

MTA DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Szikes talajok tér- és időbeli változatossága

Tóth Tibor

Budapest

2002

1. BEVEZETÉS

Aki valaha is tüzetesen megszemlélte egy szikes területet, legyen az szántó, legelő, vagy rét, szembesült azzal, hogy a kialakult közhellyel ellentétben az alföldi szikes puszták nem unalmas, egyforma, hanem éppen ellenkezőleg, minden térléptékben foltokra, övezetekre

bontható a felszínen és a felszín alatt is. A szikes talajok ökológiai szerepét, illetve termékenységét alapvetően az oldható nátrium sók jelenléte határozza meg, emiatt egyszerűen áttekinthető rendszerek, ugyanakkor egyedülálló a rajtuk megfigyelhető mozaikosság. E jellegzetesség sokoldalú vizsgálata már több mint egy évszázada folyik.

A szikes talajok kutatása világszerte a talajtani kutatások első vonalába tartozik, mivel a szikesedés, elsősorban az öntözés következtében bekövetkező másodlagos szikesedés által befolyásolt területek nagysága egyre nő, emiatt a folyamat gazdasági jelentősége nagy. A szikes talajok kutatása szempontjából kedvező feltétel az, hogy a szikesedés jól vizsgálható terepi mérőeszközökkel, így a folyamat térképi ábrázolása könnyen megvalósítható. Az elmúlt évtizedek jelentős összefoglaló munkái mellett (Kovda et al., 1973, FAO, 1976, Bresler et al. 1982, Shainberg és Shalhevet, 1984) a legutóbbi években is láttak napvilágot kizárólag ezzel a tárgykörrel foglalkozó könyvek (Szabolcs, 1989, Tanji, 1990, Ghassemi et al., 1995, Chhabra, 1996, Sumner és Naidu, 1998, Rhoades et al., 1999), amely jelzi a témi iránt megmutatkozó folyamatos érdeklődést.

A hazai szikes kutatások során ugyanezen idő alatt szintén több száz közlemény és több könyv jelent meg. Kétségtől minden hazai talajtípus közül a szikes talajok kapták a legtöbb tudományos figyelmet annak ellenére, hogy a szikesek kiterjedése és gazdasági jelentősége meg sem közelíti a mezőségi talajokét vagy barna erdőtalajokét. A szikesekre irányuló különleges figyelmet a huszadik századi sajtósági társadalmi változások és a talajtani tudomány fejlődésének időbeli egybeesése magyarázza meg.

A dolgozatban ismertetett munka a szikes talajok tér- és időbeli változatosságával összefüggő olyan alap(kutatási) kérdéseket vizsgál, amelyek a kérdéskörrel találkozó kutatók számára rögtön felvetődnek. A kérdések nem újak, de az általunk adott válaszok annyiban azok, hogy túllépnek a kvalitatív értékelésen, minden esetben statisztikai számításokon alapulva kvantifikálják az összefüggéseket, és lehetőséget nyújtanak kiszámítható megbízhatóságú becslésre (predikcióra).

2. CÉLKITŰZÉS

A hazai szikesek kialakulásáról több, sokszor, egymással ellentmondásban álló elmélet létezik. Ezek érvényességét két térléptékben is tanulmányoztuk. Megvizsgáltuk, hogy mi a szikes talajok képződését befolyásoló tényezők szerepe és jelentősége egy néhány hektáros változatos megjelenésű szikes mintaterületen belül.

2.1. Az Alföld térléptékében azt kutattuk, hogy milyen tényezők határozzák meg a szikes talajtípusok elhelyezkedését. A következő kérdés az volt, hogy a talajképző tényezők ismeretében adott pontban milyen pontossággal tudjuk megbecsülni hogy ott a talaj szikes-e vagy nem.

2.2. Megvizsgáltuk, hogy milyen összefüggések vannak a szikes talajok egyes tulajdonságai között, mely fizikai tulajdonságok értékei mutatnak összefüggést a szikesek legfontosabb kémiai tulajdonságaival (sótartalom, nátriumosság, pH).

2.3. A szikes talajok térképezése továbbfejlesztésének egyik lehetősége a növényzetnek mint kiegészítő adatforrásnak a felhasználása. Ezért vizsgáltuk, hogy miként lehet a szikes talajok tulajdonságait a növényzet alapján megbecsülni.

2.4. A szikes talajok térképezésének másik jelentős kiegészítő adatforrása a távérzékelte felvételek nagy bősége. Szükséges ismerni, hogy mennyiben járul hozzá a távérzékelés a szikes talajok tulajdonságainak becsléséhez azért, hogy felvételek alapján térben és attribútum értékben pontosabb térképeket készíthessünk.

