 0,02913 - SNO * 0,14048 + PUC * 0,09315 + F * 0,27592 + 11,14663$$

$$R = 0,750$$

$$MC15 = -F * 3,157 - NOS * 0,437 + 18,779 \quad R = 0,486$$

A *Camphorosma a.*, a *Puccinellia l.*, a növényfajok száma, az összes növényi borítás és a *Nostoc c.* jó becslő változók voltak.

Néhány talajtulajdonság és növényborítás közötti összefüggést a 11. és 12. ábra mutatja.

Összefoglaló táblázat a talajtulajdonságokat becslő regressziós egyenletekről

Forrás	Bodrogközy	Magyar	Nagykunság	Padkásszik
Maximális távolság (km)	10	30	30	0,06
Kvadrát terület	20m ²	20m ²	0,16m ²	0,25m ²
A vizsgált terület összetétele társulások szerint				
Agrosti-Beckmannietum	+			
Agrosti-Alopecuretum	+		+	+
Pholiuro-Plantaginetum	+			
Puccinellietum	+	+	+	+
Camphorosmetum	+	+	+	+
Artemisio-Festucetum	+	+	+	+
Achilleo-Festucetum	+	+	+	
Agrosti-Eleochari-Alopecuretum	+			
Megfigyelések száma	29	34	20	120
Vizsgált mélység (cm) A becslésben szereplő növényi változók				
só a felszínen	CAM,AGR	PUC	TOCO	CAM, SNO,PUC,REL
R	0,63	0,62	0,62	0,69
só 20	CAM	CAM		CAM,SNO, REL,PUC
R	0,69	0,46		0,77
szóda a felszínen	CAM,PUC			
R	0,76			
szóda 20	TOCO,CAM	CAM		
R	0,83	0,65		
NA5				T,AR,CAM
R				MOS,RAU
				0,70
NA15				CAM,RAU
R				SNO,PUC
				0,69
pH a felszínen			TOCO,AR	PUC,CAM,NOS
R			POL,ACH	SNO,TOCO,REL
			0,89	0,73
pH 15				CAM,REL
R				SNO,PUC,F
				0,75

Összefoglalás

A vizsgált esetek 4-7 szikes társulásféleséget (típust) érintettek. A megfigyelések száma 20 és 120 között volt. A kvadrátméret 0,16 és 20 m² között változott. A borítás 1-től 5-ig növekvő számokkal (Bodrogközy, 1965) és a többi esetben százalékosan szerepel a regressziós egyenletekben. Bodrogközy borításadatai transzformálás nélkül, a többi esetben logit transzformációval átalakítva szerepeltek a regressziós-egyenletekben. A többváltozós regressziós egyenletek korrelációs koefficiense jelzi a független változókkal a függő változó értékére végzett becslés pontosságát. A becslés szempontjából mindegy, hogy a független változó transzformálva volt-e vagy nem, ezért a regressziós egyenletek összehasonlíthatók. Mind a négy vizsgált eset tartalmazta a szikfok - vakszik - ürmös szikes puszta átmenetet (**Puccinellietum limosae - Camphorosmetum annuae - Artemisio-Festucetum pseudovinae**), és így a leggyakoribb hatékony becslő növényfajok mind a négy esetben ugyanazok voltak. Nevezetesen a száraz - nedves szikes átmenet középső, legszikesebb részén található, a szolonyec talajokon előforduló legnagyobb felszíni sótartalmat és pH-t elviselő *Camphorosma a.* és *Puccinellia l.*. A növényfajoknak a kvadrátban feljegyzett száma és az összes borítás is gyakran szerepelt a regressziós egyenletekben mint becslő változó. A korrelációs koefficiens értéke többnyire 0.65-0.75 között volt, és azt jelezte, hogy az egyenletek a talajtulajdonságok becslésében felhasználhatók annak ellenére, hogy a változók eredeti eloszlása az esetek nagy részében nem normális (Tóth and Rajkai, 1994).

A fenti eredmények alapján szolonyec talajokon javasolható a terepi növénytársulástani felvétel alapján végzett lokális talajtulajdonság becslés. Ha a talajtulajdonságokról izovonalas térképet készítenek a fenti módszer alkalmazásával ugyanazon pontosság elérése mellett a talajmintavételi pontok számát csökkenteni lehet. A terület kívánt térbeli felbontású jellemzéséhez szükséges pontok egy részében a botanikai

felvételezést talajmintavétellel kell összekötni. Ha a mintavételi pontokban kapott talajtulajdonságok és a terepi növénytársulástani felvételben rögzített fajborítások erősen szignifikáns többváltozós regressziós egyenletet adnak, akkor a maradék pontokon a talajtulajdonságok értékeit a többváltozós regressziós egyenlettel becsülni lehet.

A növényi fajborítások (vagy azok transzformált értéke) mint független változók és a talajtulajdonságok közötti többváltozós regressziós egyenletek a növényzet és talajtulajdonságok közötti összefüggést formalizálják, az egyenletek a talajtulajdonságok becslését algoritmizálják. A többváltozós regresszió illetően alkalmazása amellett, hogy lehetővé teszi a talajtulajdonságok számszerű becslését a korrelációs koefficiens értékével jelzi a becslés megbízhatóságát és tájékoztat az egyes növényfajoknak a becslésben betöltött fontosságáról (a lépcsőzetes regresszióban a beléptetés sorrendje, a béta koefficiens értéke, a változók beléptetése során a módosított R érték változása stb. alapján).

Különböző eljárások összehasonlítása a padkásszik komplex talajtulajdonságainak becslésére

Problémafelvetés

A talajtulajdonságok térképezése során törekedni kell az izovonalas térképek készítésére (Burrough, 1993). Ezen térképek készítése során a szokásos eljárás az, hogy a térbeli felbontásra vonatkozó követelményeknek vagy az anyagi korlátoknak megfelelő számú mintát vesznek és a mintavételi pontok közé a talajtulajdonság értékét beinterpolálják, és az izovonalakat rendszerint simítással rajzolják a mért és interpolált pontokra. Az interpolált pontoknak tehát csak a helyét ismerjük a változók értékét becsülni kell. Az interpolálásra számos technika alkalmazható. Az esetek többségében térbeli interpolációt alkalmaznak. Ezek a technikák az interpolált pontok értékét úgy számítják, hogy

az interpolált pont közelében elhelyezkedő ismert pontok mért értékét valamilyen, az interpolált ponthoz képest vett távolságtól függő súllyal átlagolják.

A szolonyec talajok (termőhelyek) térképezése esetén kézenfekvő a növényzetnek a talajtulajdonságok értékének becslésében való felhasználása. Szándékunk az volt, hogy két különböző technikát illetve ezek kombinációját próbáljuk ki a mozaikos padkásszik komplex térképezésére alkalmazni és a két technika hibája alapján tegyünk javaslatot azok alkalmazhatóságáról.

Az egyik technikát, a többváltozós regresszióanalízist az előző részben mutattuk be. A most ismertetésre kerülő vizsgálatban háromféleképpen csoportosítottuk a becsülő (független) változókat, úgy mint növényi változók, talajváltozók és a kettő együtt. A térképezési gyakorlatban elképzelhető például, hogy egy vagy több, könnyen vagy olcsón és a helyszínen meghatározható tulajdonság segítségével készítik egy nehezebben meghatározható tulajdonság térképét. Ha az eltérő nehézséggel meghatározható tulajdonságok között a korreláció szoros akkor a térképen ábrázolandó pontok egy részében mindegyik tulajdonságot meghatározzák, a többi pontban pedig csak a könnyebben meghatározhatókat. Regressziós egyenletet állítanak fel könnyebben meghatározható tulajdonságok, mint független és a nehezebben meghatározható tulajdonság, mint függő változó között. A nehezebben meghatározható tulajdonság értéke regressziós egyenlettel becsülhető azokban a pontokban is ahol csupán a könnyebben meghatározható tulajdonságok értékét határozták meg. A fenti gondolatmenet ugyanúgy alkalmazható a következő esetekre: növényborításból talajtulajdonságot becsülni, talajtulajdonságból és növényborításból talajtulajdonságot becsülni és talajtulajdonságból talajtulajdonságot becsülni. Ezt a három változatot vizsgáljuk az alábbiakban. A fentiekből kitűnik, hogy a többváltozós regresszióanalízis alapvetően a változók közötti korreláción alapszik és nincs tekintettel a vizsgálati pontok térbeli helyzetére.

A másik alkalmazott technika, a krigelés tipikusan térbeli interpolációs eljárás. Az ismeretlen pontban végzett becslés során a szomszédos pontok súlyát a ponttól való távolság, illetve az ahhoz a távolsághoz és irányhoz tartozó, szemivariogrammal kifejezett térbeli függése határozza meg. A krigelés két változatát vizsgáltam, az egyváltozós krigelést (autokrigelés) és a többváltozós krigelést (kokrigelést). A krigelés alkalmazását nem javasolják olyan területen ahol éles határok vannak. A szolonyec talajokon a felszín nagyfokú heterogenitása ellenére a felszín alatt homogénnek tekintett szolonyeces B szint húzódik, ami elég sekélyen fekszik ahhoz, hogy befolyásolja a növényi életet. Azt vártuk, hogy a felszínközeli és mélyebb rétegekben végzett becslések pontossága eltérő lesz. Az autokrigelést kétféleképpen végeztük el, a térbeli izotrópia figyelembevételével és figyelembe nem vételével.

Míg az autokrigelés csupán egyetlen változót értékel és csak arra tesz becslést a kokrigelés két változó együttes térbeli függését alkalmazza a rendszerint nehezebben vagy költségesebben meghatározható tulajdonság becslésére. A kokrigelés során mindkét tulajdonságot meghatározzák a mintavételi pontok egy részében; a segédváltozó (könnyebben meghatározható, de erősen korreláló tulajdonság) értékét pedig még további pontokban is. A kokrigelés tehát a korreláción alapuló regresszióanalízis és az autokrigelés kombinációjának tekinthető, mivel a változók közötti korreláción és a változók külön-külön vett és együttes térbeli függésén alapszik. A kokrigelés mintavételi elrendezése hasonló a regressziós becslés mintavételi elrendezéséhez, így a kettő összehasonlítása emiatt könnyebb.

Ebben a vizsgálatban a talajtulajdonságok értékének térbeli becslésében segédváltozóként egyes növényfajok borítását használtam, azaz így a terepi növénytársulástani felvételeket két különböző technika segítségével is (MRA és kokrigelés) bevonom a talajtulajdonságok kvantitatív becslésébe.

A vizsgálatnak tehát a következő kérdésekre kellett választ adnia:

1. A padkásszik komplexben a krigelés pontossága megfelelő-e; a növényi fajborítások segédváltozóként kokrigelésben javítják-e a talajtulajdonságok becslésének pontosságát.
2. A talajtulajdonságok térbeli becslésében melyik technika alkalmasabb, és melyek az eredményes használatukra utaló paraméterek.

Anyag és módszer

(A mintavétel, az elemzések és a munka finanszírozása a "Padkásszik komplex növényzetének osztályozhatósága" részben van leírva.)

A becslés pontosságának a vizsgálata

A becsülő módszerek kipróbálása során a becsült értékeket véletlenszerűen kiválasztott ellenőrző pontokon vagy blokkokban mért értékekkel hasonlítottuk össze. A becslés szórása (SEE, standard error of the estimate, Davis, 1986) azt mutatja meg, hogy a becsült értékeknek a mért értékekhez képest mekkora az átlagos négyzetes eltérése:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (z_m - z_e)^2}{n}}$$

ahol z_m a mért érték, z_e a becsült érték és n az összehasonlítások száma.

A különböző változók becslési pontosságának összehasonlítására a becslési hatékonyságot (E%) vezettem be Yates and Warrick (1987) után akik a becslés szórásának kokrigelés során kapott értékeit normalizálták hasonló módon az autokrigeléssel végzett becslés szórásával, és a javulást szintén százalékosan fejezték ki.

$$E\% = (1 - SEE/sd) * 100$$

ahol s_d a hasonlításban szereplő minta szórása.

Az $E\%$ a becslés szórását az adott minta szórásával normalizálja, és így a becslés pontosságának összehasonlítását különböző változók esetében is közvetlenül megengedi. Az $E\%$ szemléletesen azt mutatja meg, hogy a becslés értékeknek a mért értékek körüli szóródása a minta eredeti szórásához képest mekkora. 100 azt jelzi, hogy a becslés szórása a minta eredeti szórásához képest elhanyagolhatóan kicsi, és 0 körüli érték azt mutatja, hogy a becslés nem pontosabb, mint a minta eredeti szórása.

Az $E\%$ értelmezésének segítéséhez a becslési pontosság egyik mutatóját (Warrick et al., 1986), a mért és becslés értékek közötti lineáris regressziós egyenletet is számoltam.

Eredmények

A talajtulajdonságok becslésére egy és többváltozós geostatistikai módszereket alkalmaztam. Az összes mintázott 120 pontból 40, véletlenszerűen kiválasztott pontban a mért értékeket összehasonlítottam a becslés értékekkel (11.táblázat).

11.táblázat

A rendelkezésre álló 120 pont megosztása a becslő függvény számítására és a becslés ellenőrzésére

Becslő módszer	A becslő függvény számításához használt pontok száma és a becslő függvény típusa	Ellenőrző pontok száma
MRA	80 (regr. egyenlet)	40
Krigelés	80 (szemivariogram)	40
Kokrigelés	80 (szemivariogram) [fő változók]	40

120 (szemivariogram)
[segédváltozók]
80 (kereszt-szemivariogram)

A szemivariogram-modelleket a legkisebb négyzetek módszerével illesztettem, és a legjobban illeszkedő modellt validálás után választottam ki. Az így kapott szemivariogram modellek paramétereit a 12.táblázat mutatja be.

12.táblázat

A krigeléshez használt szemivariogramok paraméterei

Változó Anizo ^a	Szög ^b	Modell	Nugget	Sill-Nugget	Range (m)
PH5_REC ^c		exponenciális	3.90E-5	3.13E-4	9.7
2	90				
NA5_SQRT		exponenciális	6.90E-2	0.345	2.0
1.0	90				
PH15_REC		szférikus	0	7.66E-5	8.5
2.5	90				
SA15_SQRT		szférikus	2.90E-3	1.94E-2	9.7
3.1	90				
NA15		Gauss-i	11.31	10.48	2.5
3.2	0				
MC5_SQRT		exponenciális	0	0.24	7
2.3	0				
MC15_SQRT		exponenciális	0	0.19	6.5
1.4	0				

^a Anizo a nagyobb és kisebb range hányadosa

^b Szög az anizotróp szemivariogram szerkezet orientációját mutatja meg. 0 azt jelzi, hogy a nyugat-kelet transzekt irányában talált range nagyobb mint a dél-észak irányban elhelyezkedő transzekt range-e és fordítva.

^c REC reciprok és SQRT négyzetgyök transzformáció.

A pontkrigelést 12,5 m sugárral és 8 szomszédos ponttal végeztem el. Az anizotrópia figyelembe vétele az E% tanúsága szerint csekély mértékben befolyásolta a krigelés eredményét (de mindig az anizotróp szemivariogram struktúra nyújtott pontosabb becslést), kivéve a 10-15 cm-es talajréteg pH-ját, amelyik erős anizotrópiát mutatott. Ez a változó mutatta összességében a legkisebb variációs koefficiens, és ennek a becslése volt a legpontosabb. A becslés során elért pontosság (azaz a becslés szórása) kétharmaddal (pontosan 64%-al) jobb (kisebb) volt, mint az eredeti értékek szóródása (a szórás) (13.táblázat).

A kokrigeléshez a segédváltozókat a becsült és lehetséges becslő változók korrelációs mátrixából kerestem meg. Becsült változónként három-három növényfaj borítását próbáltam ki mint segédváltozót, és azzal a növényfajjal számoltam tovább, amelyik a legnagyobb mértékben javította a becslés pontosságát. A kokrigelés pontosabb becslést nyújtott, mint

az egyváltozós krigelés (2-3 E%-al) A 0-5 cm-es réteg mozgékony Na és talajnedvesség tartalmának becslésekor elérte a kokrigelés pontossága 5 E%-al volt nagyobb mint a krigelésé. Mivel az előforduló növényfajok mintavételi négyzetben észlelt borításbecslésének elvégzése kevéssel növeli meg a mintavételi költségeket az így elérhető pontosságnövekedés is hatékony lehet alkalmanként (nagy mintaszám, költséges elemzés esetén) a talajtulajdonságok térképezése során.

Az ellenőrző pontokban becsült értékek (n=40) alapstatisztikai mutatóit (átlag, szórás, ferdeség és csúcosság), az adott pontokban mért értékek statisztikai mutatóihoz hasonlítottam és azt állapítottam meg, hogy a becsült adatok eloszlását illetően a becsülő technikák (regresszióanalízis és krigelés) között nem volt lényegi különbség.

Amikor a regresszióanalízisben (**MRA**) 3 féle változócsoport alapján, úgy mint talajvizsgálati adat (**_Soil**), növényborítás (**_Pla**) és a kettő együtt (**_Comb**) és 3 geostatisztikai változattal, úgy mint anizotróp (**Krig_Ani**), izotróp (**Krig_Iso**), és izotróp kokrigelés (**Cokr**) becsültem a talajtulajdonságok értékeit, a 13.táblázatban szereplő, E%-al kifejezett pontosságokat kaptam.

13.táblázat

A becsülő módszerek összehasonlítása a becslési hatékonyság csökkenő sorrendjében (n=40)

Be- NT csült hatodik változó ^a E%	B E C S L Ö első E%	M ò D S Z E R második E%	A harmadik E%	S O R R E N D negyedik E%	S Z E R I ötödik E%
PH5 MRA_Soil 53 MRA_Pla 22	MRA_Comb 44	Cokr 39	Krig_Ani 36	Krig_Iso 34	

NA5	MRA_Soil	45	MRA_Comb	44	Cokr	36	Krig_Ani	30	Krig_Iso	29
MRA_Pla	21									
PH15	Krig_Ani	64	Cokr	64	Krig_Iso	55	MRA_Comb	48	MRA_Soil	48
MRA_Pla	36									
SA15	Cokr	58	MRA_Soil	57	MRA_Comb	57	Krig_Ani	56	Krig_Iso	55
MRA_Pla	26									
NA15	MRA_Soil	53	Cokr	51	MRA_Comb	51	Krig_Ani	49	Krig_Iso	49
MRA_Pla	25									
MC5	Cokr	36	Krig_Ani	31	Krig_Iso	31	MRA_Comb	27	MRA_Soil	17
MRA_Pla	12									
MC15	MRA_Comb	43	Cokr	42	Krig_Ani	40	Krig_Iso	40	MRA_Soil	39
MRA_Pla	-1									

^a a becsült és becslő változók egy része transzformálva volt

A többváltozós regresszióanalízis elsősorban a felszíni talajrétegben (0-5 cm) nyújtott pontosabb becslést. Ehhez azonban sokkal több megfigyelésre (ugyanannyi helyen több változó, növényi fajborítás, illetve talajtulajdonság értéke) volt szükség. A krigelés a mélyebb talajrétegben (10-15 cm), az egész terület alatt, illetve esetenként a felszínen is jelenlevő ("lefejezett szolonyec", Varga et al., 1982) szolonyeces B szintben adott pontosabb becslést.