2.5. A szikesedés folyamata időben változó. Az okszerű földhasználat és természetvédelem is igényli a talaj szikesedési állapota előrejelzésének lehetőségét. Ezért vizsgáltuk, hogy milyen tényezők befolyásolják a talajok sótartalmának időbeli változását.

2.6. Napjainkban a talajhasználati, a természetvédelmi, a környezetvédelmi problémák megoldásához digitális térinformatikai adatbázisokat használnak. Vizsgálatainkban arra a kérdésre kerestünk választ, hogy az alapvető, talajokra vonatkozó digitális térképi információk segítenek-e a társadalom által aktuálisan felvetett problémák hatékony megoldásában.

Az általunk követett megközelítés oknyomozó jellegű, és eljut a mechanisztikus becslésig, illetve előrejelzésig, amikor számszerűsíteni kívánja a talaj sótartalmát befolyásoló tényezők hatását.

Miután vizsgálataink eredményeképpen a hazai viszonyok között alapvető megállapításokat tettünk, vállalkoztunk arra, hogy a már kipróbált módszereket konkrét feladatok megoldására szubtrópusi-trópusi viszonyok között is alkalmazzuk.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A talajmintavételi tervek a kitűzött célokkal összefüggésben készültek. A térbeli variabilitás vizsgálatok során legtöbbször beágyazott véletlenszerű mintavételi tervet használtunk, amely megengedte, hogy a mintavétel térbelileg reprezentatív legyen, ugyanakkor a véletlen változatosság leírását is lehetővé tette. A térinformatikai vizsgálatok során a mintavételi terveket összetett számítások, numerikus szimulációk alapján hoztuk létre. A növényzettel és távérzékeléssel kapcsolatos vizsgálatok során az adott vizsgálati objektum jellemzésének megfelelő reprezentativitású mintavételt végeztünk. A négyelektródos sómérő (terepi talaj-elektromos-vezetőképességmérő) kalibrálását a műszer hossz tengelye mellett elhelyezett két furatban vett minták adott mélységenkénti egyesítésével kapott mintákban végeztük.

A mintavételi pontok koordinátáját térképi tájolással, illetve terepi műholdas lokalizációs műszerrel, nagyobb pontosság igény esetén pedig mérőállomással határoztuk meg.

A mintavétel mélységét a talajképződési vizsgálatok során a feltárt szelvények genetikai szintjei határozták meg. A művelt területeken és a természetes növényzettel való összefüggést vizsgáló tanulmányok, valamint az időbeli változással kapcsolatos vizsgálatok során meghatározott mélységenként vettük a talajmintákat kézi fűróval. A távérzékelési vizsgálatok során a felszíni rétegre korlátoztuk a mintavételt.

A talaj és növényminták vizsgálatra történő előkészítése a szabvány szerint történt.

A vizsgálatok során a hazai és nemzetközi szikes kutatási gyakorlatban elterjedt vizsgálati módszereket használtuk mind a terepen mind a laboratóriumban.

A terepi vizsgálatok folyamán a talajszuszpenziók elektromos vezetőképességét és pH-ját helyszíni műszerekkel határoztuk meg. A talaj színét Munsell-féle színtáblával határoztuk meg, a talaj penetrométeres ellenállását kézi rugós penetrométerrel mértük. A talaj helyszíni elektromos vezetőképességét a 0-40 cm-es mélységre vonatkozóan négyelektródos sómérővel határoztuk meg.

A laboratóriumi vizsgálatok folyamán a talaj szikesedési állapotának jellemzésére a talajváltozatosság és időbeli vizsgálatok során 1:2,5-es pH szuszpenziót használtunk, és abból határoztuk meg az elektromos vezetőképességet, pH-t és pNa értéket is. Egyéb talajparamétereket a szabványok szerint vizsgáltunk.

A távérzékeléses vizsgálatok során fekete-fehér és színes légifényképeket, műhold digitális állományokat, illetve papírképeket használtunk. A terepi reflektometriai vizsgálatokat hordozható reflektométerrel végeztük.

A növényzet jellemzését a Braun-Blanquet iskola által bevezett társulástabella alapján végeztük.

A mérési adatok gyűjtését, rendezését, feldolgozását táblázat- és adatbáziskezelő programok segítségével végeztük.

A statisztikai vizsgálatok során minden esetben legelőször előzetes adatelemzést végeztünk az adatok eloszlásának, szórásának, összefüggéseinek feltárására. A hipotézisek vizsgálatára variancia analízist, korreláció elemzést, regresszióelemzést, diszkriminancia-analízist használtunk. A kategória-változók összefüggésének szorosságát a keresztábrában számolt bizonytalansági tényező értéke alapján határoztuk meg. A nemparaméteres próbák közül a Kendall-féle tau-b korrelációs vizsgálatot és a Mann-Whitney próbát használtuk. A nominális változók numerikussá alakítására a HOMALS algoritmust használtuk. A változók közötti összefüggést nominális és numerikus változók együttes vizsgálata esetén regressziósfa technikával vizsgáltuk.

A változók térbeli függésének vizsgálatára a geostatistika módszertanát, a szemivariogram-analízist, krigelést használtuk.

A munkák során az ArcView térinformatikai rendszert használtuk az összetett térbeli elemzések és statisztikai értékelések végrehajtásakor.

4. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA TÉMAKÖRÖNKÉNT

4.1. A SZIKES TALAJOK TÉRBELI VÁLTOZATOSSÁGA MINT A TALAJKÉPZŐDÉSI FOLYAMATOK IRÁNYÁNAK ÉS ERŐSSÉGÉNEK INDIKÁTORA

4.1.1. *A talaj kémiai tulajdonságainak horizontális és vertikális változása hortobágyi szolonyec talaj szelvényében*

Reprezentatív helyszíni, valamint laboratóriumi vizsgálatok alapján kimutattuk, hogy a szolonyec talajokon a szikpadka növényzet talaja (közepes réti szolonyec) és a vakszik⁺ avagy a szikfok⁺⁺ növényzet talaja (kérges réti szolonyec) eltérő talajszerkezetet mutat, ami a talajok képződésében meglévő különbségeket tükrözi. A talajok ugyancsak különböznek a pH és az 1:2,5 szuszpenzióban mért elektromos vezetőképesség (EC) szempontjából. A belőlük vett minták különböző, de érintkező értéktartományú adathalmazokat alkotnak. A szikpadka növényzet alatt 70 cm mélységig a talaj pH-ja és sótartalma kisebb, mint a vakszik és a szikfok növényzet alatt, a különbségek ezen mélység alatt eltűnnek.

Egy szelvényen belül a mélység szerint a pH érték jelentős különbségeket mutat. A kérges réti szolonyec A szintjében a kloridionok dominanciája következtében a pH semleges körüli. A pH értékét döntően a lúgosan hidrolizáló sók aránya és a sótartalom határozza meg. A közepes réti szolonyec és kérges réti szolonyec 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.

A szolonyeces B szinten belül a pH-különbségek függőlegesen és vízszintesen kisebbek voltak mint az A szinten belül. Megerősítést nyert, hogy a szolonyec talajok rögzített mélységenkénti mintavétele igen különböző szinteket keverhet össze, ugyanakkor maguk az egyes szintek sem homogének.

⁺ Növényi társulásnév, hivatalos megnevezése „bárányparéjos vakszik növényzet” (**Camphorosmetum annuae**). A szikes mikrodomborzatnak az a része ahol a talaj kopár, padkásszik esetén közvetlenül a padkalejtő melletti övezet, legtipikusabb növénye a bárányparéj (*Camphorosma annua*), talaja kérges réti szolonyec.

⁺⁺ Növényi társulásnév, hivatalos megnevezése „mézpázsitos szikfok növényzet”(Puccinellietum limosae). A jórészt kopár felszínben mélyedések alakultak ki, ahol a víz összegyűlik, részben elfolyik, más része elpárolog, legtipikusabb növénye a sziki mézpázsit (*Puccinellia limosa*), talaja kérges réti szolonyec.

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 növényzettel nem borított talajon.

4.1.2. A sófelhalmozódás földtani tényezőinek statisztikai vizsgálata a hortobágyi Nyírölapos mintaterületen

Hortobágyi vizsgálataink során földtani tényezők, úgymint a talajvíz sótartalma, összetétele, az altalaj szemcsemérete, a térszíni fekvés (felszíni magasság) és a talajvízmélység, valamint a talaj sótartalma közötti összefüggéseket írtuk le egy 0,3x0,8 km-es mintaterületen. A kitűzött cél érdekében 29 fúrást mélyítettünk 10 méterig, majd nemparaméteres statisztikai próbával vizsgáltuk a földtani tényezők és a talaj sótartalma közötti összefüggéseket.

A vizsgálati terület az alföldi változatos szolonyeces puszta jellemző képviselője. A területen belül a legnagyobb szintkülönbség 1,76 m volt, a felszíni térszín változatosságát tendenciájában követte a talajvíz tengerszint feletti magassága. A talajvíz elektromos vezetőképessége 0,8-20,0 mS/cm értéktartományban váltakozott az egyes fúrópontok között. A 0-40 cm-es réteg 3 év alatt meghatározott átlagos $EC_{2,5}$ -je 1,4 és 2,5 mS/cm között váltakozott. Nyolc növényzeti társulástípust különítettünk el a területen belül, és ezek elhelyezkedése tükrözi a magasság és sótartalom, valamint az ezekkel szorosan összefüggő vízellátottság övezetességét. A megfigyelések és a vizsgálati eredmények arra utalnak, hogy a területen található talajok az időben és térben változatos talajvízszint hatása alatt fejlődtek ki, és a területen belül a térszíni fekvés a talajok sófelhalmozódásában meglévő térbeli változatosság döntő tényezője.