Összehasonlítottam a növényi változókat, a talajváltozókat és a kettő kombinációját, mint a többváltozós regresszió lehetséges becslő (független) változóit. A növényi változók önmagukban a legkisebb pontossággal becsülték a talajváltozókat (függő változók), de a terepi kimérésük ráfordításainak csekély volta miatt ez a becslés mégis hatékonyként értékelhető.

Annak érdekében, hogy a talajtulajdonságok becslésére alkalmazható módszerek közül választani tudjunk fontos, hogy prognosztizáljuk a becslési módszerek sikerességét, és ezért a 14.táblázat a becslő módszerek végső összehasonlítását mutatja meg, a becslés során alkalmazott becslő függvények néhány statisztikai mutatójával együtt.

14.táblázat

A becslési módszerek végső összehasonlítása

Becsült	Pontosabb	Átlag E% a	Variációs	Erősen	Nugget : sill
változó ^c	becslő	6 becslésből	koefficiens	szignifikáns	arány
	módszer	(11. tábl.)	(%) ^a	korrelációk	

				száma ^b	
PH5	MRA	38	10	13	0,11
NA5	MRA	34	23	12	0,16
PH15	krigelés	52	5	11	0
SA15	MRA~krigelés	51	25	10	0,13
NA15	MRA~krigelés	46	31	9	0,51
MC5	krigelés	26	18	6	0
MC15	MRA~krigelés	34	12	8	0

^a a becsült változó CV%-e transzformáció után

^b a becsült és becslő (növényi és talaj) változók (maximum 15, az esetszám 120 volt) közötti korrelációs koefficiensst akkor vettük figyelembe amikor szignifikanciája < 0,001

^c a változók egy része transzformálva volt (lásd 12. táblázat)

Tapasztalatunk szerint ha a becsült változó szóródása kicsi és a szemivariogramja megfelelő szerkezetű, azaz a mintavétellel fel nem oldott, maradék variancia aránya kicsi (ezt fejezi ki a kicsi nugget : sill arány) akkor a krigelés a pontosabb módszer, másrészt ha nagyszámú statisztikailag szoros korreláció van a becsült és a becslő változók között akkor a többváltozós regresszióanalízis a pontosabb.

A különböző változók becslési pontosságának összehasonlítására általam javasolt E% paramétert egy erre a célra mások által is alkalmazott másik mutatóval hasonlítottam össze azért, hogy meggyőződjem az általa nyújtott viszonylagos előnyökről vagy hátrányokról. Ehhez kiszámítottam a mért és becsült értékek közötti lineáris regressziós egyenletet. Az egy független változós lineáris regresszió korrelációs koefficiense volt a becslés pontosságának a másik mutatója. Amikor a két mutatóval a becsléseket rangsoroltam ugyanazt a sorrendet kaptam. A kettő közötti összefüggést a 13. ábra mutatja be.

Ahol hasonló korrelációs koefficiensek esetén az E% értékek eltérőek voltak, ott a becsült és mért értékek közötti regressziós egyenes meredekségében volt különbség, mivel az 1-et jobban megközelítő meredekségű egyenletek esetén gyakran nagyobb volt az E%. A becslés pontosságának kifejezésére az E%-ot azért javaslom, mivel a korrelációs koefficiens től eltérően megmutatja a becslés számszerű eltéréseit, hiszen két adathalmaz közötti korrelációs koefficiens értéke nem függ attól, hogy az adatokat tetszés szerinti számmal

szorozzuk vagy tetszés szerinti számot adunk hozzájuk, azaz ha a mért értékhez képest a becsült értékek pld. egy adott értékkel eltolódnak akkor azt a korrelációs koefficiens nem szükségszerűen jelzi. Fentiekén kívül az E% megmutatja, hogy a becslési módszer az adatrendszer szóródásához képest milyen pontosságot ért el. Fenti okok miatt a korrelációs koefficiensnél alkalmasabb arra, hogy különböző változókkal végzett becslések pontosságát összehasonlítsa. Az E% számításához elkerülhetetlenül szükség van a becsült értékek mellett a becslési pontban mért értékekre is, amely feltétel azonban a gyakorlati térképezési esetek nagy részében nem teljesül.

Az ismertetett változók térbeli interpolációját elvégezve felvetődik a kérdés, hogy a becslés során elért pontosság mennyiben elégíti ki a térképezés követelményeit. A padkássziken számolt E% értékeket összehasonlítottam 2 sokat idézett dolgozatban leírt becslési pontossággal. Vauclin et al. (1983) adatait feldolgozva 64 megfigyelés esetén pH_{H₂O} és pH_{CaCl₂} változók térbeli interpolációja során 30 és 45 közötti E%-ot számoltam. Laslett et al. (1987) 26 megfigyelés esetén a becsült és mért diszponibilis vízmennyiség és pF_{2,5} között 0,76 és 0,92 közé eső korrelációs koefficienst találtak. Ezek alapján a padkásszik komplexen a talajtulajdonságok térbeli becslésének pontossága nem bizonyult kevésbé pontosnak mint egyéb talajokon végzett becsléseké, azaz a térbeli becslésnek az általam vizsgált módja alkalmas az izovonalas térkép készítés során a mért pontok közötti pontok értékeinek becslésére a padkásszik komplexet alkotó növényzeti típusokban.

Felvetődik a kérdés, hogy az ismertetett módszer alkalmazásának milyen térbeli és időbeli korlátjai vannak, azaz egy adott területen meghatározott becsülő függvényeket mennyiben lehet más területeken becslésre használni és az egy adott időben meghatározott becsülő függvény meddig alkalmas a talajtulajdonságok becslésére ugyanazon a helyen. Az első kérdésre a talajtulajdonságok becslésére szolgáló regressziós

egyenletek összehasonlítása alapján válaszolhatunk. Amikor a "tanuló terület", azaz az a terület ahol a becslő függvények számításához a mintákat vették, a társulások összetétele szempontjából különbözik a "teszt területtől", azaz attól a területtől amelyen a becslést végre kívánják hajtani a becslések pontossága kicsi lesz. Ezért *nem javasolható a becslő függvényeknek egyik helyről másikra való átvitele, azok lokálisan érvényesek.* Ezt mutatja a 15.táblázat.

15. táblázat

Egyes vizsgált növénytársulások talajának pH értéke

Cynodonti-Poëtum a.

Mélység	Rapaics	Rapaics	Rapaics	Rapaics	Magyar
0-10cm	5,89	5,90	7,85	7,50	(0-5cm) <u>6,17</u>
10-20cm	5,85	6,25	8,08	7,80	(5-10cm) <u>6,38</u>
20-30cm	6,50	6,16	8,25	7,80	<u>6,85</u>

Achilleo-Festucetum p.

Mélység	Rapaics	Rapaics	Bodrogközy
0-10cm	6,30	6,20	<u>7,48</u>
10-20cm	-	-	<u>7,69</u>
20-30cm	8,22	7,1	<u>7,69</u>

Artemisio-Festucetum p.

Mélység	Rapaics	saját	Magyar	Bodrogközy
0-10cm	8,15 (0-5)	<u>7,90</u>	(0-5cm) <u>7,18</u>	<u>7,53</u>
10-20cm	8,98 (10-15)	<u>9,62</u>	(5-10cm) <u>8,67</u>	<u>7,67</u>
20-30cm	9,15	-	<u>9,35</u>	<u>7,74</u>

Camphorosmetum a.

Mélység	Rapaics	Rapaics	Rapaics	saját	Magyar	Bodrogközy
0-10cm	8,6	9,85	9,8	(0-5cm) <u>9,18</u>	(0-5cm) <u>9,24</u>	<u>8,01</u>
10-20cm	9,02	9,85	-	(10-15cm) <u>10,23</u>	(5-10cm) <u>9,23</u>	<u>8,75</u>
20-30cm	9,27	9,85	9,75	-	<u>9,35</u>	<u>9,30</u>

Puccinellietum l.

Mélység	saját	Bodrogközy
0-10cm	(0-5cm) <u>9,09</u>	<u>7,71</u>
10-20cm	(10-15cm) <u>10,16</u>	<u>8,02</u>
20-30cm	-	<u>8,46</u>

Agrosti-Alopecuretum p.

Mélység	Rapaics	Rapaics	saját	Bodrogközy
0-10cm	8,68	8,7	(0-5cm) <u>7,17</u>	<u>7,50</u>
10-20cm	8,7*	8,7*	(10-15cm) <u>8,73</u>	<u>7,54</u>
20-30cm	8,7*	8,8*	-	<u>7,54</u>

Agrosti-Beckmannietum e.

Mélység	Rapaics	Rapaics	Bodrogközy
0-10cm	6,87	5,59	<u>7,48*</u>
10-20cm	7,35	-	<u>7,52</u>
20-30cm	7,55	6,60	<u>7,52</u>

Megjegyzések

Az adatok forrása a következő volt: Rapaics (1927), Magyar (1928), Bodrogközy (1965), a padkásszik komplex részben ismerttetett adathalmaza. A csillag (*) azokat az értékeket jelöli amelyeket más mélységek alapján interpoláltam, vagy amelyek kiugrónak tűnnek. Az aláhúzott értékek átlagok. Bodrogközy pH adatait a szóda - pH összefüggése alapján interpoláltam.

Ezek az adatok megmutatják, hogy a különböző szerzők által ugyanazon növénytársulásra közölt pH adatok erősen eltérők. Rapaics több szikes alföldi területet áttekintett, de Magyar, Bodrogközy és a saját adataim mind a Hortobágyra vonatkoznak, mégis igen nagy eltérések találhatók a pH értékek között. *A becslő függvények paramétereit ezek szerint mindenegyes térképezendő területen külön kell meghatározni.*

Ahhoz, hogy a becslő függvények hosszabb idő folyamán érvényesek legyenek az lenne szükséges, hogy a talajtulajdonságok és a növényi borítás is viszonylag állandó maradjon. Közel természetes vegetációval borított területen ez lehetséges, feltéve ha a megismételt mintavételt és növénytársulástani felvételezést ugyanabban a növényi fenofázisban végzik. Ennek alátámasztására bemutatom néhány talajtulajdonságnak három, nem egymást követő évben az ebben a fejezetben és korábban már ismertetett padkásszik komplexen mért átlag értékét és szóródását két vizsgálati mélységben (16.táblázat).

16.táblázat

Ugyanazon a mintegy 60 x 60 m-es területen belül 6 éves intervallumon belül meghatározott pH és sótartalom értékek változékonysága

Mintavétel		n	0-10 cm				10-20 cm				
C.V.	Nedv C.V.		pH	C.V.	só	C.V.	Nedv	C.V.	pH	C.V.	só
1983. július 65 16 22		70-100	9,0 ^a	9	0,34 ^a	125	12	30	9,9 ^a	3	0,63 ^a
1988. május-július 60 - -		40	9,0 ^a	8	0,19 ^{ab}	95	-	-	10 ^a	4	0,51 ^{ab}
1989. július 53 16 24		120	8,4	10	0,16 ^b	73	7	35	9,9 ^a	5	0,45 ^b

Megjegyzések

n a minták száma, C.V. variációs koefficiens (%), Nedv talajnedvesség-tartalom (tf%), só oldható sótartalom (%), az 1983-as adatokat Marchand (1987) után közlöm, az 1988-as adatok saját, nem publikált adatok, az 1989-es adatokat ebben a dolgozatban ismertetem, ebben az esetben a mintákat 0-5 és 10-15 cm mélységekből gyűjtöttük. Ha az átlagokat nem

ugyanaz a betű követi az 1 % tévedési valószínűséggel meglévő különbséget jelez.

A táblázat adatai alapján az ugyanazon a területen végzett mintavételek a talajtulajdonságok hasonló átlagértékét és szóródását mutatták. A két mélység a várt különbséget mutatta, mivel a mélyebb rétegben az értékek szóródása a szolonyeces B szint homogenizáló hatása miatt kisebb volt. Ebben a rétegben a pH és talajnedvesség gyakorlatilag ugyanolyan értéket és szóródást mutatott. A felszínhez közeli rétegben a pH értéke állandónak tekinthető, mivel az első két megfigyeléshez képest az 1989. év nyilvánvalóan ez utóbbi minta mélysége miatt tér el, hiszen a felszín közeli talajrétegekben a pH csökken, mint azt "A talaj kémiai tulajdonságainak változása szolonyec talaj szelvényében (2. táblázat) bemutattuk. A talaj sótartalom variációs koefficiensei is hasonló nagyságúak voltak a vizsgált időszakban. A mintavétel mélységének az eltérése az 1989. évi mintavétel esetén azért nem okozott eltérést a pH átlag értékében mert 15 cm alatt a pH érték már nem változik hirtelen (1. ábra). Ennek alapján elfogadható, hogy némely talajtulajdonság a padkásszik komplexben viszonylag állandó értéket mutat ha az évnek ugyanabban az időszakában végzik a mintavételt. Nincsenek vizsgálati eredmények arra nézve, hogy egy adott időszakban meghatározott becslő függvény meddig érvényes. Meg kell jegyeznünk, hogy az ebben a részben ismertetett számítások során használt becslő függvények két év megfigyeléséből származtak. A talajmintákat 1989-ben gyűjtöttük, a növénytársulástani felvételezést 1990-ben végeztük el.

A végzett becslések időbeli kiterjeszhetőségéhez a talajtulajdonságok értékének állandósága mellett szükséges feltétel a növényi fajborítások ugyanazon fenofázisban állandók legyenek. Ennek vizsgálatát nem végeztük el, de Précsényi (1975) adatai alapján lehetőségünk volt arra, hogy az ürmös szikespuszta, az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** két jellemző fajának, az *Artemisia santonicum*-nak és a *Festuca pseudovina*-nak a tömegarány változását nyomon

követhessük öt év vizsgálatai alapján. Az évenkénti 3 mintavétel azt mutatta, hogy a különböző fenofázisok között a két faj tömegaránya eltér. Az egymás után következő évek között a két faj tömegaránya (feltételezhetően a borítások aránya sem) nem mutatott szignifikáns különbséget.

A szolonyeces szikes pusztán azonos fenofázisban végzett növénytársulástani felvételek eredménye és az ugyanakkor vett talaj minták kémiai vizsgálati eredményei közötti összefüggés a fentiek szerint több éven át is érvényes, így a talajtulajdonságok becslésére alkalmas lehet. Erről azonban nincsenek részletes adataink.

További kérdés, hogy a szolonyeces szikes pusztán a talajtulajdonságok becslésének melyek a célszerű léptékei. Ez függ attól, hogy mekkora a vizsgált talajtulajdonságoknak a szóródása az adott léptékben. Ha a becsült talajtulajdonság értéke eredetileg nagy akkor a becslés hibája is várhatóan nagyobb lesz. Ezért mutatjuk be (17.táblázat) a dolgozatban ismertetett három vizsgálati léptékre 3 növényzeti kategóriára az átlag pH és sótartalom értékét és azok variációs koefficiensét.

17. táblázat

Nagyobbrészt ürmös szikespusztából álló gyepterületek pH-jának és sótartalmának változatossága nagyságrendekkel eltérő léptékekben

réteg	0-10 cm-es réteg				10-20 cm-es			
	Növényzeti kategória	esetszám	pH átlag	C.V.%	só átlag	C.V.%	só átlag	C.V.%
<i>10⁻⁴ km-es maximális távolság (szolonyec szelvény), 3 cm³ minta</i>								
Artemisio-Festucetum p.								
		pH	EC _{2,5}					
		49	7,7	14	0,47	66	-	-
Camphorosmetum a.	44	10	8	2,98	32	-	-	-
<i>10⁻¹ km-es maximális távolság (padkásszik komplex), 200 cm³ minta</i>								
(0-5 cm-es réteg) (10-15 cm-es réteg)								
Artemisio-Festucetum p.			só%				só%	
		83	8,2	9	0,13	52	9,9	5
Puccinellietum l.	30	9,1	7	0,22	71	10,2	3	0,63
réti folt		3	7,2	4	0,08	14	8,7	2
	0,38 38							
	0,14 21							
<i>10 km-es maximális távolság (változatos szikes puszta), 1500 cm³ minta</i>								
Artemisio-Festucetum p.			EC _p				EC _p	
		75	7,4	11	1,53	53	8,6	11
Puccinellietum-Bolboschoenetum	16		8,0		11	1,19	76	8,6
								9
Agrosti-Alopecuretum p.	60	6,5	11	0,89	52	7,5	13	

A 0-10 és 10-20 cm-es mélységekben különböző léptékekben meghatározott pH és sótartalom értékek variációs koefficiense hasonló nagyságú. Ugyanakkora szóródást mutat a 10 cm távolságon belül a legkisebb méretű minták pH és sótartalma mint a legnagyobb méretű, legnagyobb távolságon (10 km) belül vett mintáké. A vizsgálati távolság növekedésével együtt a kategóriák tisztasága csökken, mivel egyre több kategória lett egybevonva (11. és 12. függelék). A vizsgált léptékekben a pH és sótartalom szóródása között nincs olyan különbség ami arra utalna, hogy a talajtulajdonságok becslése eltérő pontosságú lenne. A növényzetnek mint becsülő változónak az

ismertetett léptékekben való alkalmazhatósága külön
vizsgálatot igényel.

Összefoglalás

A becslés pontosságának bevezetett mértéke, az E% alkalmasnak bizonyult arra, hogy különböző változók becslési pontosságát összehasonlítsuk. Felülmúlja a becsült és mért érték közötti egyváltozós lineáris regressziós egyenlet korrelációs koefficiensét, mert figyelembe veszi a becsült és mért érték eltéréseinek abszolút értékét.

Az azonos területen 3 különböző év nyarán mért pH értékek azonosak voltak. A döntően **Artemisio-Festucetum p.**-vel borított területen a felszín közelében (0-10 cm) mért pH, sótartalom és talajnedvesség-tartalom is kisebb szóródást mutatott mint a 10-20 cm-es rétegben. A mért értékek variációs koefficiense mindhárom évben hasonló volt.

Három eltérő vizsgálati léptéket vizsgálva a szolonyeces szikes puszta jellemző növényzeti kategóriáiban a talaj pH és sótartalom értékei hasonló variációs koefficienst mutattak. Ennek alapján a 0-10 cm távolságon belül (3 cm³ minta), a vizsgált transzekteken, 63 méter távolságon belül (200 cm³ minta) és a változatos szikes pusztán 7 km távolságon belül (1500 cm³ minta) végzett becslések pontossága hasonló értéket érhet el.