A talajvízszint mélysége és a talajvíz összetétele összefüggést mutat a térszíni fekvéssel, ezek hatását pedig a földtani rétegzettség módosítja, amely a feltalaj sótartalma és a növényzet változatos megjelenését eredményezi. A kalcit ($CaCO_3$) felszín alatti eloszlása összefüggést mutatott a talaj sótartalmával.

A feltalaj sótartalmát meghatározó fő tényező esetünkben a térszíni fekvés volt. Mivel csupán a szikes talajláncolat alsó részét vizsgáltuk földtani fúrásokkal, magasabb térszíni fekvéshez nagyobb feltalaj sótartalom tartozott. Fontos szerepe volt a talajvízszint felszín alatti mélységének: sekélyebb talajvízszinthez nagyobb feltalaj sótartalom tartozott. A vizsgált esetben a talajvízszint ingadozási mélységében a nagyobb átlagos szemcseméret - feltehetően az erősebb kapilláris vízemelés miatt - egyre nagyobb feltalaj sótartalommal járt együtt, ezt a kalciumkarbonát tartalom növekedése is kísérte. Amikor „regressziós fa” technikával, földtani tényezőkből kiindulva a fúrási helyek felszíni sótartalmát becsültük, a legjobb becselő változók a térszíni fekvés és a felszín alatti rétegek szemcsemérete voltak, az összefüggés szorosságát jellemző korrelációs koefficiens értéke 0,80 volt.

A vizsgált tényezőknek a szikesedés szempontjából vett, jelen térléptékbeli fontossági sorrendje nem különbözik lényegesen az egész Alföld térléptékében (l 4.1.5. rész) meghatározott sorrendtől.

4.1.3. Karcagi művelt mintaterület talajának variabilitása a sófelhalmozódás tényezői szerint

Egy nagykunsági 2,5x2,5 km-es terület 67 pontján helyszíni vizsgálatának alapján jellemeztük és elemeztük a talajok sófelhalmozódásának tényezőit. A vizsgálat célja egymástól különböző, de homogén foltok elkülönítése volt, amelyeken a sófelhalmozódás numerikus szimulációval vizsgálható.

Igazoltuk, hogy minél magasabb volt a talajfelszín térszíni fekvése, annál nagyobb volt a talajvízszint terepfelszín alatti mélysége. A talajvízszint felett közvetlenül elhelyezkedő talajrétegek sótartalma egyenes arányban állt a talajvíz elektromos vezetőképességével.

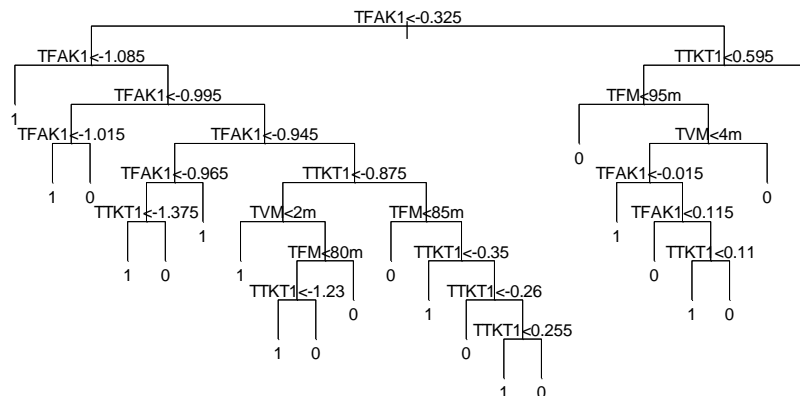
A „Quick Cluster” algoritmus alkalmazásával a változók többdimenziós térben négy csoportot különítettünk el. A csoportok elválásában a legfontosabb változók a sófelhalmozódás szempontjából fontos talajvíz mélység, térszíni fekvés és az 50-60 cm-es réteg sótartalma voltak. A csoportok a terület térképén jól elváltak, és a továbbiakban ezekben végeztük a sófelhalmozódás numerikus szimulációval történő előrejelzését.

4.1.4. Összefüggés karcagi réti szolonyec talajok egyes kémiai, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai között

Régi szolonyec talajról származó mintasorozaton vizsgáltuk az egyes kémiai, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságok értelmezhetőségét, használhatóságát, valamint a köztük lévő összefüggéseket. A talajok Na koncentráció és Na telítettség jellemzői (vízoldható Na, SAR, kicserélhető Na, ESP) kielégítően megmagyarázták a kapilláris vízemelés, humusz stabilitás, Vageler-féle struktúra faktor alakulását. A lineáris duzzadás igen szoros korrelációt adott a kapilláris vízemeléssel. A lineáris zsugorodás a többi vizsgált jellemző közül csak a vizes kivonat Na és sótartalmával mutatott szoros összefüggést. A huszadik század elején bevezetett hagyományos, vízpotenciál értékekhez nem kötött vízkapacitás értékek nem jellemezték kellőképpen a talajminták vízgazdálkodását, ezen módszer helyett az energetikai alapú (pF) vízmegkötési meghatározások javasolhatók.