Irodalmi és saját adataink alapján megállapítottuk, hogy a szolonyec talajokon előforduló növénytársulások alatt mért talaj pH értékek erősen eltérők. Emiatt és a szolonyeces termőhelyeken tapasztalt nagyfokú heterogenitás miatt a fejezetben bemutatott becslő függvények csak lokálisan alkalmazhatók. A becslő függvények (regressziós egyenletek és szemivariogramok) paramétereit minden egyes térképezendő területen külön kell meghatározni.

A várakozásnak megfelelően a krigelés a mozaikos padkásszik változatos felszíni (0-5 cm) rétegében pontatlanabban becsüli a talajkémiai tulajdonságok értékeit. A mélyebb (10-15 cm) rétegben, a szolonyeces B szintben a krigelés felülmúlta a

többváltozós regresszióanalízis által nyújtott, E%-al kifejezett becslési pontosságot.

A becsült változók közül a mélyebb rétegben meghatározott változók becslésének pontossága nagyobb volt. Ennek oka a területen a vizsgált mélységben (10-15 cm) előforduló szolonyeces B szint jelenléte, amelyen belül a talajváltozók értékének szóródása kicsi. A pH becslése volt a legpontosabb, mivel ez mutatta a legkisebb szóródást. A legkisebb pontosságot a talajnedvességtartalom becslése során kaptam, mivel ennek a változónak volt a legnagyobb az eredeti szóródása.

A terepi növénytársulástani felvételeket, azaz a vizsgálati pontokon a növényfajok becsült borítását újszerűen a talajtulajdonságok számszerű becslésére használtam két módszerrel. Többváltozós regressziós egyenletekkel csupán a növényi fajborítások alapján is becsülhetők a padkásszik talajtulajdonságai. Ennek a becslésnek kicsi a pontossága. Ha azonban talajtulajdonságok alapján kívánjuk talajtulajdonságok értékét becsülni regressziós egyenlettel akkor a becslő változók körét kibővíthetjük növényi fajborításokkal, és a becslés pontossága nő. Ezt az előnyt akkor lehet kihasználni ha pl. a talaj költségesen, vagy nehezen mérhető tulajdonságait (T-érték, ESP) kívánjuk könnyen mérhető tulajdonságokkal és növényi borítással becsülni.

Újszerű a növényi borításnak a többváltozós geostatistikában való alkalmazása is. A kokrigelés a krigeléshez képest szerény pontosság növekedést eredményezett.

Irodalmi becslési pontosságokkal történt összehasonlítás alapján mindkét vizsgált becslő módszer (krigelés és MRA) alkalmas arra, hogy a talajtulajdonságok izovonalas térképezése során a vizsgált talajtulajdonságok értékeit ismeretlen pontokban becsülni lehessen.

Az ismerttetett módszerek, különösen a többváltozós geostatisztika által nyújtott becslési lehetőségek teljes feltárása további vizsgálatokat igényel. Meg kell határozni az optimális kvadrátméretet, azoknak a növénytársulásoknak a körét amelyek erre alkalmasak, a becslő változók transzformációjának szükségességét és egyéb feltételeket.

A növényzet kategorizálása távérzékeléssel

Padkásszik komplex növényzetének kategorizálása terepi reflektometriával

Problémafelvetés

A szikesedés űrfelvételek segítségével történő távérzékeléses vizsgálata során (lásd a következő részt) vetődött fel, hogy közel természetes és mesterséges (szántók) ökoszisztémákon a szikesedés fokozatait illetve típusait lehet-e terepi reflektometriával vizsgálni. A terepi mérésekkel felderített összefüggések az űrfelvételek megértését elősegíthetnék, mindenekelőtt pedig az eltérő lépték miatt információt nyújthatnak arról, hogy a növényzet (és talaj) összetettsége, vagy mozaikossága (amit ugyanazon a területen terepi reflektometriával mérnek) hogyan mutatkozik meg az (ugyanazon területről készített) űrfelvételen. Elsőként egy másoldalról is vizsgált padkásszik komplexszen végeztünk terepi vizsgálatot. A konkrét kérdés az volt, hogy a helyszíni reflektancia mérés milyen pontossággal alkalmas az elkülönített növényzeti kategóriák azonosítására.

A kérdés megválaszolására a diszkriminancia analízis alkalmas. Ebben az elemzésben a különböző sávokban mért reflektancia értékek (független változók) lineáris kombinációjával az egyes megfigyelések a növényzeti kategóriákba sorolhatók (Pando et al., 1992). Az osztályozás pontossága jellemzi a mért változók alkalmasságát a kategóriák elkülönítésére. Az analízisben az eltérő sávokban mért reflektancia mellett azok hányadosát is alkalmaztuk,

mert a tapasztalat szerint (Colwell, 1983) ezek a mért reflektanciák egyes hányadosai gyakran összefüggést mutatnak a biomassa mennyiségével. A most ismertetett esetben a normalizált különbségi vegetációs index (NDVI) és albedó használata nem vezetett nagyobb pontosságra az osztályozás során mint az egyszerű arányok használata.

A leírásra kerülő munkát egy US NSF által támogatott kutatási téma "Reflektancia mérések alkalmazása szikesedési és alkalinizálódási folyamatok azonosításában, monitoringjában és modellezésében" keretén belül végeztük. Ebben a munkában a terület és a növényzet jellemzését végeztem Kertész Miklós segítségével, a publikált statisztikai elemzést (nem a dolgozatban ismertetett összefüggésvizsgálatot) Csillag Ferenc végezte. A munka elvégzésében segített még Szabó József és Pásztor László. A terepen mért reflektancia értékeknek a növényzeti típusok elválasztására való felhasználása Csillag Ferenc elgondolása volt.

Anyag és módszer

Nyírólapon a padkásszik komplexben (lásd "Padkásszik komplex" részeket) kijelölt transzektokban 1989 július 11-én az összes mintavételi pontban és a fennmaradó összes kerek méternél (120 + 86 pont) Exotech-100 négy-sáv-os radiométerrel, TM (Landsat Thematic Mapper) szűrők használatával reflektanciamérést végeztünk. Ennek során a következő TM szűrőket alkalmaztuk: TM1 (450-520 nm), TM2 (520-600 nm), TM3 (630-690 nm) és TM4 (760-900 nm). Kalibráláshoz festett bárium-szulfát táblát használtunk (Robinson és Biehl, 1979). A sugármérőt 1,2 m magasságban 15 fokos látószöggel alkalmaztuk (Tóth et al., 1991a és Tóth et al., 1991b).

A terepi reflektancia mérések helyén a növényzet kategorizálását 50 * 50 cm-es kvadrátokban végeztük el, mivel ez a méret felelt meg a reflektancia mérés léptékének.

A megfigyeléseket két részre osztottuk, azokat a kvadrátokat ahol talajmintavétel is volt (3. és 4. ábra) "tanuló" kvadrátoknak tekintettük és a köztük elhelyezkedő 86 pontot pedig "ellenőrző" kvadrátoknak, amelyek segítségével a diszkriminancia egyenletek által nyújtott pontosságot vizsgálhatjuk.

Eredmények

A terepi reflektancia mérés során a tanuló kvadrátok diszkriminancia analízise során összefüggés mutatkozott a vörös (TM3) : infravörös (TM4) reflektancia arány és a növényi borítás között (ld. 14. ábrát). Ezen az ábrán az **Artemisio-Festucetum p.** és **Puccinellietum l.** kategóriák erősen átfednek, mindazonáltal a két ábrázolt változó átlagértéke szisztematikus különbségeket mutat.

Diszkriminancia-analízissel, amikor a tanuló transzektek diszkrimináló változói között a TM1-TM4 sávok, illetve azok hányadosai szerepeltek a következő klasszifikációs mátrixot kaptuk.

18.táblázat

Padlásszik komplex növényzeti kategóriáinak szétválasztása terepi reflektancia alapján diszkriminancia analízissel a tanuló kvadrátokban

a. Klasszifikációs mátrix

Kategória eredeti besorolás	Eset szám Kód	DA osztályozás A kategória kódja			
		5	6	7	8
Artemisio-F.	5 83	51	4	26	2
Camphorosmetum	6 4	0	4	0	0
Puccinellietum	7 30	11	5	13	1
réti folt	8 3	0	0	0	3

A besorolás pontossága: 59%

b. A Rao-féle V érték növekedése a legfontosabb osztályozó változók esetén

Lépés	Változó	A V növekedése	
			Szignif.
1	TM3PER4	24,1	0,0000
4	TM1	23,0	0,0000

Az első két diszkriminancia egyenlet az összes variancia 92%-át magyarázta. A diszkriminancia egyenletbe léptetéskor számított Rao-féle V érték alapján két változó mutatott erős szignifikancia-szintet, és ezáltal jelentős befolyást az osztályozásra: a TM1 és a TM3 és TM4 hányadosa (18.b táblázat).

Amikor a diszkriminancia egyenletek függvényértékeit a 86 "ellenőrző" kvadrát osztályozó változói (reflektancia) értékével számítottuk ki a következő besorolást (19.táblázat) kaptuk.

19.táblázat

A "tanuló" kvadrátokon meghatározott diszkriminancia egyenletek által, az "ellenőrző" kvadrátok besorolásában nyújtott pontosság

Kategória eredeti besorolás	Eset szám Kód	DA osztályozás A kategória kódja			
		5	6	7	8
Artemisio-F.	5 69	40	6	12	11
Camphorosmetum	6 2	0	2	0	0
Puccinellietum	7 15	6	3	6	0
réti folt	8 0	0	0	0	0

A besorolás pontossága: 56%

Mivel az ellenőrző és tanuló kvadrátok a vizsgált transzekteken egymáshoz képest felváltva helyezkedtek el, ezért hasonló arányban tartalmazták a terepen elkülönített kategóriákat. A kapott pontosság gyakorlatilag a "tanuló" kvadrátokban kapott pontossággal egyezett.

A reflektancia értékek összefüggést mutatnak nem csupán a növényzeti kategóriákkal, illetve a növényborítással, hanem egyes talajtulajdonságokkal, amelyek a növényzeti kategóriák diszkriminancia analízissel történő elválasztásában nagyobb jelentőségűek voltak. A 15. ábrán a padkásszik növényzetének szétválasztásában egyik legbefolyásosabb talajtulajdonság, a 10-15 cm-es réteg sótartalma (a 8.b táblázatban ennek a kémiai változónak volt a Rao-féle V érték növelésében a legerősebb a szignifikancia-szintje) és a $TM3 : TM4$ összefüggését mutatjuk be. Az ábrán a két tulajdonság összefüggését erős statisztikai ingadozás takarja, de a növényzeti kategóriák elválnak. A távérzékeléstől rendszerint nem várják el a talajtulajdonságok és a reflektancia összefüggésén alapuló számszerű talajtulajdonság becslést. Erre a célra a kategória szintű talaj - növényzet - reflektancia láncolaton alapuló becslést használják.

Az elválasztandó kategóriák számának statisztikai optimalizálásával (11. függelék) és összetettebb osztályozási eljárással Csillag Ferenc az ismertettől pontosabb elválasztást kapott (Tóth et al., 1991a), de a fenti példa is mutatja az osztályozás technikai megvalósítását.

Összefoglalás

A padkásszik komplex növényzeti kategóriái az összes növényborítás szélsőséges értékei miatt terepi reflektometriával szétválaszthatók. 120 tanuló kvadráton meghatározott diszkriminancia egyenleteknek 86 ellenőrző ponton való alkalmazása ugyanazt a pontosságot nyújtotta mint amit a diszkriminancia analízis során kaptunk, mintegy 60%-ot. A reflektancia értékek ezzel a pontossággal használhatók a padkásszik komplex kategóriáinak azonosítására.

A szolonyeces szikesedés távérzékelése űrfelvételekkel a Nagykunságban

Problémafelvetés

Az erőforráskutató műholdak felvételei időbeli felbontásuk és a nagy földrajzi kiterjedés miatt a földfelszín állapotának leggazdagabb adatforrását alkotják. A rendelkezésre álló felvételeknek nem több mint 2%-át dolgozzák fel. Ennek oka, hogy a felvételek kiértékeléséhez nincsenek meg a szükséges ismeretek. Számos földtudomány, a meteorológia stb. rendszeresen alkalmaz űrfelvételeket, és törekvések vannak az űrfelvételek minél szélesebb körű alkalmazására. Gyakran nem ismertek kellően a reflektancia és a földfelszíni jelenség közötti összefüggések. Ilyenkor az űrfelvételek értékelését mintaterületek segítségével, statisztikai osztályozási technikákkal végzik és a mintaterületeken megfigyelt reflektancia értékeket "terítik ki" az egész vizsgált területre, úgy mint az előző részben. A szikesedés előfordulása világszerte megfigyelhető, a mezőgazdasági termelést súlyosan gátló folyamat. Mivel a hazai szikes talajokat a megelőző évszázad során széleskörűen vizsgálták, a szikesedés fokozatainak elkülönítésére a Tiszántúlon jelöltünk ki mintaterületet.

A vizsgálat konkrét célkitűzése annak megállapítása volt, hogy a szikesedési állapotban meglévő ismert, feltérképezett különbségeket mezőgazdasági és féltermészetes vegetációval borított területeken ki lehet-e mutatni űrfelvétel elemzésével.

A vizsgálat alapját a következő tapasztalok képezték. Ismert (Colwell, 1983), hogy a vegetációs index (NDVI) a biomasz mennyiségével arányos. A fedetlen talaj albedója, azaz fényessége viszont a felszínközeli sófelhalmozódás vagy iszapoldás esetén növekszik.

A munkát részben az US NSF finanszírozta, a hazai témavezető Várallyay György, az USA témavezető Marion Baumgardner volt, a kutatási téma címe "Reflektancia mérések alkalmazása szikesedési és alkalinizálódási folyamatok azonosításában, monitoringjában és modellezésében" (Grant #INT-8721949) volt.

Ebben a munkában a feladatom a terepi jellemzés, mintavétel, a referencia térképek elkészítése és az űrfelvételek talajtani értékelése volt. Az elemző munkában, a referencia térképek tervezésében közreműködött a téma hazai szervezője, Csillag Ferenc. Az űrfelvételek interpretációját Büttner György végezte. A koncepció Csillag Ferencé volt.

Anyag és módszer

A szolonyeces területek (szántók és legelők) szikesedési fokának űrfelvételes távérzékelési lehetőségét Karcagtól nyugatra a Nagykunságban vizsgáltuk, 10 * 10 km-es területen (16. ábra). Az ábrán az Egységes Országos Térképészeti Rendszer (EOTR) azonosítási pontjait is feltüntettük, a kémhatás kategóriákat a következő részben ismertetem. A térképen a vízállásokat is feltüntettük.

Referencia térképek

Az űrfelvételek interpretációjához használt térképek 3 léptékben készültek. A Kreybig-féle átnézetes térképek (1:25.000), melyek az egész vizsgált területet lefedik, kevés kiterjedt foltot nyújtottak. Az 1:10.000-es léptékű üzemi genetikai térkép egyes lapjai és a táblatörzskönyvek adatai hiányosan és csak a növénytermesztésbe bevont táblák egy részére álltak rendelkezésre.

1:25.000 szikesedési térkép

Az alkalmazott referencia térképek közül az 1:25.000 léptékű szikesedési alaptérképeket a Kreybig-féle térképsorozat megfelelő lapjai alapján állítottuk össze (Kreybig, 1937). Három kategóriát különítettünk el, úgy mint potenciálisan szikes talajok (**PSA**, azok a talajok amelyek a felszín közelében nem szikesek), enyhén szikes talajok (**SSA**, feltételesen hasznosítható szikes talajok) és erősen szikes talajok (**SAS**, mezőgazdasági termelésre nem alkalmas szikes talajok). Ezek a kategóriák a Kreybig lapok

kémhatás-kategóriái alapján keletkeztek. **PSA**= túlnyomóan semleges vagy gyengén lúgos, mésszel telített talajok (kék), túlnyomóan savanyú, mésszel telítetlen feltalajú, az altalajban már a felszínhez közel szénsavas meszet tartalmazó talajok (sárga), túlnyomóan savanyúbb, telítetlen talajok, melyek altalaja a felszín közelében nem tartalmaz szénsavas meszet (vörös). **SSA**= szántóföldi művelésre alkalmas szikes talajok. Feltalajuk általában savanyú, mésszel többnyire javíthatók. A termőréteg vastagsága 50 cm vagy több (vörösibolya), szántóföldi művelésre kevésbé vagy feltételesen alkalmas szikes talajok. Mésszel feltételesen javíthatók. Termőréteg 30-50 cm (világosibolya). **SAS**=szántóföldi művelésre alkalmatlan szikes talajok, mésszel nem javíthatók (sötétibolya).

1:10.000 üzemi genetikai térkép

A területen elhelyezkedő Magyar-Bolgár Barátság termelészövetkezet üzemi talajtérképének a meglévő lapjait használtuk.

1:1.000 üzemi térképek

A táblatorzskönyvek alapján egyes táblákon az úrfelvétel készítésének idején meglévő mezőgazdasági növénykultúrákat is figyelembe vettük.

űrfelvételek és képfeldolgozás

A karcagi Landsat TM felvétel 1987. július 1-én, a SPOT XS 1986 május 2-án készült. (Tóth et al., 1991a). Ezen felvételek segítségével vizsgáltuk a szikesedés fokozatainak térbeli elkülöníthetőségét.

A Landsat felvételből a TM3 (630-690 nm), TM4 (760-900 nm) és TM5 (1550-1750 nm), a SPOT felvételből az XS2 (610-680 nm) és XS3 (790-890 nm) sávokat használtuk. A szikesedés értelmezéséhez kétféle mutatót használtunk: a normalizált különbségi vegetációs indexet (NDVI, azaz normalized difference vegetation index) amit a $(TM4-TM3)/(TM4+TM3)$; illetve az $(XS3-XS2)/(XS3+XS2)$ összefüggéssel számítottuk; és az albedót amit a TM3-5 sávok átlagaként számítottunk.

Eredmények

Távérzékelte adatok összevetése az 1:25.000 léptékű talajtérkép foltjaival

A területen a Kreybig-térképek a 'Sigmond-féle talajrendszer következő altípusait (zárójelben az altípus jele) jelölték: gyengén degradált kalciumtalajok (X-V-I), gesztenyeszínű mezőségi talajok (XI-V-I), világosbarna mezőségi talajok (XI-V-II), szolonyectalajok (XII-III-I) és szolonyecszerű talajok (XII-III-II).

Mivel a Kreybig-térképek több évtizeddel korábban készültek felvetődhet a kérdés, hogy mennyiben alkalmasak arra, hogy a talajok jelenlegi kémhatásviszonyait, illetve szikesedési állapotát ezek alapján ítéljük meg. Ezen kérdés eldöntéséhez a korábban ismertetett "változatos szikes pusztá" vizsgálati területén rendelkezésre álló pontokban mért pH értéket hasonlítottuk a Kreybig-térkép megfelelő lapján megjelölt fúrások magyarázófüzetben szereplő értékeihez két mélységben. Az összehasonlítás során a következő táblázatot kaptuk:

20.táblázat

A "Változatos szikes pusztá" területén három mélységben meghatározott, és ugyanerre a területre a Kreybig-féle térképek alapján becsült pH értékek összehasonlítása

Mélység	Átlag pH (szórás)	
	Kreybig (n=23)	Változatos... (n=203)
pH_0-10 cm	7,11 (0,87)	6,83 (0,97)
pH_10-20 cm	7,43 (1,00)	7,59 (1,13)
pH_20-30 cm	7,73 (0,99)	8,02 (1,15)

A 20.táblázat alapján a kiválasztott terület egészére nézve a 3 mélységben meghatározott pH értékek a sorokon belül nem különböztek szignifikánsan (1% tévedési valószínűséggel),

ezért nincs okunk kételkedni abban, hogy a Kreybig-térképek nem a jelenlegi helyzetnek megfelelően tüntetik fel a kémhatás viszonyokat.

Singh és Dwivedi (1989) ugyanezt a léptéket alkalmazta talajtérképek szikes kategóriáinak és űrfelvételek statisztikailag elváló foltjainak azonosítására.

A 17. ábra a szikesedés három elkülönített kategóriájában a Kreybig magyarázó alapján a vizsgálati területen számított mélységi átlag ESP, só% és pH értékeket mutatja be. Mivel a Kreybig-térképek szinkódját a feltalaj hidrolitos aciditása és a szikes réteg vastagsága alapján alkották meg (Kreybig, 1937) azt várnánk, hogy a pH a három kategóriában (potenciálisan szikes talajok, **PSA**; enyhén szikes talajok, **SSA** és erősen szikes talajok, **SAS**) eltérő. Ezzel szemben a pH nem, hanem a szikesedés másik két tényezője, a nátrium-tartalom és a sótartalom mutatta jól a különbségeket, és így a három kategóriában fel lehet ismerni a szikesedés különböző fokozatait.

Amikor a Kreybig-térképek alapján összeállított szikesedési térképet fedésbe hoztuk a Landsat űrfelvétellel, a szikesebb kategóriákban kisebb volt a növényi borítás. A szikesedés növekedésével együtt csökkent a TM4, azaz az infravörös tartomány reflektanciája és a TM3, azaz a vörös tartomány reflektanciája növekedett, ami a 21.táblázatban szereplő vegetációs index (NDVI) értékekhez vezetett. A különbségek statisztikailag (az oszlopokban függőlegesen) minden esetben szignifikánsak voltak (1% tévedési valószínűséggel).

21.táblázat

A felszíni talajkémhatás kategóriák vegetációs index (NDVI) és albedó értékei a Landsat TM alapján

Kategória	Terület (ha)	NDVI		Albedó	
		m	sd	m	sd
PSA	3174,00	102,90	35,0	67,80	10,3
SSA	969,60	92,22	36,4	69,49	11,9

SAS	2541,24	77,94	32,5	68,46	12,5
Összesen	10000,00	91,13	37,5	67,05	12,5

Megjegyzés: PSA=potenciálisan szikes talajok, SSA=enyhén szikes talajok, SAS=erősen szikes talajok, m=átlag, sd=szórás, NDVI=normalizált különbségi vegetációs index.

A táblázat NDVI értékei a szikesedésnek a biomassza mennyiségre kifejtett hatását jól mutatják, mivel erősödő szikesedés csökkenő vegetációs indexszel, csökkenő biomasszával jár együtt. Az albedó által mutatott különbség nem konzisztens, valószínűleg azért, mert a vizsgált időben (július 1., lásd a 13. függelék) a területen kevés növényzettel nem fedett felület volt, és a növényzettel fedett területeken a növényzet a talajfelszín reflektáló hatását elfedte.

1:10.000 léptékű térképek alkalmazása

Az egyes táblák vetett növényzetét ábrázoló térképet az 1:25.000-es léptékű szikesedési térképpel fedésbe hoztuk, és az így kapott kategóriákban az NDVI és albedó értékét számítottuk. A szikesedés erősségét a szántóföldi kultúrákkal hasznosított táblák átlagos NDVI és albedó értéke jelezte, mert erősödő szikesedési fokozattal csökkenő NDVI-t kaptunk.

22.táblázat

A kombinált kémhatás-termesztett növény alkategóriák NDVI és albedó értékei a Landsat TM sávok alapján

Alkategória	Terület (ha)	NDVI m	sd	Albedó m	sd
PSA_búza	293,8	117,98	12,5	59,58	3,6
PSA_lucerna	187,04	152,28	17,3	79,75	5,9
PSA_napraforgó	103,80	133,43	24,7	84,96	5,0
PSA_gyep	31,84	93,10	16,3	67,60	8,6
SSA_lucerna	41,40	154,98	13,5	77,85	4,0
SSA_napraforgó	138,16	92,03	24,6	76,76	6,5
SAS_búza	287,56	104,68	18,0	64,58	5,5
SAS_napraforgó	65,48	75,04	4,5	98,63	20,3
SAS_gyep	243,20	96,57	20,6	71,15	6,7

Megjegyzés: PSA=potenciálisan szikes talajok, SSA=enyhén szikes talajok, SAS=erősen szikes talajok, m=átlag, sd=szórás, NDVI=normalizált különbségi vegetációs index.

A táblázatban az oszlopokban függőlegesen mind az NDVI mind az albedó esetén a gyep és lucerna NDVI értékeinek kivételével az összes különbség szignifikáns (1% tévedési valószínűséggel). Mint a 22.táblázatban látható, a napraforgótáblák területe az erősen szikes területen mintegy kétharmada volt a potenciális szikes területen lévőknek. Emellett az NDVI értéke jelentősen kisebb volt, mintegy felére csökkent az erősebb szikesedés következtében. A búza hasonlóan mutatta a szikesedés hatását, tehát a termesztési feljegyzések felhasználása fontos a szikesedés ezen fokozatainak elkülönítésében.

A különböző szikesedési fokozatokba tartozó gyeppek és a lucerna vegetációs indexe nem mutatja, hogy a növekvő szikesedés csökkenő biomassza mennyiséggel jár. A kapott eredmények egyik lehetséges magyarázata, hogy a szikes növénytársulások szárazanyagtermelése, a szikesedés foka, a sótartalom, illetve kicserélhető nátrium mennyisége avagy a pH értéke, nem áll egyenes arányban a biomassza mennyiséggel. Erre vonatkozólag adatokat közölt Vargáné et al. (1982). Eszerint a sziki rét fűtermése nagyobb, mint a szikespusztai gyepé. Az eltérő szárazanyagtermelés oka az, hogy a szikes társulásokon a kémiai tulajdonságok mellett van egy másik döntő ökológiai tényező, amelyik meghatározza a növényi biomassza mennyiségét, a talaj vízgazdálkodása. A nedves társulások a legproduktívabbak, és a legszikesebb társulások a nedves és száraz társuláscsoport átmenetének közelében található (lásd "Változatos szikes pusztai növényzeti kategóriának szétválasztása" rész). Másik lehetséges ok, hogy a legeltetés és kaszálás eltüntethette a meglévő különbségeket, és ezáltal a szikesedés a műholdas távérzékelés számára értelmezhetetlenné vált. Hasonló okok játszhattak szerepet a lucerna esetében is a szikesedés hatásának meg nem nyilvánulásában. Dyer et al. (1991) ismerteti, hogy a vegetációs index használata során legeltetett területeken könnyen arra a következtetésre lehet

jutni, hogy a nem legeltetett terület termékenyebb, mint a legeltetett. Harmadik ok lehet, hogy a meglévő összes féltermészetes növénytársulás az erősen szikes talajok foltjába esik. Fentiek alapján az alkalmazott lépték (25.000) és a talajtérkép (Kreybig-féle átnézetes talajismereti térkép) a féltermészetes növényzettel fedett területek (és a lucernatáblák) szikesedési fokozatainak űrfelvételen történő elhatárolására nem bizonyult alkalmasnak.

Ezekkel az eredményekkel összevágunk Pásztor (szóbeli közlés) megfigyelései, aki a hortobágyi Nyírölapos-Nyárijárás 1:5.000 léptékű növényzeti térképének (Varga et al., 1982) alapján a szolonyeces puszta növényzeti kategóriáinak távérzékeléssel történő elkülöníthetőségét vizsgálta. A Landsat TM 2, 3, 4 és 5 sávok alapján a nedves társulások a szárazoktól jól elváltak, de az **Achilleo-Festucetum p.** és az **Artemisio-Festucetum p.** nehezen voltak elválaszthatók. A nedves társulások talajkémiaailag heterogének, a két szikes pusztai társulás pedig talajkémiaailag jól elválík (lásd "Változatos szikes puszta növényzeti kategóriáinak elválasztása" rész), tehát ebben az esetben a talajkémiai különbségek a távérzékelte felvételen nem manifesztálódtak jól.

Az eddigi tapasztalatok szerint a talajok szikesedésének nyomonkövetésére a fedetlen talajok vizsgálata az optimális (Colwell, 1983). Prettenhoffer, 1951 megjegyzi, hogy a szikes talajok feltalajának kivilágosodása arányos a szikesség fokozódásával. "A szikes feltalajának erősen kifakult színe már rendszerint nagyobb sótartalmat, vagy esetleg már nagyobb lúgosságot is jelent". Mivel az eddig ismertetett Landsat képen kevés fedetlen terület volt (július 1-én készült, lásd 13. függelék), egy SPOT műhold által készített felvételen másik időpontban vizsgáltuk a szikesedést.

A 13. függelék Karcag környékén a tipikus szántóföldi kultúrák szezonális állapotát mutatja be. A SPOT felvétel elkészítésének időpontjában (május 4.) jelentősen nagyobb volt a fedetlen területek borítása, mint a Landsat felvétel

készítésének időpontjában. A SPOT képen az NDVI alapján a képelemeket osztályoztuk, és így különböző világosságú osztályokat kaptunk. A feltételezetten növényekkel kevésbé borított világossági osztályok területi ("fedetlen talaj") arányát szikesedési kategóriánként összehasonlítottuk (23.táblázat).

23.táblázat

A fedetlen talajok kémhatás kategóriák szerinti százalékos területi megoszlása a SPOT XS alapján

NDVI borítás alkategória	Össz	PSA	SSA	SAS
	(% a területen belül)			
fedetlen/sötét	4,14	4,05	5,97	3,59
fedetlen/közepesen sötét	12,25	16,27	7,20	8,85
fedetlen/közepesen világos	7,95	6,84	5,06	10,34
fedetlen/világos	3,41	2,00	2,63	5,59
Összes fedetlen talaj	27,75	29,16	20,86	28,37

Megjegyzés: PSA=potenciálisan szikes talajok, SSA=enyhén szikes talajok, SAS=erősen szikes talajok, NDVI=normalizált különbségi vegetációs index.

A két világos kategóriába eső talaj alkategória előfordulása mintegy kétszeres volt az erősen szikes talaj esetén (Tóth et al., 1991c), azaz az erősen szikes talajokon belül mintegy kétszer annyi az erősen reflektáló képelemek aránya mint a potenciálisan és enyhén szikes talajok esetén.

Összefoglalás

Az NDVI, a normalizált különbségi vegetációs index értéke a kémhatáskategóriák között a gyepek és lucernatáblák kivételével szignifikáns különbséget mutatott. Egyes haszonnövények esetén az NDVI jelezte a szikesedés által a növényi biomasszára kifejtett hatást. Az albedó nem jelezte jól a fedetlen talajok szikesedési fokozatát, de az űrfelvételen a legvilágosabb talajok előfordulása az erősen szikes talajok kategóriájában volt a legmagasabb.

Összességében ahol a szikesedésben nagyok a különbségek, azaz a közeltermészetes növényzettel borított területeken, ott a biomassa és fényesség nem jól osztályoz, mert a sótartalom, ESP, pH mellett a talaj vízgazdálkodása az, ami a növényi biomassa mennyiségét megszabja. Ugyanitt és a lucernatáblákon a legeltetés, illetve a kaszálás korlátozza a biomassa érzékelésén alapuló távérzékeléses technikák alkalmazását, ezért a reflektancia értékek nem tükrözték a szikesedésben meglévő különbségeket. Ahol a szikesedésben kisebb különbségek várhatók, azaz a szántóterületeken ott a hagyományosan termesztett növények közül a búza és a napraforgó biomasszájában szignifikáns különbség mutatkozott.

A közeltermészetes növényzettel borított területeken az űrfelvétellel végzett szikesedési állapotfelmérés elvégzése akkor javasolható, ha a területeken nincs legelési, kaszálási hatás, illetve az még nem mutatkozott meg (koratavasszal), illetve ha a növényzeti típusok és a talaj vízgazdálkodása a növényzet típusaiban megnyilvánul (részleges vízállás). A termesztett táblák szikesedési fokozatának űrfelvételek segítségével végzett összehasonlításához tanulóterületül az 1:10.000 méretarányú üzemi genetikai talajtérképpel és táblatorzskönyvvel rendelkező területek alkalmasak. A szikesedés fokozatait a szikesedésre érzékenyebb haszonnövények, például a napraforgó állományai tükrözik jól.

Légifénykép alapján végzett térképezés

Problémafelvetés

A légifényképeket eredményesen használják a térképezés számos területén, többek között a vegetációtérképezésben is. Ezen munka során a feladatot a megbízó a következőkben határozta meg: "Nemzeti parkok védett területein kidolgozni a légifénykép alkalmazásával történő állapotfelvétel módszerét". Ehhez mintaterületül a nyírôlaposi szolonyeces

szikes pusztát választottuk, amelyen elkészítettük a vegetáció térképét.

A munkát az OKKFT Biológiai Alap kutatások program finanszírozta a "Közel-természetes és agrárökoszisztémák anyag és energiaforgalma szabályozásának talajtani, agrokémiai és talajbiológiai lehetőségei" című kutatási megbízással. A téma vezetője Rajkai Kálmán volt. Feladatom a légifelvételen Rajkai Kálmán és Kertész Miklós által elhatárolt foltok terepi azonosításában való részvétel volt, amit Rajkai Kálmánnal, Kertész Miklóssal és Pásztor Lászlóval együtt hajtottam végre. A feladatot Rajkai Kálmán fogalmazta meg.

Anyag és módszer

Légifényképezés

A szolonyeces szikes pusztá változatos növényzetének légifényképek segítségével végezhető térképezése Nyírôlapon folyt a Rajkai et al. (1988) által végzett és a késôbbi (Tóth et al., 1991a; Tóth és Rajkai, 1994) vizsgálatok színhelyén. A légifénykép 1988. augusztus 9-én 400 m repülési magasságban 80 mm fókusztávolságú objektívvel Agfacolor Aero infracolor IC anyagra készült. A felvétel eredeti léptéke 1:5.000 volt. Az értékeléshez 1: 1 000 léptékű színes papír montázst használtunk, ezt a 18.ábrán mutatjuk be.

A növényzeti foltok elhatárolása

Elsô lépésben az eltérô színű és mintázatú foltokat határoltuk el, amelyeket a színük alapján neveztünk el. Második lépésben terepbejárás során az elkülönített foltok növényzetét azonosítottuk. Ekkor nem csupán a növénytársulások feltérképezése, hanem a növényzet degradációs fázisának a számbavétele is a feladatunk volt. A légifelvétel jó felbontása következtében nagyszámú kategóriát különítettünk el.

Eredmények

Mivel a növényzeti térkép elkészítésével párhuzamosan a talajviszonyokat nem térképeztük, a talajtípusok csupán a területen korábban végzett szelvényfeltárások eredményeinek kivetítésével, illetve előzetes tapasztalataink alapján következtetünk. A területen a növényzet alapján a padkásszik komplexre jellemző réti szolonyec és réti talajok, valamint réti csernozjom talajok fordulnak elő.

A szikes legelő változatos formakincse, a felszíni alakzatok különböző skálában megmutatkozó változékonysága miatt a jelenlegi távérzékelési technikák közül az alacsony repülési magasságból végzett légifényképezés nyújthat csak elegendő információt az 1 méter körüli felbontású részletes állapotfelvételhez.

Az alkalmas fényképezési időpontot, magasságot, alapanyagot (hamis infravörös), a nagyítási léptéket a korábbi nagyobb felbontású terepi vizsgálatokat kiegészítve, az előzetes légifényképezési tapasztalatok alapján (Kertész et al., 1990) határoztuk meg.

Az interpretáció eredményeképpen a Nyírôlapos 200 x 800 m-es részéről 1:1000 méretarányú foltterkép készült.

Az interpretált mintaterületet döntő részben ürmös szikespuszta borítja, ezen kívül előfordulnak egyéb száraz és nedves szolonyeces növénytársulások (lőszlegelő, füves szikes puszta, vakszik, szikfok, szikes rét és szikes mocsár). E növénytársulások eloszlása nem egyenletes. A terület nyugati és keleti része között különbségek vannak. A nyugati részek felszíne sokkal enyhébb, fokozatosabb átmenetekkel jellemezhető, ezzel szemben a keleti félben a jelenleg is mocsaras mélyedés szomszédságában kiterjedt, jól tagolt felszíni levezetőrendszer nyomai láthatók. A két félre

különböző eróziós formák dominanciája jellemző. A nyugati részeken tapasztalható lepelerozió nagyobb területrészeket egyaránt érint. A felszíni vízfolyás és ennek következtében a lehordás az itt érintett talajfelületen többé-kevésbé egyenletes. Itt a növénytakaró fokozatosan vált egyik típusból a másikba. Itt is vannak azonban hálózatosan kialakult kisebb eróziós árkok, erecskék, melyek mentén a növényzet zonációja kifejezettebb. A keleti részre jellemző padkásodás során viszont a különböző térszínek közötti átmenetek meredek 5-10-30 cm-es partok formájában jelennek meg. Itt a növénytakaró típusátmenetei élesek (ld. 19. ábra).

A területen elkülönített növényzeti foltok ismertetését a 14. függelék tartalmazza.

A légifényképen elkülönített kategóriákat a növénytársulások alapján neveztük el. A növénytársulásokon belül a légifényképen elkülönített kategóriák a következő különbségeket mutatták meg: átmenet növénytársulások között (R2, M2, M5), növénytársulások komplex előfordulása (Z2, M4, R1, T, RK2, mind a területen legkiterjedtebb **Artemisio-Festucetum p.**-ben), gyomosodás (R4), térszíni különbségek és a felszíni vízvezető rendszerben elfoglalt helyzetben lévő különbségek (M6, Z3, K2, K1), talajeróziós formák (KZ, K3), taposás (R3, M4). A légifényképen három növénytársulás egy-egy kategóriával lett lehatárolva, ezek a **Pholiuro-Plantaginetum tenuiflorae**, a **Bolboschoenetum maritimae** és a **Scirpo-Phragmitetum communis** voltak.