4.1.5. Az alföldi szikes talajok elterjedését meghatározó agrogeológiai tényezők térinformatikai elemzése 1:500 000 méretarányban

Munkánk során a Nagyalföldön értékeltük a só- és nátrium-felhalmozódást befolyásoló tényezők fontosságát öt agrogeológiai térkép alapján. Az 1:500 000 méretarányú térképek a talajvízszint mélységét, a talajvíz összes oldott anyagtartalmát, a talajvíztükör tengerszint feletti magasságát, a felszín alatti képződményeket és a talajvíz kémiai típusát mutatták be. Ezeket az agrogeológiai térképeket tekintettük független változónak, míg a függő változó a szikes talajtípusok térképe volt. Ezen a térképen a besorolás alapja a Nemzetközi Talajtani Társaság Szikes Albizottságának az Európa Szikes Talajai térképén alkalmazott osztályozása volt. Miután a térképeket digitalizáltuk, egy adatbázist hoztunk létre, és a változók közötti összefüggést (asszociáció) a bizonytalansági tényezővel fejeztük ki. A szikes talajok előfordulása a talajvíztükör tengerszint feletti magasságával, a talajvíz kémiai típusával és a felszín alatti képződményekkel mutatta a legszorosabb statisztikai összefüggést. Ezekkel a tényezőkkel ugyanakkor a többi agrogeológiai térkép is szoros összefüggést mutatott, azaz a szikes talajtípusok előfordulását nem egyetlen tényező, hanem a *tényezők együttese* határozza meg. Két fő csoportot különítettünk el a nem karbonátos szolonyecok és egyéb szolonyeces talajok a Nagyalföld 26,7%-át fedik, főleg agyagos felszín alatti képződményekhez köthetők, a talajvízben dominálnak a Na^+ és a HCO_3^- ionok, 80-90 m között fordulnak elő. A szódás szoloncsákok és a karbonátos réti szolonyecok csupán a Nagyalföld 1,5%-át borítják, és leggyakrabban homokképződményhez köthetők, amelyben a talajvízben Ca^{2+} és HCO_3^- ionok dominálnak. Ez a csoport nem köthető egy adott magassági zónához, és területileg is szétválnak.



1. ábra Klasszifikációs fa a szikes talajok (1) és a nem szikes talajok (0) szétválasztására. A hibás besorolások aránya 0,036. TFAK1= Származtatott „Felszín alatti képződmény”-változó, TTKT1= Származtatott „Talajvíz kémiai típusa”-változó, TVM= Talajvízszint felszín alatti mélysége (m), TFM= Talajvízszint tengerszint feletti magassága (m)

A tényezők közötti összefüggések vizsgálatán túl meghatároztuk, hogy milyen pontossággal lehet az agrogeológiai térképek alapján a szikesek előfordulását megjósolni. A szikes és nem szikes talajok előfordulását összesen 96%-os pontossággal tudtuk megjósolni, ezen belül a szikes talajokét 91, a nem szikes talajokét 99%-os pontossággal (1. ábra). Az ábra 16601 elemi folt alapján létrehozott, a változók szempontjából homogén 508 egység alapján készült. Amikor 3 kategóriát különítettünk el az összes pontosság 91% volt, 87 % a szikes, 94% a nem szikes, és 92% a potenciálisan szikes talajok esetén. Az alkalmazott rekurzív partíció technikája a hagyományos eljárásoknál alkalmasabbnak bizonyult, mivel nem támaszt előfeltételeket a térképek alapján származtatott adatok eloszlására vonatkozóan, és mert megengedte nominális változók bevonását.

A többdimenziós változótérben a térbeli kiterjedés szempontjából a szikes talajok első és legfontosabb elhatárolásait a regionális térképből származtatott „Felszín alatti képződmények” és „Talajvíz kémiai típusa” változók síkjában kaptuk. Ez a sík 5 részre oszlott, amelyben az „agyag” sávban helyezkedik el a szikes talajok 70%-a, a kőzetlisztes sáv bikarbonátos részében a szikes talajok előfordulása 12%, míg a szulfátosban 65%. A maradék két sáv homokos talajokat tartalmaz kis szikes talaj előfordulással, de ha a talajvízben a szulfát dominál az nagyobb szikes talaj előfordulást jelez. Fenti változókön kívül a talajvíz tengerszint feletti magassága és a talajvíz mélysége is szerepet játszott az elhatárolásban.