A légifényképen a sziki gyepek nem mindegyik társulása különült el. A szolonyec talajok egyik legjellemzőbb társulása, a **Puccinellietum limosae** nem különült el önálló kategóriaként. Ennek oka nyilván a szikes puszta mikroszerkezetességében rejlik. A padkás szik formáció esetében ugyanis, ami a területen a **Puccinellietum** legfontosabb előfordulása, a légifelvételen nem lehetséges a padkatetõt, sziklankát (Varga et al., 1982) és szikfokot pontosan lehatárolni. Emiatt a **Puccinellietum** jobbra a

vizsgált terület keleti felében a szikpadkákkal komplex elrendeződésben figyelhető meg. Az Észak Hortobágyon megfigyelt szikes társulások közül ezen a területen önállóan nem volt jelen az **Agrosti-Beckmannietum eruciformis**, az **Eleochari-Alopecuretum geniculatae** és az **Agrosti-Glycerietum fluitantis**, bár a részletes bejárás során ezek elemeit, illetve karakterfajaikat megfigyelhettük.

Az *Agropyron repens* gyakrabban és több társulásban is jelen volt, a löszlegelő jellegű foltoktól az ecsetpázsitos sziki rétekig sok helyütt előfordult. Mivel ez a növényfaj közepes szárazságtűrűsű, a vízállást tolerálja, de "az alulról jövő vizet nem bírja" (Varga et al., 1982, p. 49.) az elmúlt évek aszályos időjárása következtében csökkenő talajvízszintek a terjedésének kedveztek.

A területen a talajvíz összetételének hirtelen (néhány cm-en belüli) megváltozása azonos térszínen eltérő növényzeti foltokat okozhat, amit eddig a réti jellegű foltok esetén írtak le (Rajkai et al., 1988, Tóth és Rajkai, 1994). Ez arra utal, hogy az idealizált szikes pusztai toposzekvencia (szikes mocsár - löszlegelő) érvényességét néhány dm-es magassági szinteken belül egyéb tényezők módosíthatják. Ezen hirtelen változások oka nem ismeretes, további feladatot jelent ezek vizsgálata. Az azonos magassági szinten belül megfigyelhető növényzetváltásoknak a növényzet alapján végzett talajtérképezésben van jelentőségük. A növényzettel nem fedett területek talaj-folt-térképének elkészítése során a megfigyelt pontok (szelvények vagy fúrások) között a foltok határát a domborzati térkép segítségével rajzolják be. A szolonyeces pusztán a növényzeti váltás azonos magassági szinten belül jelzi a talajtulajdonságok értékének hirtelen megváltozását, ezért a növényzeti váltás (légifénykép alapján, stb.) segíti a talajtérképezést.

Összefoglalás

A légifényképen, szín és mintázat alapján elkülönített foltok a terepi azonosítás tanúsága szerint a következő tényezők kombinációjaként jöttek létre: a növénytársulások komplex előfordulása, átmenete egymásba, a térszíni különbségek és a felszíni vízelvezető rendszerben elfoglalt helyzet, talajeróziós formák, taposás és gyomosodás.

Döntően **Artemisio-Festucetum p.**-vel borított területen azt várhatjuk, hogy az infravörös légifényképeken elkülönített foltok alkalmasak arra, hogy jelezzék egyes társulások homogén előfordulását, valamint a társulások komplex előfordulásában, a felszíni eróziós formákban, a taposásban és egyes (főként gyom) fajok elterjedésében meglévő eltéréseket.

Fentiek szerint az infravörös légifényképek ismételt alkalmazása a döntően ürmös szikespusztával fedett területeken információt nyújt a növényi társulások határvonalának megváltozásáról, a társulások komplex elhelyezkedésében, egyes degradációs jelenségek (erózió, gyomosodás, taposás) térnyerésében bekövetkezett változásokról és így a védett területek állapotfelmérésében fontos eszköz lehet.

Összefoglalás

A szolonyec talajok kezelési terveinek elkészítését azok nagyfokú heterogenitása erősen megnehezíti. A szolonyec talajokon a (természetvédelem vagy hasznosítás szempontjából elkülönítendő) kezelési egységek elkülönítését a féltermészetes növényzet vizsgálata elősegíti. A növényzet segítségével folttérképek és izovonalas talajtérképek készíthetők, illetve a növényzet figyelembevétele nélkül készített térképekhez képest, a növényzetet figyelembe vevő térképezés alacsonyabb költségigényű, és pontosabb térképezést enged meg.

A disszertáció eredményeinek összefoglalása:

1.) A szolonyec talajok rögzített mélységenkénti mintavétele a talajok rétegzettségére, illetve a talajtulajdonságok mélységi változatossága miatt erősen különböző genetikai szinteket keverhet össze, ezek a szintek azonban maguk is változatosak. A szolonyeces A szinten belül a mélységgel növekszik a pH, a sótartalom azonban egyöntetű. A szolonyeces B szinten belül a mélységgel a pH gyengén változik, a sótartalom nő a maximális érték eléréséig és ezután kissé csökken. A vizsgált **Artemisio-Festucetum p.** (közepes réti szolonyec) - **Puccinellietum l.** (kérges réti szolonyec) átmenet esetén 70 cm mélységtől lefelé a két társulás alatt a talaj pH és sótartalma egyöntetű volt, ettől kisebb mélységben azonban a közepes réti szolonyec szisztematikusan alacsonyabb értékeket mutatott.

2.) Két merőleges 50 m hosszú transzekten elhelyezett 120 pont két (0-5 és 10-15 cm) mélységben vett mintái alapján a padkásszik komplex növénytársulásait 76%-os pontossággal lehetett a talajkémiai tulajdonságok lineáris kombinációjával szétválasztani. 25 km²-es területen a hortobágyi puszta szikes mocsártól löszlegelőig terjedő növényzeti kategóriáit 184 pontos adathalmazban 62%-os pontossággal lehetett a 3 mélységben (0-10, 10-20 és 20-30 cm) meghatározott talajkémiai tulajdonságok lineáris kombinációjával szétválasztani. A két szétválás közötti különbség tükrözi, hogy a padkássziken a növényzeti foltok alapján végzett talajtulajdonság becslés pontossága felülmúlja a változatos, szikes mocsártól löszlegelőig terjedő növényzetű területen végzett becslését.

3.) A szolonyec talajokon szikesedéssel összefüggő talajkémiai tulajdonságok és növényfajok borítás-értékei közötti többváltozós regressziós egyenletek korrelációs koefficiense a terepi növénytársulástani felvételek során alkalmazott kvadrát mérettől, a vizsgált kvadrátok számától

és egymástól vett távolságtól függetlenül rendszerint 0,65 és 0,75 közé esett.

A növényi fajborítás és a talajtulajdonságok közötti korreláció alapját képezi a talajtulajdonságok számszerű becslésének mind a többváltozós regresszióanalízisben mind az egy- mind a többváltozós geostatistikában (krigelés és kokrigelés). A növényfajok borítás-értékét először használtam a talajtulajdonságok számszerű becslésére mind a többváltozós regresszióanalízisben mind a többváltozós geostatistikában. Irodalmi becslési pontosságokkal történt összehasonlítás alapján mindkét vizsgált becslő módszer alkalmas arra, hogy a talajtulajdonságok izovonalas térképezése során a vizsgált talajtulajdonságok értékeit ismeretlen pontokban segítségükkel becsülni lehessen. A becslő függvények paramétereit mindenegyik térképezendő területen külön kell meghatározni.

Bebizonyosodott, hogy a különböző talajtulajdonságok becslési pontosságának összehasonlítására újonnan bevezetett $E\%$ felülmúlja a becsült és mért érték közötti egyváltozós lineáris regressziós egyenlet korrelációs koefficiensét, mert figyelembe veszi a becsült és mért érték eltérésének abszolút értékét.

Megállapítottam, hogy egyazon fenofázisban, ugyanazon a padkásszik komplexen belül a 0-10 és 0-10 cm-es mélységekben meghatározott pH átlagértéke 6 év távlatában időben állandó maradt, ugyanakkor a sótartalom, a talajnedvesség és pH is a 0-10 cm-es mélységben nagyobb szóródást mutat mint a 10-20 cm-es mélységben. A mért értékek variációs koefficiense mindhárom évben hasonló volt.

0-10 cm távolságon belül (3 cm³ minta), a vizsgált 2 transzekten, 63 méter távolságon belül (200 cm³ minta) és a változatos szikes pusztán 7 km távolságon belül (200 cm³ minta) is a talaj pH és sótartalom értékei hasonló variációs koefficienst mutattak a vizsgálati léptéktől függetlenül.

4.) *A padkásszik komplex növényzeti kategóriái az összes borítás szélsőséges értékei miatt terepi reflektometriával szétválaszthatók. A reflektancia értékek összefüggést mutatnak azokkal a talajtulajdonságokkal amelyek a növényzeti kategóriák diszkriminancia analízissel történő elválasztásában a legnagyobb jelentőségűek voltak.*

5.) *Nagykunsági területek űrfelvételes távérzékelése során megállapítottuk, hogy a közeltermészetes növényzettel és lucernával borított területeken a biomaszában meglévő különbséget kimutatni hivatott változó a felszíni kémhatás kategóriákban nem mutatott szignifikáns eltérést. A sótartalom, ESP, pH mellett a talaj vízgazdálkodása az a tényező, ami a növényi biomasza mennyiségét megszabja. Ugyanitt a legeltetés és kaszálás korlátozza a biomasza érzékelésén alapuló távérzékeléses technikák alkalmazását, ugyanis a reflektancia nem tükrözi a szikesedésben meglévő különbségeket. Ahol a szikesedésben kisebb különbségek várhatók, azaz a szántóterületeken, ott a búza és napraforgó biomaszája a szikesedés fokától függő, szignifikáns különbséget mutatott.*

6.) *Hamisszínes infravörös légifényképnek a döntően ürmös szikespusztai vegetációval borított területen való alkalmazása során a légifényképen, szín és mintázat alapján elkülönített foltok a terepi azonosítás tanúsága szerint a következő tényezők kombinációjaként jöttek létre: a növénytársulások komplex előfordulása, átmenetet egymásba, a térszíni különbségek és a felszíni vízelvezető rendszerben elfoglalt helyzet, talajeróziós formák, taposás és gyomosodás.*

Konklúzió

A szolonyec talajok talajtulajdonságainak becslésében a többváltozós regresszióanalízis és a többváltozós geostatistikai eljárások lehetővé teszik, hogy ugyanolyan

becslési pontosság elérése mellett a csak talajmintavételen alapuló becsléshez képest a mintavételi és laboratóriumi vizsgálati költségek csökkenjenek.

A továbbiakban meg kell határozni a növényi borítás segítségével végzett becslés optimális léptékét.

A szikes talajok távérzékelése során külföldi példák (Atkinson et al., 1992) után meg kell vizsgálni a reflektanciának a többváltozós geostatisztikai alkalmazhatóságát különböző léptékekben.

Ezeknek a vizsgálatoknak a kivitelezése jelenleg az előkészítés fázisában van az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illet mindenkit aki a dolgozat elkészülésében segítségemre volt.

Kertész Miklós az egyes részmunkák során és a dolgozat szerkesztése, javítása során is sokat segített. A munka nem indulhatott volna meg ha Rajkai Kálmán nem teszi lehetővé, hogy az ő korábbi vizsgálatait folytathassam. Csillag Ferenc érdeme, hogy részt vehettem a terepi és műholdas távérzékelési munkákban, ez utóbbi Büttner György képelemzése nélkül lehetetlen lett volna. Rédly Mariann és Csillag Julianna a vizsgálati módszerek kiválasztásában, a laboratóriumi eredmények értelmezésében segített. Rajkai Kálmán, Várallyay György és Kummert Ágnes lehetővé tették, hogy olyan munkákban vegyek részt amelyekben lehetőség nyílt a szikes területek vizsgálatára.

A dolgozat javításában Kertész Miklóson kívül segített Pásztor László, Michéli Erika és Selmeczi Edit, a házivédés

opponensei, Bodrogek György, Rajkai Kálmán, továbbá Láng Edit, Szabolcs István és Várallyay György.

A terepi munkákban fentiekén kívül Szabó József, Bezzegh Mihály és Siedlerné Matus Judit vett részt.

A laboratóriumi elemzést Fehér Mária, Motsai Gézané, Nemes Andrásné, Siedlerné Matus Judit, Szabó Tivadarné, Tamás Zsuzsanna, Jorge Labrada és Zágoni Balázs végezte.

A rajzokat Ferkai Józsefné és Selmeczi Zsuzsanna segítségével készítettem el, a gépelési munkákat Kazó Béláné végezte.

Az esettanulmányok szervezeti keretei

A dolgozat csapatmunka eredménye, az igeragok (egyes és többes szám első személy) használata ezt tükrözi. Az alábbi felsorolás az egyes esettanulmányok résztvevőit és feltételeit kívánja bemutatni azért, hogy megítélhető legyen az, hogy mennyi szerepe volt a pályázónak azok megvalósításában. Külön kitérek arra, hogy az ismertetett munkát ki kezdeményezte.

A "A talaj kémiai tulajdonságainak változása a szelvényben" részben ismertetett munkát Roger Langohrral és Jorge Labradával közösen végeztem. A munka intézeti alaputatási alapból, kubai-magyar kétoldalú együttműködési forrásokból valamint Roger Langohr által szerzett utazási támogatásból volt finanszírozva. Roger Langohr végezte a talajrétegek szelvénybeli elhatárolását, és jellemzését. Jorge Labrada végezte a kismonolitok EC és pH mérését és részt vett a kismonolitok talajrétegeinek elhatárolásában és jellemzésében. A terepi munkák során Szabó József, a laboratóriumi eredmények értelmezése során Csillag Julianna nyújtott további segítséget. A szelvény "mezomorfológiai" (R. L. kifejezése) jellemzését Roger Langohr kezdeményezte, a növényzet leírása és a kismonolitokkal végzett munka elgondolásaim szerint lett kivitelezve.

A "Padkásszik komplex" részben ismertetett munkát két kutatási téma is támogatta. Az alapfeladatot, a növényzet és talaj közötti összefüggés vizsgálatát, illetve a talajtulajdonságok térbeli függése léptékének meghatározását Rajkai Kálmán tűzte ki és a "Természetvédelmi területek komplex vizsgálata, állapotváltozásainak nyomonkövetése és az optimális gazdálkodás feltétel-rendszerének kidolgozása" című, G-10 jelű OKTH megbízásos téma finanszírozta. Ebben a munkában a transzektek kijelölését és a vizsgálandó talajtulajdonságok kiválasztását Rajkai Kálmánnal együtt végeztem, a mintavételi terv elkészítése Kertész Miklós munkája volt. A dolgozatban ismertetett kérdésfelvetés az enyém volt.

A terepi reflektometriát ("Padkásszik komplex növényzetének kategorizálása terepi reflektometriával") egy US NSF által támogatott kutatási téma "Reflektancia mérések alkalmazása szikesedési és alkalinizálódási folyamatok azonosításában, monitoringjában és modellezésében", (Grant #INT-8721949) keretén belül végeztük. Ebben a munkában a terület és a növényzet jellemzését végeztem Kertész Miklós segítségével, a publikált statisztikai elemzést (nem a dolgozatban ismertetett összefüggésvizsgálatot) Csillag Ferenc végezte. A munka elvégzésében segített még Szabó József és Pásztor László. A terepen mért reflektancia értékeknek a növényzeti típusok elválasztására való felhasználása Csillag Ferenc elgondolása volt.

A "Változatos szikes puszták növényzeti kategóriáinak szétválasztása" részben ismertetett munkát az MTA TAKI "Kummert-féle PSTC" stábjával együtt végeztem. A kutatást a US AID PSTC finanszírozta (DHR-5600-6-00-1055-00 nyilvántartási szám), a pályázat címe "Szikes területek optimális felbontású térképezése", a témavezető Kummert Ágnes. Ebben a munkacsoportban a rám szabott főfeladat a talajtulajdonságok és a növényzet közötti összefüggés számszerűsítése a térképezés szempontjából, amit Kertész

Miklóssal együttműködve, főleg a saját elgondolásaim alapján hajtok végre.

A "A szolonyeces szikesedés távérzékelése űrfelvételekkel a Nagykunságban" részben ismertetett munkát részben az US NSF finanszírozta, a hazai témavezető Várallyay György, az USA témavezető Marion Baumgardner volt, a kutatási téma címe "Reflektancia mérések alkalmazása szikesedési és alkalinizálódási folyamatok azonosításában, monitoringjában és modellezésében", (Grant #INT-8721949) volt. Ebben a munkában a feladatom a terepi jellemzés, mintavétel, a referencia térképek elkészítése és az űrfelvételek talajtani értékelése volt. Az elemző munkában, a referencia térképek tervezésében közreműködött a téma hazai szervezője, Csillag Ferenc. Az űrfelvételek interpretációját Büttner György végezte. A koncepció Csillag Ferencé volt.

A "Légifénykép alapján végzett térképezés" részben ismertetett munkát az OKKFT Biológiai Alaputatások program finanszírozta a "Közel-természetes és agrárökoszisztémák anyag és energiaforgalma szabályozásának talajtani, agrokémiai és talajbiológiai lehetőségei" című kutatási megbízással. A téma vezetője Rajkai Kálmán volt. Feladatom a légifelvételen Rajkai Kálmán és Kertész Miklós által elhatárolt foltok terepi azonosításában való részvétel volt, amit Rajkai Kálmánnal, Kertész Miklóssal és Pásztor Lászlóval együtt hajtottam végre.

Függelékek

1. függelék

Egyes növényfajok ökológiai indikációs képessége Magyar (1928) után táblázatba foglalva

(+++ tiszta állomány, ++ nagyobb mennyiségben, n=nem, gy=gyengén, e=erősen, sz=szikes, szá=száraz, ib=időnkénti vízborítás, ü=üde, va=vízállás [s=sekély, m=mély], fk=felül kilúgzott, fs=felül sós, isz=iszapos, ed=eróziós terület, ku=kultúrhatás [szántás stb], agy=agyagos, ho=homokos, xe=xerofita, hig=higrofita, mez=mezofita, jó=jó talaj, kö=közepes talaj, ro=rossz talaj, ha=halofita, sós=sós talaj, vm=vízmosta, pa= part, tt=tiprást tûrô, es=erősen szódás, gs=gyengén szódás, gy=gyom)

2. függelék

Összefüggés a 'Sigmond-féle szikes talajosztályok és a növényzet között ('Sigmond, 1902)

Talajosztály	Növényzet
I.	<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Poa angustifolia</i> , <i>Trifolium repens</i>
II.	<i>Trifolium repens</i> , <i>Bromus mollis</i> , <i>Poa angustifolia</i>
III.	<i>Medicago lupulina</i> , <i>Festuca pseudovina</i>
IV.	vakszik, <i>Matricaria chamomilla</i> , <i>Camphorosma ovata</i> , <i>Hordeum gussonianum</i>

3. függelék

Rapaics (1927) és Treitz (1927) talajtípus-növényzet megfeleltetése

Talajosztály	Növénytársulás
Termőszik	Cynodon dactylon Ass. Lolium perenne Ass. Ischaemetum
Padkásszik	Chrysopogon gryllus Ass.
Vakszik	Pseudovinetum Camphorosma ovata Ass. vakszik Lepidium cartilagineum Ass. Puccinellia limosa Ass.
Sziklapos	Aster pannonicus-Puccinellia limosa Ass. Agrostis alba Ass. Beckmannia eruciformis Ass.

4. függelék

A 'Sigmond-féle szikes talaj osztályozás és az annak megfelelő Magyar-féle sziki növénytársulás besorolás

a. 'Sigmond (1927) talajosztályozása

Â. Összes só tartalom (%) alapján

I. Osztály	0	-0,1
II. Osztály	0,1	-0,25
III. Osztály	0,25	-0,5
IV. Osztály		> 0,5

ß. Szóda tartalom (%) alapján

I. Osztály	0	-0,05
II. Osztály	0,05	-0,1
III. Osztály	0,1	-0,2
IV. Osztály		> 0,2

_. Kombinált (számláló Â szerint, nevezô ß szerint)

I. Osztály	I/I
II. Osztály	
A.	II/I vagy I/II
B.	II/II vagy III/I
III. Osztály	
A.	III/II vagy II/III
B.	III/III vagy IV/II
IV. Osztály	
A.	IV/III vagy III/IV
B.	IV/IV

Ehhez a besoroláshoz a mintákat 0-30 cm-es és 30-120 cm-es mélységből vették (Tóth, 1972 p205, 'Sigmond, 1927, p59) .

b. A talajtípusok és a növényzet megfeleltetése Magyar (1928) szerint

Talajtípus 'Sigmond szerint

Növényzet Magyar szerint

Jelenlegi név

Magyar név

A. Száraz talajon

I. osztályú szikes talaj

Lolium perenne-Cynodon dactylon-Poa angustifolia asszociáció

Cynodonti-Poet.ang

lőszlegelő (degr.lőszpusztagyep)

II. osztályú szikes talaj

Festuca pseudovina asszociáció, **Achillea-Inula** szubasszociáció

Ach-Fest p.

fűves szikespuszta

III. osztályú szikes talaj

Festuca pseudovina asszociáció, **Artemisia-Statice** szubasszociáció

Art-Fest p.

ürmös szikespuszta

IV. osztályú szikes talaj

Camphorosma annua asszociáció

Camph a.

vakszik növényzet

B. Nedves vagy időnként elöntött talajon

I. osztályú szikes talaj

Agrostis alba-Alopecurus pratensis asszociáció

Agr-Alopecuretum p.

ecsetpázsitos sziki rét

Glyceria fluitans var. poiformis asszociáció

Agrosti-Glycerietum

harmatkásás szikirét

II. osztályú szikes talaj

Agrostis alba-Eleocharis uniglumis-Alopecurus geniculatus asszociáció

Agr-Eleo-Alopec gen.

csetkákás sziki rét

III. osztályú szikes talaj

Agrostis alba-Beckmannia eruciformis asszociáció

Agr-Beckmannietum e.

hernyópázsitos sziki rét

IV. osztályú szikes talaj

Puccinellia distans asszociáció*

Puccinellietum l.

mézpázsit szikfoktársulás

* A térképen **Bolboschoenus maritimus** ass., a szövegben **Bolboschoenus maritimus -Puccinellia limosa** ass. szerepel.

5. függelék

Bodrogközy (1965) talajtípus és növénytársulás rendszere a Hortobágy északi részére

Talajtípus	Növénytársulás
Szolonyeces réti t.	Beckmannion
Kilúgzott sz.r.t.	Agrosti-Glycerietum
Szolonyecesebb réti t.	Agrosti-Beckmannietum
Kissé szolonyeces r.t.	Agrosti-Alopecuretum
Réti szolonyec	Puccinellion limosae
Erősen kilúgzott iszapos r.sz.	Pholiuro-Plantaginetum myosuretosum
Erősen kilúgzott iszapos r.sz.	Pholiuro-Plantaginetum normale
Enyhén kilúgzott iszapos r.sz.	Pholiuro-Plantaginetum puccinellietosum
Mérsékelten kilúgzott iszapos r.sz.	Puccinellietum limosae hung. polygonetosum
Enyhén szoloncsákos kérges r.sz.	Puccinellietum limosae hung. normale
Mérsékelten szoloncsákos kérges r.sz.	Puccinellietum limosae camphorosmetosum
Mérsékelten szoloncsákos kérges r.sz.	Camphorosmetum annuae puccinelliosum
Erősen szoloncsákos kérges r.sz.	Camphorosmetum annuae typicum
Sztyeppesedő r.szolonyec	Festucion pseudovinae
Szoloncsákos kérgesen sztyeppesedő r. sz.	Artemisio-Festucetum camphorosmetosum
Enyhén kilúgzott kérgesen sztyep. r.sz.	Artemisio-Festucetum limonietosum
Mérsékelten kilúgzott kérgesen sztyep. r.sz.	Artemisio-Festucetum normale
Erősen kilúgzott kérgesen sztyep. r.sz.	Artemisio-Festucetum ceratodontetosum
Mérsékelten sztyeppesedő r.sz.	Achilleo-Festucetum artemisietosum
Mérsékelten sztyeppesedő r.sz. (mélyebben)	Achilleo-Festucetum normale
Mélyben sós r.csernozjom	Festucion sulcatae
Enyhén szolonyeces mélyben sós r. cs	Astragalo-Poëtum angustifoliae
Mérsékelten szolonyeces mélyben sós r. cs	Trifolio-Poëtum angustifoliae

6. függelék

Varga (1982) Nyírőlaposon leírt talaj-növényzet
megfeleltetése

Felszíni elem	Eróziós forma	Társulás	Talajtípus
lőszplató	nincs	Cynodonti-Poëtum angustifoliae	réti csernozjom
füves puszta	enyhe	Achilleo-Festucetum pseudovinae	(sztyep.) r. szolonyec
ürmös puszta	felszakadt gyep	Artemisio-Festucetum pseudovinae	réti szolonyec
vakszik	nincs A szint	Camphorosmetum annuae	lefejezett r. szolonyec
szikfok	1-2 cm A szint	Puccinellietum limosae	szoloncsákos lef. r. szolonyec

7. függelék

A Landsat TM (Thematic Mapper) és a SPOT Mûholdak
multispektrális letapogatóinak hullámsávjai (nm)

Spektrális sávok		A vegetáció elkülönítésének fizikai alapja		
Landsat		SPOT		
TM1	450-550			fotoszintetikus pigmentek abszorbcója
TM2	520-600	XS1	500-590	az egészséges növények zöld reflektanciája
TM3	630-690	XS2	610-680	klorofill abszorbció
TM4	760-900	XS3	790-890	a levélsejtek elrendeződése
TM5	1550-1750			levélszerkezet és nedvességtartalom
TM6	10400-12500			levélhőmérséklet
TM7	2080-2350			a levélszövetek víztartalma
Felbontás	30 m (TM6: 120 m)	10 m		
NDVI	(TM4-TM3) / (TM4+TM3)		(XS3-XS2) / (XS3+XS2)	

8. függelék

A Baksa et al. (1983) által javasolt geostatistikai
szakkifejezések

küszöbérték	sill
hatástávolság	range
röghatás	nugget
becslés várható szórása	estimation variance

9. függelék

A "A talaj kémiai tulajdonságainak változása szolonyec talaj szelvényében" részben ismertetett kisonolitok leírása

A. Közepes réti szolonyec, *Artemisio-Festucetum pseudovinae* borítással

0-1 cm. Gyepréteg, az átmenet éles.

1-4 cm. Masszív szerkezet, ami apró, erősen szerkezetes nem éles éllel határolt szemcsékre (subangular blocky -SBK- a Soil Survey Staff, 1951 szerint) nyomható szét. Vasfoltok, kemény, az átmenet éles. Száraz szín 2.5 Y 6.5/2, nedves szín 2.5 Y 4/2.

4-8 cm. Lamináris szerkezet, vasfoltokkal, 1 mm-nél kisebb vaskonkréciókkal, igen kemény, az átmenet éles. Száraz szín 2.5 Y 7/2, nedves szín 2.5 Y 4/3.

> 8 cm. Bt szint nagy prizmákkal amik igen apró szemcsékké nyomhatók szét. Az első centiméterben lemezes szerkezet. Kis kalcium karbonát konkréciók (< 2 mm foltok). Száraz szín 2.5 Y 6/2, nedves szín 2.5 Y 4/2.

A kisonolitban 8 cm-től lefelé pezsgés. Megfigyelt növények *Festuca p.* és mohák.

B. Kérges réti szolonyec, *Camphorosmetum annuae* borítással

0-0,2 cm. Kemény kéreg, vezikulákkal, lamináris felépítésű, az átmenet éles. Száraz szín 2.5 Y 8/2, nedves szín 2.5 Y 5/2.

0,2-3 cm. Lemezes szerkezet, másodlagosan szemcsés, kemény, az átmenet éles. A felszín alatt 1 cm-től lefelé vas-mangán konkréciók, nem gömb alakúak. Száraz szín 2.5 Y 8/2, nedves szín 2.5 Y 7/2.

3-5,5 cm. Igen apró prizmás szerkezetű igen kemény réteg. A prizmákban nincsenek pórusok, az átmenet éles. Száraz szín 2.5 Y 6/3, nedves szín 2.5 Y 4/2.

> 5,5 cm. Durva prizmás réteg, a prizmák enyhén rétegzettek, a szerkezeti elemek felülete rücskös (Reid et al., 1993 hasonló helyzetben lévő szelvényben a szerkezeti elemek felületén homok és iszap szemcséket talált), belül sok pórus és apró, 1 mm-nél kisebb konkréciók, az átmenet éles. Száraz szín $2.5 Y 7/2$, nedves szín $2.5 Y 4/2$.

A kisonolitban felszíntől lefelé egyre erősödő pezsgés. Megfigyelt növények *Camphorosma a.* és *Puccinellia l.*.

10. függelék

Az ökológiai értékek számítása a padkásszik komplex mintavételi helyeire

Zólyomi (1964), Zólyomi és társai (1966) és Soó (1964-1973) alapján számoltuk a T, azaz talaj hőmérsékleti igény, N, azaz talaj nedvesség igény, N, azaz talaj N-tartalom igény és R, a talaj reakció igény mutatókat. Ezenkívül a Raunkiaer-féle életforma alapján számoltuk a Raunkiaer értéket és bevezettünk egy új számszerű ökológiai értéket is, a Salt-ot amely a növények sőtűrőképességét jellemzi. A T, F, N és Raunkiaer értékeket Soó (1964-1973) alapján, az R-t Zólyomi és társai (1966) alapján használjuk. A Salt szintén Soó (1964-1973) nyomán lett bevezetve, az ott megadott kvalitatív jellemzés számszerűsítésével. Ezeknek az értékeknek a kategóriáiról a következő táblázat nyújt felvilágosítást.

A vizsgált ökológiai értékek számszerű értékei

Ökológiai érték típus	0	1	2	3	4	5
T (hőigény) hőközömbös		nagy- hideg- tűrésű	hideg- tűrő	kevésbé hidegtűrő	meleg- kedvelő	nagy melegigényű
F (talajnedvesség) közömbös		igen száraz nedvese- désre érzékeny	száraz időnként átnedve- sedő	friss se túl száraz se túl nedves	nyirkos hosszú száraz- ságot nem túri	nedves nem ki- száradó
N (a talaj nitrogén tartalma iránti igény) közömbös		trágyázatlan N-ben szegény termőhelyen	alig trágyá- zott	közepes N igényű	jóltrá- gyázott talajon	N-ben gazdag túltrágyázott talajon
R (talajreakció illetve pH igény) közömbös		teljesen mészkerülő	mészkerülő	mészkerülő semleges	semleges	mészkedvelő
nincs pH igény	pH<3	pH=4-6	pH=5-7,5	pH=6-8	pH>7	
Salt (sótűrés) közömbös		sótűrő	sókedvelő			
Raunkiaer életforma		Th therophyta egyéves	TH hemi- therophyta kétéves	G geophyta földben áttelelő	H hemi- kryptophyta talaj- felszínen áttelelő	Ch chamaephyta talajfelszín közeliében áttelelő

Az egyes növényfajok használt értékeit az alábbi táblázat mutatja be. Amikor nem egész számot használunk a forrás két értéket is megad, és azok számtani átlagát vettük. Az új R értékeket a szövegesen megadott mészigény (például "mészkedvelő, mészkerülő, közömbös) és az azonos nemzetségen belül előforduló irodalmi R értékek korreláltatásával kaptuk. Például a Podosperrum nemzetségben a Soó (1964-1973) által "mészkedvelő"-nek nevezett növényfajok (3) R szerinti minősítése Zólyomi és társai (1966) szerint 4 illetve 5 (kettő 5 és egy 4). Mivel pedig a P. canum Soó (1964-1973)-nál szintén a mészkedvelőként szerepel az R értéke 5 lett. Amikor a mészigényre nézve Soó (1964-1973) nem nyújtott útmutatást azt meg kellett becsülnünk.

A figyelembe vett növényfajok ökológiai értékei

Faj	T	F	N	R	Salt	Raunkiaer
<i>Agropyron repens</i>	0	2,5	3,5	0	0	3
<i>Artemisia santonicum</i>	3,5	2	2	<u>0</u>	2	4,5
<i>Camphorosma annua</i>	4	1,5	1	5	2	1
<i>Carex stenophylla</i>	3	2	2	4	1	3
<i>Festuca pseudovina</i>	3	2	1	0	1	4
<i>Hordeum hystrix</i>	4	2	3	<u>0</u>	2	1
<i>Pholiurus pannonicus</i>	4	0	1,5	<u>0</u>	2	1
<i>Plantago tenuiflora</i>	3	3	1	<u>3</u>	2	1
<i>Polygonum aviculare</i>	0	2,5	0	3	1	1
<i>Puccinellia limosa</i>	4	0	1,5	4	2	4
<i>Scorzonera cana</i>	4	3	1,5	<u>5</u>	1	4
<i>Trifolium fragiferum</i>	0	3,5	2,5	4	1	4

Megjegyzés: Az aláhúzott értékek saját becslések.

11. függelék

A padkásszik komplexen megfigyelt társulások összevonásának vázlata

Az összevonás lépései

1. érvényes, hogy

$$R2-P = R2$$

2. 8 kategóriára összesen

1 Pc

2 Ar-P

3 Ar-C

5 Ar

6 C

7 P

8 R2

3. 4 kategóriára a szűkítés a következő

Ar-P = Ar

Ar-C = Ar

Pc = P

így: 5 = Ar, Ar-C, Ar-P **Artemisio-Festucetum pseudovinae** és átmenetei
6 = C **Camphorosmetum annuae** és változatai
7 = P, Pc **Puccinellietum limosae** és változatai
8 = R2 réti jellegű folt

Az egyes rövidítések feloldása:

Ar = **Artemisio-Festucetum pseudovinae** asszociáció

C = **Camphorosmetum annuae** asszociáció

P = **Puccinellietum limosae** asszociáció

R2 = réti jellegű, magas fűvű folt *Agrostis albával*, *Agropyron repensszel*, *Hordeum hystrixszel*, *Pholiurus pannonicusszal*, *Poa pratensisszel* és *Carex stenophyllával*

Megjegyzés: A kötőjel (-) két társulás közötti átmenetet (Ar-P az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** és **Puccinellietum limosae** közötti átmenet), a kisbetű pedig jellemző növényfaj előfordulást (például Pc **Puccinellietum limosae** *Camphorosma annua* jelenlétével) jelöl.

12. függelék

A változatos szikes puszta növényzeti kategóriának szétválasztása során alkalmazott kategóriarendszer és felszíni minták friss 1:5 szuszpenzióban mért pH-ja és EC-je

Azonosító kód							
rövidítés							
esetszám							
felsz. pH ₅ EC ₅ (mS/cm) Összevonás							
(17 kat.) (9 kat.) (7 kat.)							

4	TrP	1	6.20	.080	4	4	4
5	ArF	119	6.76	.143	5	5	5
6	AgA	36	6.58	.108	6	6	6
8	Bec	5	6.44	.082	8	8	6
9	Puc	15	7.66	.409	9	9	3
11	AcF	51	6.07	.071	11	11	11
12	Agr	4	5.92	.055	12	5	5
14	SaF	5	7.06	.084	14	4	4
15	Bom	12	7.35	.309	15	7	3
16	Cad	5	6.70	.108	18	8	6
17	Gly	10	6.23	.102	17	7	6
20	AAA	18	6.55	.162	6	6	6
21	AAF	1	7.10	.090	11	11	11
23	AAP	3	6.13	.123	6	6	6
24	AcA	1	6.60	.060	11	11	11
25	AcP	2	6.30	.055	11	11	11
27	Ag2	1	6.70	.060	6	6	6
28	AgP	9	6.66	.095	6	6	6
29	APA	1	6.10	.130	5	5	5
30	APL	1	6.30	.070	5	5	5
31	APo	1	6.00	.070	12	5	5
32	APu	2	7.00	.430	5	5	3
34	ArH	3	6.33	.143	5	5	5
35	ArP	2	6.95	.110	5	5	5
37	ASF	1	7.40	.020	14	4	4
38	Caf	3	6.10	.056	10	10	6
39	Cas	2	6.65	.110	16	8	6
42	CyP	6	6.48	.100	4	4	4
43	ElA	2	6.35	.135	9	9	6
44	FPA	1	7.10	.080	5	5	5
47	Hor	5	6.94	.122	18	9	6
49	Juc	1	6.50	.050	6	6	6
54	PhP	3	6.53	.073	9	9	6
55	PIL	1	6.40	.170	4	4	4
57	PuP	1	6.80	.110	9	9	6
58	PTH	3	6.60	.043	4	4	4

A fenti kategóriák jellemzése

- AAA - AgA + agr
AAF - AcF + ArF
AAP - AgA + agr + pop
AcA - AcF + AgA
AcF - **Achilleo-Festucetum pseudovinae**
AcP - AcF + pop
Ag2 - AgA változat, kaszáló
AgA - **Agrosti-Alopecuretum pratensis**
AgP - AgA + pop
Agr - agr comm.
APA - ArF + pop + agr
APl - ArF + pll
APo - agr + pop comm.
APu - ArF + pul
ArF - **Artemisio-Festucetum pseudovinae**
ArH - ArF + hoh
ArP - ArF + pop
ASF - AcF + SaF
Bec - **Beckmannietum eruciformis**
Bom - **Bolboschoenetum maritimae**
Cad - **Caricetum distantis**
Caf - **Caricetum acutiformis**
Cas - cas comm.
CyP - **Cynodonti-Poëtum**
ElA - **Eleochari-Alopecuretum geniculati**
FPA - ArF + pop + agr
Gly - **Glycerietum maximae**
Gyl - Gyomos - Carduus nutans, Cirsium sp, pop, ach
Hor - hoh comm.
Juc - juc comm.
PhP - **Pholiuro-Plantaginetum tenuiflorae**
PIL - pll + inb + lop legelő
Puc - **Puccinellietum limosae**
PuP - pul + pop comm.
PTH - TrP + PIL + hoh
SaF - **Salvio-Festucetum sulcatae**
TrP - **Trifolio-Poëtum**

A fenti kategóriák jellemzésében előforduló növényfajok

ach - *Achillea sp.*
agr - *Agropyron repens*
cas - *Carex stenophylla*
hoh - *Hordeum hystrix*
inb - *Inula britannica*
juc - *Juncus conglomeratus*
lop - *Lolium perenne*
pll - *Plantago lanceolata*
pop - *Poa pratensis*
pul - *Puccinellia limosa*

13. függelék

A Nagykunság főbb szántóföldi növényeinek idealizált évi fejlődési szakaszai

Növény	J	F	M	Á	M	J	J	A	Sz	O	N	D
Búza	g	g	g	g	c	c	h	b	b	s	g	g
Repce	g	g	g	g	c	c	h	b	s	g	g	g
Kukorica	b	b	b	s	g	g	g	c	c	h	b	b
Cirok	b	b	b	b	s	g	g	c	c	h	b	b
Napraforgó	b	b	b	s	g	g	g	c	c	h	b	b

Mûhold | SPOT, '86.Május 2.
felvétel | Landsat TM, '87.Július 1.

|s =vetés|g =növekedés|c =magas állomány|h =betakarítás|b =fedetlen/tarló.