4.1.6. Hazai sókivirágzások kialakulásának feltételei, összetétele és jelentősége a szikes talajok kialakulásában

Vizsgálataink során 164 hazai helyszínen kerestünk sókivirágzásokat. Ezek között volt az összes, általunk megtalált szakirodalom jelezte sókivirágzás-előfordulás. Az országszerte több tájegységre kimutatott sziktelenedési tendenciának megfelelően a korábban leírtaknál jóval kevesebb helyen, csupán 32 helyszínen találtunk sókivirágzást.

Kémiai összetételüket tekintve a sókivirágzásokban szinte kizárólag nátrium volt az uralkodó kation. Az anionok szempontjából a változatosság jelentős volt: szulfát ásványok, karbonát ásványok, szulfát-karbonát vagy szulfát-karbonát ásványasszociációk, és klorid ásvány is előfordult.

A sókivirágzások előfordulásának körülményeire a feltárt szelvények alapján következtettünk. A sókivirágzások előfordulása a következő feltétel mellett várható:

a talaj felső szintjében a telítési kivonat EC_e értéke legalább 20 mS/cm. A talajvíz 7-10 mS/cm körüli EC értéke kedvezett a sókivirágzás megjelenésének. 1,5 mS/cm elektromos vezetőképességű talajvíz EC esetén 50% agyagtartalmú talajon találtunk sókivirágzást.

A talajvíztől a felszínig a talajvíz, illetve a talajoldat összetétele változik. A sókivirágzások a kémiai összetételt feltüntető háromszögdiagramok sarkaiban fordulnak elő, amely jelzi, hogy a felszín felé közeledve az összetétel egyre homogénebb.

4.2. A SZIKES TALAJOK TULAJDONSÁGAI ÉS A NÖVÉNYZET KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK ÉS AZOK ALKALMAZÁSA

4.2.1. Hortobágyi padkásszik komplexum növényzetének osztályozhatósága

A padkásszik komplexum (a különböző tereplépcsők egymásmelletti övezeteinek együttese) növényzete szoros összefüggést mutatott a talajtulajdonságokkal. A diszkriminancia-analízisben a mélyebb, 10-15 cm-es rétegben meghatározott változók pontosabban besorolták a növényzeti kategóriákat (**Artemisio-Festucetum pseudovinae**, **Camphorosmetum annuae**, **Puccinellietum limosae**, réti folt) mint a felszíni rétegben. A talajtulajdonságok jelentősége nagy a növényzeti kategóriák előfordulása szempontjából. Ha összehasonlítjuk, hogy milyen változócsoportok alapján milyen megbízhatósággal lehet numerikusan becsülni a növényzeti kategóriák előfordulását, akkor elmondható, hogy a talajtulajdonságok közel olyan jól sorolják be a növényzeti 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 pseudovinae** alapján végzett talajtulajdonság becslés pontosabb mint a **Puccinellietum limosae** alapján végzett.

4.2.2. Változatos hortobágyi szikes puszta növényzeti kategóriáinak szétválasztása

Változatos, a szikes mocsártól a löszlegelőig terjedő növényzeti elemeket tartalmazó területen a diszkriminancia egyenletek a növényzeti foltok mintegy 2/3-át a talajtulajdonságok alapján helyesen besorolták. Az elválaszthatóság pontossága hasonló volt a különböző szikes növényi kategóriák esetén is.

A padkásszik komplexum esetén a növénytársulások a szikesrét térszínétől felfelé haladva először növekvő, majd csökkenő talaj sótartalmú, nátriumosságú és pH-jú övezetekben, voltaképpen a 'Sigmond-féle száraz és nedves szikes kategóriák határán helyezkednek el. A vizsgált növényzeti- és talajláncolat (**Artemisio-Festucetum pseudovinae**, **Camphorosmetum annuae**, **Puccinellietum limosae** és réti folt) megfelel a III. o. száraz, IV. o. száraz, IV. o. nedves, I. o. nedves társulások sorozatának. A változatos szikes puszta a növénytársulások szélesebb körét tartalmazza (a 'Sigmond-féle száraz és nedves szikes kategóriák mindegyikét). A kémiai talajtulajdonságok mellett a szolonyec talajok növénytársulásait elrendező másik ökológiai faktort, a vízellátást (száraz és nedves szik) számszerűsítő változó nem szerepelt a változók között.

A változatos szolonyeces puszta esetében a növényzet alapján végzett kategória szintű talajtulajdonság becslés pontossága kisebb, mint a padkásszik társulásaival végzetté. Ugyanakkor az első két diszkriminancia egyenlet síkjában elrendezve a növényzeti kategóriák a térszíni helyzetüknek megfelelő sorrendben helyezkednek el.