14. függelék

A légifényképen kódokkal azonosított növényzeti típusok

Az azonosítás során úgy tapasztaltuk, hogy a kódok és a típusok jól megfelelnek egymásnak. A terepbejárás eredményeképpen csak igen kis mértékben kellett módosítani a montázson történt elhatároláskor kialakított kódoláson. Ez azt jelenti, hogy a légifölvételt jól lehetett növényzeti típusokkal interpretálni. Az alábbiakban közöljük a térképi kódok listáját a növénytársulások alapján csoportosítva.

(**Salvio-Festucetum sulcatae** és változatai)

R4 - Szélsőségesen bolygatott magaskórós, gyomos társulás *Daucus carotával* és *Cichorium intybus*-szal. Valószínűleg egykori álláshely.

M1 - Az **Achilleo-Festucetum**-ból kiemelkedő magasabb térszinű, zavart löszlegelő jellegű folt, *Koeleria g.* előfordulással.

R2 - Rövid fűvű **Achilleo-Festucetum**, kissé az ezen a területen hiányzó löszlegelő felé mutató folt. *Koeleria g.* és *Agropyron r.* mellett *Salvia pratensis* és *Althaea officinalis* is található benne. A világosabb részeken tömeges a *Bromus m.*, a sötétebb részek pedig bolygatottak.

(**Achilleo-Festucetum pseudovinae** és változatai)

KZ2 - **Achilleo-Festucetum pseudovinae** sok *Bromus m*-szal és *Koeleria glauca*-val.

M6 - **Achilleo-Festucetum** sok *Bromus m*-al. Viszonylag magasabb helyen fekszik. Eltérően a korábbi **Agrosti-Alopecuretum** jellegű átmenetektől, itt *Achillea*-s állományban jelentkeznek szálanként a szikes réti növényfajok.

(**Artemisio-Festucetum pseudovinae** és változatai)

Z2 - Általában dús **Artemisio-Festucetum**, de jelentős arányban tartalmaz ecsetpázsitos szikirét foltokat és kisebb területre korlátozódó *Agropyron repens*-es, *Alopecurus p*-os foltokat. A kis térszíni különbség miatt

fokozatos **Artemisio-Festucetum** és **Agrosti-Alopecuretum** közötti átmenetben a további kiszáradás miatt feldúsult az *Agropyron r.*.

K3 - Mint a K2. Igen egyenletes, homogén állományú, ami minden bizonnyal a lepelerózió, mint uralkodó erózióforma kizárólagosságával van összefüggésben.

Z3 - Felnyíló **Artemisio-Festucetum**, megjelenésében az **Artemisio-Festucetum** és szikfok közötti átmenet. A lepelerózió terméke. Összetételében ezt a mélyebb foltokon nagy borítást nyújtó *Nostoc communis* és a *Camphorosma a.* megjelenése indikálja. Elhelyezkedése átmeneti az igen tagolt padkás szikes és a mélyen fekvő, viszonylag homogén **Pholiuro-Plantaginetum** között.

R3 - A K2-re emlékeztető **Artemisio-Festucetum**, sok *Bromus m*-szal és *Hordeum h*-el. A korábbi erőteljes taposást indikálja.

K2 - Magasfűvű **Artemisio-Festucetum** sok *Bromus mollis*-szal, *Cynodon dactylon*nal. A montázs pirosabb színe tömegesebb növényzetre utal. A magasabb részeken tömeges az *Achillea sp.* is. Többnyire moha fedi a talajfelszínt, alacsonyabb térszínen pedig *Nostoc c.*. Van több, 3-6 m átmérőjű, rózsaszínnel kiugró folt, ahol a *Bromus m.* kevesebb, a fű kisebb, de az *Artemisia santonicum* több. Ez a típus a száraz szikes puszta vízösszefolyási helyei közül az alacsonyabbakat reprezentálja, hiszen közvetlenül kapcsolódik a **Pholiuro-Plantaginetum**hoz, de tartalmaz foltokat az ecsetpázsitos sziki rétből és a füves szikespusztából is, és szálanként növényfajokat a löszlegelőből. Olyan átmeneti formáció, amely a viszonylag magas egykori vízfolyás partja és a belső sekélyebb szikér között helyezkedik el. Eróziós alakzatai komplexen tartalmazzák a padkásodás jellegű képződményeket és a lepelerózió nyomait is.

M2 - Átmenet a Z1 és Z2 között. Található benne *Euphorbia cyparissias*-os, *Hordeum hystrix*-es folt, kórók, zsombékok, sok *Artemisia s.*. A két típus jól elkülönül, de a légifénykép léptékében ez az elkülönülés nem nyilvánvaló. Akárcsak a Z2, ez is kis térszíni váltást indikál. Az **Artemisio-Festucetum** és az **Agrosti-Alopecuretum** nem élesen, hanem szigetszerűen és növényfajaiban folyamatosan megy át egymásba. A szukcesszió jelenlegi iránya az **Artemisio-Festucetum** további terjedésének

kedvez. Ezen típusban is megfigyelhető az R4-nél is említésre kerülő nagy mértékű bolygatás.

M5 - Az R3 átmenete Z1-be, azaz *Hordeum h*-es, *Bromus m*-os taposott **Artemisio-Festucetum** átmenete tipikus ecsetpázsitos sziki rétbe.

M4 - *Hordeum h*-es **Artemisio-Festucetum** valamint **Agrosti-Alopecuretum** mozaikos együttese. A szélsőséges taposás következménye.

R - Mint az R3. A magasabb részen **Achilleo-Festucetum** van, a széle réti jellegű, sokkal gyengébb, tarkább állomány.

R1 - Mint a K2, de sok **Achilleo-Festucetum**-os folttal és vakszikkal mozaikosan. Emlékeztet a T-re, de a változások léptéke itt jóval kisebb.

T - A legváltozatosabb felszínű terület, nagyon tagolt padkásszikes, szikfokos, vakszikes sáv. A padkátetőn **Artemisio-Festucetum**, *Camphorosma annua* és moha. Tekinthető a korábbi típusok komplexumának is ami a korábbi vízfolyások, erek partján kis sávban összezsúfolódva jelenik meg.

RK2 - Az R és K2 komplexe, mindkét önálló típus tulajdonságainak megőrzésével.

(**Camphorosmetum annuae** és változatai)

KZ - A padkásszik-formációtól független **Camphorosmetum annuae** állomány a gyékényes-nádas és a száraz szikicsenkeszes gyep között. A **Scirpo-Phragmitetum** partvonalát vakszikkolt sáv is követi a **Camphorosmetum**-on belül. Nyilván a magasabb térszínről a szikesmocsár felé irányuló erős erózió terméke. Ez az erózió nagyobb területet érint, de ahol a legintenzívebb, ott kopár vakszikkolt jelenik meg.

I - Kopár vakszik. Ennek a típusnak az előfordulása szinte csak a nagyobb felszíni dinamizmust mutató K-i félre korlátozódik, ami azt mutatja, hogy a gyors és heves eróziós jelenségek idézik elő a vakszik képződését. A típus jellemző növényfaja a névadó *Camphorosma annua*, de ennek borítása csekély, ezért a formáció az amorf kavasav borítás miatt messziről észlelhető és a légifelvételen is jól kivehető.

(**Pholiuro-Plantaginetum tenuiflorae**)

K1 - Pholiuro-Plantaginetum tenuifoliae sok *Artemisia santonicum*mal. A felszíni vizek összefolyási helye. Van benne *Pholiurus pannonicus*, *Alopecurus geniculatus*, *Puccinellia limosa*, *Plantago tenuifolia*. Ez a szikfoktársulás származhat az **Agrosti-Alopecuretum**-ból mint a kiszáradás és alkalizálódás következménye. Ennek megfelelő a növényfajösszetétele is.

(**Agrosti-Alopecuretum pratensis** és változatai)

Z1 - Zsombékos Agrosti-Alopecuretum, azaz tipikus ecsetpázsitos sziki rét, benne *Agrostis alba*, *Alopecurus pratensis*, *Beckmannia eruciformis*, *Agropyron repens*, *Glyceria fluitans*.

M3 - Mint a Z1, de sok nyílt *Hordeum hystrix*-es folttal, ami a terület korábbi nagymértékű taposására utal.

A - Agrosti-Alopecuretum, folyamatos átmenettel a Z2-be. Ez a típus a fokozatos lepelerózió jellemző terméke.

(**Bolboschoenetum maritimae**)

BV2 - Bolboschoenetum, amely főleg elszigetelten az **Artemisio-Festucetum pseudovinae**-ban jelenik meg a legmélyebb, 1-2 m átmérőjű depressziókban. A társulás döntő tömegét a névadó *Bolboschoenus maritimus* alkotja, kísérő növényfaj a *Schoenoplectus tabernaemontani*. A foltok nyáron sem száradnak ki ami a hozzájuk vezető csatornáknak, folyásoknak köszönhető.

(**Scirpo-Phragmitetum communis**)

BV - A kompakt foltok szélén **Bolboschoenetum maritimi**-val (és esetleg **Agrosti-Alopecuretum pratensis**-szel) határolt, gyékényes nádas állományok. (**Scirpo-Phragmitetum communis**). Fajösszetételük tükrözi a sziki környezet hatását. Uralkodó növényfajok a *Phragmites communis*, *Typha angustifolia*,

de jelen van a *Cirsium brachycephalum* és a *Schoenoplectus lacustris* is. Ezek a foltok egy összefüggő mocsaras részben valamint az úttal párhuzamosan, hosszan elnyúló sávban (árok és útépítés eredménye) figyelhetők meg. Ezek a terület legmélyebb fekvésű részei.

ZB - Mint a BV, valamivel magasabb térszínen. A rendkívül aszályos nyarakon nyár végére rendszerint kiég benne a növényzet.

Irodalomjegyzék

- Anderson, D. W. 1987. Pedogenesis in the grassland and adjacent forests of the Great Plains. *Advances in Soil Science*. 7: 53-93.
- Arany, S. 1934. A hortobágyi szikes talajok. in: Sajó E. és Trummer Á. (eds.) *A magyar szikesek*. Pátria. Budapest.
- Arany, S. 1956. A szikes talaj és javítása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Atkinson, P. M., R. Webster and P.J. Curran 1992. Cokriging with ground-based radiometry. *Remote Sensing of Environment*. 41:45-60.
- Baize, D. 1988. *Guide des analyses courantes en pédologie*. INRA. Paris.
- Baksa L. et al. 1983. A geostatisztika alapfogalmai. *Geostatisztikai Munkabizottság*.
- Ballenegger, R. 1929. Les méthodes de la cartographie des sols alcalins (salins). pp. 9-12. in: *Transactions of the Alkali-Subcommission of the International Society of Soil Science*. Volume A. Budapest.
- Battle, J., J. Gumuzzio, and M. Moral 1988. Remote sensing applied to soil salinity survey in the central region of Spain. in: *Solonetz soils. Problems properties utilization*. (Proceedings of ISSS Subcommission Symposium, 1988, Osijek) pp142-149.
- Beckett, P. H. T. and R. Webster 1971. Soil variability: a review. *Soils and Fertilizers*. 34:1-15.
- Black, C. A. (ed.) 1965. *Methods of soil analysis*. 2. Ser. Agronomy 9. Amer. Soc. Agron. Inc. Publish. Madison
- Bodrogközy, Gy. 1965. Ecology of the halophilic vegetation of the Pannonicum. II. Correlation between alkali ("szik") plant communities and genetic soil classification in the Northern Hortobágy, *Acta Botanica Hungarica*, 11:1-51.
- Bodrogközy Gy. 1977. A Pannonicum halophyton társulásainak rendszere és synökológiája. *Kandidátusi értekezés*. Szeged.
- Burgess, T. M., R. Webster and A. B. McBratney 1981. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. IV. Sampling strategy. *J. Soil Sci*. 32:643-659.
- Burrough, A. P., év nélkül. *Ruimtelijke analyse*. Diktaat bij het kollege Ruimtelijke Analyse. Utrecht.
- Burrough, A. P. 1983a. Multiscale sources of spatial variation in soil. I. The application of fractal concepts to nested levels of soil variation. *J. Soil Sci*. 34:577-597.
- Burrough, A. P. 1983b. Multiscale sources of spatial variation in soil. II. Non-Brownian fractal model and its application in soil survey. *J. Soil Sci*. 34:599-620.
- Burrough, A. P. 1993. The technologic paradox in soil survey: new methods and techniques of data capture and handling. *ITC Journal* 1993-1. 15-22.
- Buzás I. (szerk.) 1988 *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv* 2. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Campbell, J. B. 1978. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two soil mapping units. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 42:460-464.

- Carter, M. R. and J. B. Pearen 1985. General and spatial variability of solonchalic soils in North Central Alberta. *Can. J. Soil Sci.* 65: 157-167.
- Chapman, V. J. 1960. Salt marshes and salt deserts of the world. Leonard Hill, London.
- Clark, I. 1987. *Practical geostatistics*, Elsevier. London.
- Colwell R. N. (szerk.) 1983. *Manual of remote sensing*. American Society of Photogrammetry. Falls Church. Virginia
- Cressie, N. and D. L. Zimmermann 1992. On the stability of the geostatistical method. *Mathematical Geology*. 24:45-59.
- Csillag, F., L. Pásztor L. and L. L. Biehl 1991. Spectral band selection for characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing of Environment*. 43:231-242.
- CSS: Statistica. 1991. StatSoft, Tulsa
- Dahiya, I. S., J. Richter and R. S. Malik. 1984. Soil spatial variability: a review. *Intern. J. Trop. Agri.* 2:1-102.
- Darab K. 1955. A vetésforgó néhány növényének hatása tiszántúli talajaink szikesedési viszonyaira. *Agrokémia és Talajtan* 4:305-310.
- Darab, K. és K. Ferencz 1969. *Öntözött területek talajtérképezése*. OMMI Budapest.
- Davis, J. C. 1986. *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley. New York.
- Delver, P. and L. T. Kadry. 1960. Estimation of saturation-extract conductivities from saturation-paste conductivities and textures from saline soils in Mesopotamian Plain. p. 370-376. In F. E. Bear (ed.) *Trans. 7th Int. Congress Soil Sci.* Madison, WI. 15 Aug. Int. Soc. of Soil Science, Madison, WI.
- Dimo, N. 1903. Kratkij (predvarityelnij) ocserk pocsvvenno-geologicszeszkih uszlovij juga Szaratovszkoj gubernyiji. *Pocsvovegyenyije*. 5. (2) 221-231.
- Dyer, M. I., C. L. Turbner, and T. R. Seastedt 1991. Remote sensing measurements of production processes in grazinglands: the need for new methodologies. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 34: 495-505.
- Englund, E. and A. Sparks 1988. *GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's Guide*. Environmental Monitoring Systems Laboratory. U. S. EPA, Las Vegas.
- Favrot, J. C., R. Bouzigues, D. Tessier, and V. Valles. 1992. Contrasting structures in the subsoil of the boubènes of the Garonne basin, France. *Geoderma*. 53:125-137.
- Fireman, M. and H. E. Hayward 1952. Indicator significance of some shrubs in the Escalante desert, UTAH. *Botanical Gazette*. 114: 143-155.
- Glazovskaya, M. A. 1983. *Soils of the World*. A. A. Balkema. Rotterdam.
- Glinka, K. 1914. *Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung*. Verlag von Gebrüder Borntraeger. Berlin
- Greig-Smith, P. 1984. *Quantitative plant ecology*. Blackwell Scientific Publications Ltd. Oxford

- Hajrasuliha, S., N. Baniabassi, J. Metthey and D. R. Nielsen 1980. Spatial analysis of soil sampling for salinity studies in Southwest Iran. *Irrigation Science*. 1:197-208.
- Hamlett, J. M., R. Horton and N. A. C. Cressie 1986. Resistant and exploratory techniques for use in semivariogram analyses. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:868-875.
- Harris, F. S. 1920. *Soil alkali*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Hilgard, E. W. 1910. *Soils*. The McMillan Co., New York.
- Horiba, év nélkül. C-122 Na⁺ Ion Meter, C-131 K⁺ Ion Meter, C-141 NO₃⁻ Ion Meter. Termékismertető.
- Horiba, év nélkül. Compact Conductivity Meter. C-172/173. Termékismertető.
- Horiba, év nélkül. Compact pH Meter C-1. Termékismertető
- Hortobágyi, T. és Simon, T. 1981. *Növénytársulástan és ökológia*. Tankönyvkiadó. Budapest.
- Houba, V. J. G., J. Ch. van Schouwenburg and I. Novozamsky 1979. *Soil analysis I*. Agricultural University. Wageningen.
- ILACO, 1981. *Agricultural compendium*. Elsevier. Amsterdam.
- Joffe, J. S. 1949. *Pedology*. New Brunswick, New Jersey.
- Journel, A. G. and Ch. J. Huijbregts 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press. London
- Juhász-Nagy, P. 1984. *Beszélgetések az ökológiáról*. Mezőgazdasági Kiadó Budapest.
- Kapoor, B. S., Rózsavölgyi J. és Rédly L. 1986. Szikes és réti talajok fizikai-kémiai tulajdonságainak és ásványi összetételének vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 35: 317-340.
- Kearney, T. H. et al. 1913. Indicator significance of vegetation in Tooele Valley, Utah. *Journ. of Agric. Res.* 1:365-417.
- Keller, B. A. 1940. Rasztyityelnoszty zaszoljennih pocsv SzSzsZR. in *Rasztyitelnoszty SzSzsZR*.
- Kertész M., Rajkai K. és Tóth T. 1990. Légifényképezés alkalmazása védett termőhelyek vizsgálatában. *Környezetgazdálkodási kutatások 3. A G-10 jelű OKKFT Program keretében végzett kutatások. G10*. Budapest. pp.62-100.
- Khudyakov, I. I. 1965. The vegetation cover as an indicator of the chemical composition and depth of ground waters. in: *Plant indicators of soils, rocks and subsurface waters*. pp. 16-18. ed. Chikishev, A. G. Authorized translation from the Russian of the proceedings of the Conference on Indicational Geobotany, 1961. Consultant Bureau Enterprises. New York.
- Kreybig L. 1937. *A Földtani Intézet talajvizsgáló felvételei és a térképezés módszere*. MÁFI. Budapest
- Krupszkij, N. K., A. M. Alekszandrova i Ju. I. Lapkina 1968. Zaviszimoszt aktivnoszti ionov natrija v pocsv o sztepeni ijo uvlazsnenija. *Pocsvovedenie*. (3) 70-80.
- Lavado, R. S. and M. A. Taboada 1987. Soil salinization as an effect of grazing in a native grassland soil in the Flooding Pampa of Argentina. *Soil Use and Management*. 3:143-148.

- Laslett, G. M., A. B. McBratney, P. J. Pahl and M. F. Hutchinson 1987. Comparison of several prediction methods for soil pH. *Journal of Soil Science*. 38:325-341.
- Leeuw, J., Munck, W., Oloff, H. and J. P. Bakker. 1993. Does zonation reflect the succession of salt-marsh vegetation? A comparison of an estuarine and a coastal bar island marsh in the Netherlands. *Acta Bot. Neerl.* 42:435-445.
- Leszták J-né és Szabolcs I. 1959. Néhány összefüggés a hortobágyi szikes talajok padkásodása és fizikai tulajdonságai között. MTA Agrártudományi Osztály Közleményei. 209-224.
- Magyar P. 1928. Adatok a Hortobágy növényzociológiai és geobotanikai viszonyaihoz. *Erdészeti Kisérletek*. 30. 26-63.
- Marchand, D. 1987. Etude sur un traitement informatique des données sur une parcelle de parc naturel de Hortobágy. Grenoble.
- McBratney, A. B. and R. Webster 1983. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. V. Co-regionalization and multiple sampling strategy. *J. Soil Sci.* 34:137-162.
- MSZ 08 Szikes talajok kémiai tulajdonságainak vizsgálata
- Nagy M. és Korpás E. 1956. A hazai szikesek talajföldrajzi vázlata. *Földrajzi Értesítő*. 1956 (2) 161-184.
- Nielsen, D. R. and M. H. Alemi 1989. Statistical opportunities for analyzing spatial and temporal heterogeneity of field soils. in: Clarholm, M. and L. Bergström (eds.) *Ecology of arable land*. pp 261-272. Kluwer Academic Publisher.
- Nortcliff, S. 1978. Soil variability and reconnaissance soil mapping: a statistical study in Norfolk. *J. Soil Sci.* 29:403-418.
- Oertli, J. J. and D. Müller 1985. Competition between two grass species under salinity and alkalinity stress. *Agrochimica*. 29: 445-457.
- Oertli, J. J. and E. Molnár 1986. Correlation between microrelief, soil characteristics and plant cover in a heterogenous salt affected area. *Transactions of the XIII. Congress of the International Society of Soil Science. Extended informative summaries. Vol. 4.* p.1530.
- Oertli, J. J. and K. Rajkai 1988. Spatial variability of soil properties and the plant coverage on alkali soils of the Hungarian Pussta. pp. 156-161. *Proceedings of the international symposium on solonetz soils, problems, properties and utilization. Eszék, 1988. június 15-21.*
- Ogunkunle, A. O. 1986. Spatial variability of some chemical properties in two Ultisol mapping units in Southern Nigeria. *Soil Survey and Land Evaluation*. 6:26-32.
- Oliver, M. A. 1987. Geostatistics and its application to soil science. *Soil Use and Management*. 3:8-20.
- Pando, M., R. T. Lange, and A. D. Sparrow 1992. Relations between reflectance in Landsat MSS wavebands and floristic composition of Australian chenopod rangelands. *Int. J. Remote Sensing*. 13:1861-1867.
- Petrova, I. K. 1988. About the possibilities of using the vegetation for the indication of the chemical soil properties. in: *Soils of solonetzic territories and methods of their investigations. Moscow. Dokuchaev Soil Institute.* pp.134-141. (oroszul)

- Précsényi I. 1975. Szikespusztai rét növényzetének produktivitása. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Prettenhoffer I. 1951. A mésztelen szikesek részletes felvétele és vizsgálata talajjavítás céljából. Agrártudomány. 3:77-81.
- Rajkai K. 1988. Sziki legelő változatosságának értelmezése a talajtulajdonságok elemzésével. p158. I. Magyar Ökológus Kongresszus.
- Rajkai K., D. Marchand and J. J. Oertli 1988. Study of the spatial variability of soil properties on alkali soils. pp 150-155. Proceedings of the international symposium on solonetz soils, problems, properties and utilization. Eszék, 1988. június 15-20.
- Rajkai K., J.J. Oertli and J. Hartmann 1986. The variability of soil properties of a cross section and its coherence with plant cover. Transactions of the XIII. Congress of the International Society of Soil Science. Extended informative summaries. Vol. 4. pp.1247-1248.
- Rapaics R. 1916. A Hortobágy növényföldrajza. Gazdasági lapok. 68: 88-89, 102-103, 115-116, 124-126
- Rapaics, R. 1927. The indicating native vegetation of the "szik"-soils in Hungary. pp.16-28. in: ed. Treitz, P.. Preliminary report on the alkali-land investigations in the Hungarian Great-Plain in the year 1926. Budapest.
- Reid, D. A., R. C. Graham, R. J. Southard and C. Amrhein 1993. Slickspot soil genesis in the Carrizo Plain, California. S. S. S. Am. J. 57: 162-168.
- Rengasamy, P., and K. A. Olsson. 1991. Sodicity and soil structure. Aust. J. Soil Res. 29:935-952.
- Richardson, A. J., A. H. Gerbermann, H. W. Gausman and J. A. Cuellar 1976. Detection of saline soils with Skylab multispectral scanner data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 42: 679-684.
- Roberts, R. C. 1950. Chemical effects of salt-tolerant shrubs on soils. Fourth International Congress of Soil Science. Transactions. Volume 1. 404-406.
- Robinson B. F. and L. L. Biehl 1979. Calibration procedures for measurement of reflectance factor in remote sensing field research. SPIE 196:16-26.
- Russo, D. 1984. Design of an optimal sampling network for estimating the variogram. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:708-716.
- Sampson, A. W. 1939. Plant indicators - concepts and status. The botanical review. 5:pp. 155
- Samra, J. S., H. S. Gill, R. Anlauf and J. Richter 1989. Geostatistical evaluation of soil sodicity and growth of *Melia azedarach* Linn. as simultaneous stochastic processes. Soil Science. 148. No.5. 361-369.
- Shainberg, I. 1984. The effect of electrolyte concentration on the hydraulic properties of sodic soils. 49-64. in: I. Shainberg and J. Shalhevet: Soil salinity under irrigation. Ecological Studies 51. Springer Verlag. Berlin.
- Shainberg, I. and J. Letey 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. Hilgardia. 52:(2) 1-57.
- Shantz, H. L. 1911. Natural vegetation as an indicator of the capabilities of land for crop production in the Great Plains area. N. S. Dept. Agric., Bureau of Plant Industry, Bull. No. 201. Washington.

- Shantz, H. L. and R. L. Piemeisel 1924. Indicator significance of the natural vegetation of the southwestern desert region. Journ. of Agric. Res. 28.
- 'Sigmond E. 1902. A békéscsabai öntözött szikes réten végzett sómeghatározásokról. Kísérletügyi Közlemények. 5. 47-69.
- 'Sigmond E. 1927. Hungarian alkali soils and methods of their reclamation. University of California Printing Office, Berkeley
- Singh, A. N. and R. S. Dwivedi 1989. Delineation of salt-affected soils through digital analysis of Landsat MSS data. Int. J. Remote Sensing. 10:83-92.
- Slavich, P. G. and G. H. Petterson 1993. Estimating the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil:water suspensions and texture. Aust. J. Soil Res. 31: 73-81.
- Soil Conservation Service. 1984. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. USDA. Soil Survey investigations Report No. 1
- Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual. USDA-SCS Agric. Handb. 18. U. S. Gov. Print. Office, Washington.
- Soil Survey Staff. 1990. Keys to Soil Taxonomy. SMSS Technical Monograph No. 19. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Solovyov, D. A. 1991. Evaluation of the long-term soil salinization dynamics for the purposes of ameliorative system reconstruction by means of remote sensing. in: Genesis and control of fertility of salt-affected soils. (Proceedings of ISSS Subcommission Symposium, 1991, Volgograd) pp157-160.
- Soó R. 1964-1973. A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve I-VI. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SPSSX. 1984. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Stefanovits P. 1963. Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó. Budapest
- Stefanovits P. 1975. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- Sváb, J. 1979. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szabolcs, I. 1954. Hortobágy talajai. mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szabolcs, I. 1961. A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Szabolcs, I. 1966. A genetikus üzemi talajterképezés módszerkönyve. OMMI. Budapest.
- Szabolcs, I. 1989. Salt-affected soils. CRC Press, Boca Raton
- Szabolcs I. és Molnár E. 1980. A talajképződés tényezői és talajképződési folyamatok Cegléd környékének szikes területein. Agrokémia és Talajtan. 29:7-34.
- Szilágyi, A. and M. F. Baumgardner, 1991. Salinity and spectral reflectance of soils. Proc. ASPRS Annual Convention, Baltimore, March 1991, pp.430-438.
- Szujkó-Lacza, J. (ed.) 1982. The flora of the Hortobágy National Park. Akadémiai Kiadó. Budapest.

- Tessier, D., B. Bouzigues, J. C. Favrot, and V. Valles 1992. Influence de micro-relief sur l'évolution texturale des argiles dans les sols lessivés de la vallée de la Garonne. Différenciation des structures vertique ou prismatique. C. R. Acad. Sci. Paris. 315. 1027-1032.
- Timkó I., 1912. Jelentés 1912. évi oroszországi tanulmányutamról. A Magyar Királyi Földtani Intézet 1912. évi jelentéséből. 314-348.
- Tóth A. 1988. Degradálódó hortobágyi löszgyepek reliktum feltjainak synökológiai viszonyai. 11-83. in: Tudományos kutatások a Hortobágyi Nemzeti Parkban. Debrecen.
- Tóth B., Jassó F., Leszták J-né és Szabolcs I. 1972. Szikések fásítása. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Tóth T. 1989. Néhány összefüggés a réti szolonyec talajok egyes kémiai, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai között. DATE Tudományos Közlemények. 28:561-575.
- Tóth, T. and M. Kertész. 1993a. Mapping the degradation of solonetzic grassland. Agrokémia és Talajtan. 42:43-54.
- Tóth, T. y M. Kertész. 1993b. Utilización de la relación entre la vegetación y suelo en una pradera seminatural. El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación. Actas del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. III. 1425-1432.
- Tóth T. and K. Rajkai. 1994. Soil and plant correlations in a solonetzic grassland. Soil Science (4) (nyomdában)
- Tóth, T., F. Csillag and Gy. Büttner. 1991c. Satellite remote sensing of salinity-alkalinity in the Great Hungarian Plain. Proceedings of International Symposium Impacts of Salinization and Acidification on Terrestrial Ecosystem and its Rehabilitation. September 26-28, Fuchu, Tokyo. 100-107.
- Tóth, T., F. Csillag, and M. Kertész. 1991b. Studies on the quantitative mapping of solonetz-like grassland. Proc. Int'l.Symp. "Genesis and control of fertility of salt-affected soils", in Volgograd, September 9-15. 78-82.
- Tóth T., Csillag F., L. L. Biehl and Michéli E. 1991a. Characterization of semi-vegetated salt-affected soils by means of field remote sensing. Remote Sensing of Environment. 37:167-180.
- Treitz P. 1924. A sós és szikes talajok természetrajza. Stádium. Budapest.
- Treitz, P. 1927. The "szik" lands in the Great-Central-Plain of Hungary ("Alföld"). pp.5-15. in: ed. Treitz, P.. Preliminary report on the alkali-land investigations in the Hungarian Great-Plain in the year 1926. Budapest.
- Treitz P. 1934. Csonka-Magyarország sós és szikes talajai. in Sajó E. és Trummer Á. (szerk) A magyar szikések. Pátria. Budapest. 177-206.
- Urbancsek J. 1953. A Hortobágy földtani képződményei. MÁFI Évi Jelentése.
- U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agric. Handb. 60. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC..
- Várallyay Gy.1967. A dunavölgyi talajok sófelhalmozódási folyamatai. Agrokémia és Talajtan. 16:327-356.
- Várallyay, G. 1981. Extreme moisture regime as the main limiting factor of teh fertility of salt-affected soils. Agrokémia és Talajtan. 30. (Suppl.):73-96.

- Varga Z-né 1984. A Hortobágyi Nemzeti Park sziki gyepeinek fitocönológiai viszonyai és szukcessziós kapcsolatai, Bot. Közlem. 71:63-78.
- Varga Z-né., Varga Z. és Nyilas I. 1982. Nyírölapos-Nyári járás: Talaj, növényzet, állatvilág, Hortobágyi Nemzeti Park, Debrecen.
- Vauclin, M., S.R. Vieira, G. Vachaud and D. R. Nielsen 1983. The use of cokriging with limited field soil observations. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:175-184.
- Vetier A. 1991. Szemléletes mérték- és valószínűségelmélet. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Vieira, S. R., J. L. Hatfield, D. R. Nielsen and J. W. Biggar 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomic properties. Hilgardia. 51. No.3. 1-75.
- Waisel, Y. 1972. Biology of halophytes. Academic Press. N. Y.
- Warrick and D. E. Myers 1981. Spatial dependence of physical properties of a Typic Torrifluent soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:709-715.
- Warrick, A. W., D. E. Myers and D. R. Nielsen 1986. Geostatistical methods applied to soil science. in: Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. ASA, SSSA, Madison.
- Webster R. 1989. Is regression what you really want? Soil use and management. 5:47-53.
- Webster, R. 1979. Quantitative and numerical methods in soil classification and survey. Clarendon Press. Oxford.
- Webster, R. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semivariogram and punctual kriging. J. Soil Sci. 31:315-331.
- Webster, R. 1983. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. V. Co-regionalization and multiple sampling strategy. J. Soil Sci. 34:137-162.
- Webster, R. 1985. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In Advances in Soil Science. Volume 3. B. A. Stewart (ed.) Springer-Verlag, New York, pp.1-70.
- Webster, R. and H. E. Cuanalo de la C. 1975. Soil transect correlograms of North Oxfordshire and their interpretation. J. Soil Sci. 26:176-194.
- Wendelberger G. 1950. Zur Soziologie der Kontinentalen Halophytenvegetations Mitteleuropas. Bécs.
- Wessman, C. A. 1991. Remote sensing of soil processes. Agriculture, Ecosystem and Environment. 34: 479-493.
- Whitney, M. and T. H. Means 1897. An electrical method of determining the soluble salt content of soils. USDA Division Soils Bull. 8. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Wilding, L. P. 1984. Spatial variability: its documentation, accommodation and implication to soil surveys. in: Soil spatial variability. Proceedings of a Workshop. Pudoc, Wageningen. pp 166-194.
- Xu, Jiyan and R. Webster 1984. A geostatistical study of topsoil properties in Zhangwu county, China. Catena. 11:13-26.
- Yates, S. R. and A. W. Warrick 1987. Estimating soil water content using cokriging. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:23-30.

- Yates, S. R. and M. V. Yates 1989. Geostatistics for waste management: a user's manual for the GEOPACK Geostatistical Software System. U. S. Salinity Laboratory, Riverside.
- Yuanchu, S. and X. Jingrong 1988. Remote sensing for surveying and mapping of salt-affected soils. pp. 104-110. Proceedings of the international symposium on solonetz soils, problems, properties and utilization. Eszék, 1988. június 15-21.
- Zólyomi B. 1946. Természetes növénytakaró a Tiszafüredi öntözôrendszer területén. Öntözésügyi Közlemények. 1945-46. 63-74.
- Zólyomi B. 1964. Methode zur ökologischen Charakterisierung der Vegetationseinheiten und zum Vergleich der Standorte, Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 10:377-416.
- Zólyomi B., Baráth Z., Fekete G., Jakucs P., Kárpáti I., Kárpáti V., Kovács M. und Máté I. 1966. Einreihung von 1400 Arten der ungarischen Flora in ökologische Gruppen nach TWR-Zahlen. Fragmenta Botanica. 4:104-142.

Tartalom

Bevezetés	2
A vizsgálatok alapelve	3
A szolonyec talajok egyes tulajdonságainak elemzése a növényzet figyelembevételével	4
Célkitűzés	7
Irodalmi összefoglaló és kutatási előzmények	9
Növényi indikáció	9
A szikes talajtípusok és növényzet megfeleltetése agyagos szikeseken	10
Az erózió és a növényzeti szukcesszió közötti kapcsolat a szolonyec talajokon	13
A szikes talajok távérzékelése	15
A talajtulajdonságok és a növényzet korrelációjának vizsgálata statisztikai módszerekkel	16
Többváltozós regresszióanalízis (MRA)	16
Diszkriminancia-analízis (DA)	17
A talajok változatossága és a térbeli interpoláció	19
Közvetlen kutatási előzmények a Hortobágyon	25
Anyag és módszer	27
Eredmények és megbeszélésük	30
A talaj kémiai tulajdonságainak változása szolonyec talaj szelvényében	30
Szolonyeces termôhelyek növényzeti típusainak szétválása	41
Padkásszik komplex növényzetének osztályozhatósága	41
Változatos szikes puszta növényzeti kategóriáinak szétválasztása	50
Talajtulajdonságok számszerû becslése	54
Szolonyec talajok tulajdonságainak becslése többváltozós regressziós egyenletekkel	54
Regressziós egyenletek Bodroγκözy adataival	55
Regressziós egyenletek Magyar adataival	58
Regressziós egyenletek Nagykunsági adatokkal	60
Regressziós egyenletek padkásszik komplexben	61
Összefoglaló táblázat a talajtulajdonságokat becslô regressziós egyenletekrôl	64
Különbözô eljárások összehasonlítása a padkásszik komplex talajtulajdonságainak becslésére	66
A növényzet kategorizálása távérzékeléssel	79
Padkásszik komplex növényzetének kategorizálása terepi reflektometriával	79

A szolonyeces szikesedés távérzékelése űrfelvételekkel a Nagykunságban	83
Légifénykép alapján végzett térképezés	91
Összefoglalás	95
Konklúzió	97
Köszönetnyilvánítás	98
Az esettanulmányok szervezeti keretei	98
Függelékek	101
Irodalomjegyzék	120