4.2.3. Tiszántúli szolonyec talajok tulajdonságainak becslése többváltozós regressziós egyenletekkel

A szolonyeces szikes pusztán a talajtulajdonságok, mint függő változók és a növényi borítások, mint független változók között regressziós egyenleteket számítottunk. A vizsgált esetek 4-7 szikes társulástípust érintettek. A megfigyelések száma 20 és 120 között volt. A kvadrátméret 0,16 és 20 m² között változott.

Mind a négy vizsgált eset tartalmazta a szikfok - vakszik - ürmös szikes puszta átmenetet (**Puccinellietum limosae - Camphorosmetum annuae - Artemisio-Festucetum pseudovinae**), és így a talajtulajdonságokat legjobban becsülő növényfajok mind a négy esetben ugyanazok voltak. Nevezetesen a Magyar-'Sigmond-féle száraz - nedves szikes kategóriarendszer átmeneti középső, legszikesebb részén találhatóak, a szolonyec talajokon előforduló legnagyobb felszíni sótartalmat és pH-t elviselő *Camphorosma annua* és *Puccinellia limosa* fajok. A növényfajoknak a kvadrátban feljegyzett száma és az összes borítás is gyakran szerepelt a regressziós egyenletekben mint becsülő változó. A korrelációs koefficiens értéke többnyire 0,65-0,75 között volt, és azt jelezte, hogy az egyenletek a talajtulajdonságok becslésében felhasználhatók.

A fenti eredmények szerint 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 meghatározott talajtulajdonság-értékek és a terepi növénytársulástani felvételben rögzített fajborítások között számított többváltozós regressziós egyenlet korrelációs koefficiense nagy, akkor a maradék pontokban a talajtulajdonságok értékeit a többváltozós regressziós egyenlettel lehet megbecsülni.

4.2.4. Különböző eljárások összehasonlítása hortobágyi padkásszik komplexum talajtulajdonságainak becslésére

A padkásszik komplexumban a többszörös regresszióanalízis és a kokrigelés mint alternatív talajtulajdonság-becslő eljárások összehasonlítása során, a várakozásnak megfelelően azt tapasztaltuk, hogy 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 mélyebb rétegben a változók becslésének pontossága nagyobb volt. Ennek oka az, hogy ez a réteg (10-15 cm) a szolonyeces B szintbe esett, és ezen belül a talajtulajdonságok szóródása kisebb, mint a felszínnél. A pH becslése volt a legpontosabb, mivel ez mutatta a legkisebb szóródást. A legkisebb pontosságot a talajnedvesség-tartalom becslése során kaptam, mivel ennek a változónak volt a legnagyobb az eredeti szóródása.

A terepi növénytársulástani felvételeket, azaz a vizsgálati pontokban a becsült növényborításokat, 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 egyéb talajváltozók értékét becsülni regressziós egyenlettel, akkor a becsülő változók körét kibővíthetjük növényi fajborításokkal, és a becslés pontossága nő. Ezt az előnyt akkor lehet kihasználni, ha pl. a talaj költségesen, vagy nehezen mérhető tulajdonságainak értékeit kívánjuk könnyen mérhető talajtulajdonságok és a növényi borítás segítségével megbecsülni.

Újszerű a természetes növényi borításnak a többváltozós geostatistikában való alkalmazása is. A kokrigelés, azaz a növényi borításoknak a talajtulajdonságok térbeli becslése során segédváltozóként történő használata, a krigeléshez képest szerény pontosság növekedést eredményezett.

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

4.3. SZIKES TERÜLETEK TÁVÉRZÉKELÉSES VIZSGÁLATA

4.3.1. *A szikes puszta komplexum növényzetének kategorizálása terepi reflektancia mérés segítségével*

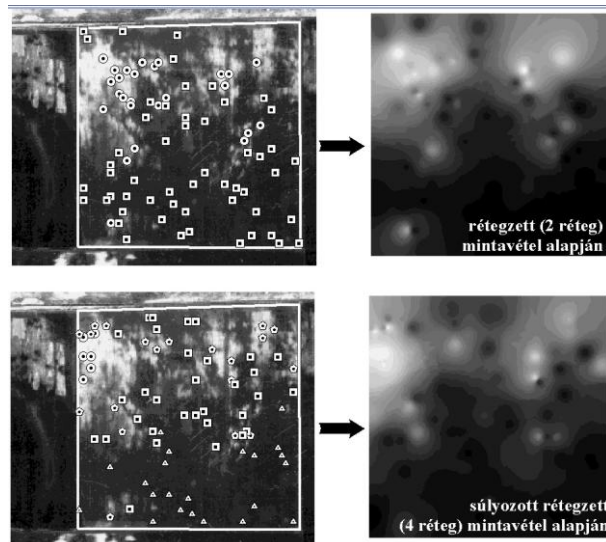
A padkásszik komplexum terepi reflektancia méréssel történő osztályozhatósági vizsgálata során megállapítottuk, hogy az összes növényborítás szélsőséges értékei miatt, a növényzeti kategóriák terepi reflektometriával szétválaszthatók. A 120 tanuló-kvadráton meghatározott diszkriminancia egyenleteknek 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 komplexum kategóriáinak azonosítására.

Akkor, amikor a műholdfelvétel méretarányával összevethető terepi reflektancia mérést végeztünk az ürmös szikes pusztától a zsiókás mocsárnövényzetig terjedő tartományban, a társulásokat elkülönítő folthatárok egyértelműen azonosíthatók voltak.

4.3.2. *Légifénykép alapján végzett térképezés hortobágyi szikes pusztán*

A döntően ürmös szikes pusztai és szikes réti növényzettel borított szikes legelő légifényképének értékelése során nyert tapasztalatok szerint a légifényképen, a szín és mintázat alapján elkülönített foltok a következő tényezők kombinációjaként jöttek létre: a növénytársulások komplex előfordulása, átmenete egymásba, a térszíni különbségek és a felszíni vízelvezető rendszerben az erózióbázishoz viszonyított helyzet, talajeróziós formák, taposás és gyomosodás.

4.3.3. *Karcagi szikes talaj javítására szolgáló gipsz adagjának és kiadási helyének légifényképen alapuló meghatározása térinformatikai eszközök segítségével*



2. ábra 80 véletlenszerűen kiválasztott mintavételi pont alapján interpolált képek és az eredeti légifénykép összehasonlítása az alternatív mintavételi tervek tesztelése során

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

Az eljárás alapja az, hogy a talaj kicserélhető nátrium százalékának növekedése következtében a talajszemcsék egyre fokozottabb mértékben diszpergálódnak, és ez a felszín reflektanciájának a növekedését eredményezi. A tapasztalat szerint a légifényképen elkülönülő foltok reflektanciája egyenes arányban áll azok gipsz-szükségletével. A táblán belül, a foltok reflektanciáját figyelembe véve mintavételi- és kiadási reflektancia-osztályok határolhatók el, a szkennelt állomány alapján digitális eszközökkel (térinformatikai adatbázist kialakítva), és intuitíve, a fényképészeti úton előállított légifénykép alapján. A foltok reflektanciája és a gipsz-szükséglet közötti lineáris kapcsolatot felhasználhatjuk arra, hogy a térinformatikai adatbázissal előzetesen teszteljünk alternatív mintavételi (2. ábra) és javítóanyag-kiadási terveket és ezáltal optimalizáljuk a gipszezést.

4.3.4. A szolonyeces szikesedés távérzékelése űrfelvételekkel a Nagykunságban

Nagykunsági és sárréti műholdfelvételeknek a kémhatás térképekkel történt összehasonlítása során az NDVI (a normalizált különbségi vegetációs index) értéke az egyes kémhatáskategóriák között szignifikáns különbséget mutatott. Egyes haszonnövények esetén az NDVI jelezte a szikesedés által a növényi biomasszára kifejtett hatást.

A közel természetes növényzettel borított területeken az űrfelvétellel végzett szikesedési állapotfelmérés elvégzése akkor javasolható, ha a területeken nincs legelési, kaszálási hatás, vagy az még nem mutatkozott meg (pl. kora tavasszal), illetve ha a növényzeti típusok és a talaj vízgazdálkodása a felvételen megnyilvánul (részleges vízállás). A művelt táblák szikesedési fokozatának űrfelvételek segítségével végzett összehasonlításához tanulóterületül az 1:10 000 méretarányú üzemi genetikai talajtérképpel és táblatorzskönyvvel rendelkező területek alkalmasak. A szikesedés térképi fokozatait a szikesedésre érzékenyebb haszonnövények, például a napraforgó állományai tükrözik jól.

4.4. A TALAJ SÓFELHALMOZÓDÁS TÉNYEZŐINEK IDŐBELI VÁLTOZÁSA

4.4.1. A talaj sótartalom-változásának tényezői a kiskunsági Apajon

1997 júniusától 3,5 éven keresztül vizsgáltuk a talajsófelhalmozódás tényezőit egy apaji szikes (**Artemisio-Festucetum pseudovinae** növénytársulás) gyepen.

A csapadék nagy változatosságot mutatott, 1999-ben az évi csapadékösszeg 830, 2000-ben 332 mm volt. A fúrólukákban megütött talajvíz legsekélyebben a felszíntől 0,6, legmélyebben 2,1 m-re volt.

A talajvízszint előrejelzését legmegbízhatóbban a megelőző hónap átlagos léghőmérséklete és az adott hónap csapadékösszege alapján lehetett megbecsülni.

A vizsgálat második felében növekvő talajvízszinttel növekvő elektromos vezetőképesség járt együtt.

A talajminták elektromos vezetőképessége a mélységgel a szolonyec talajokra jellemző eloszlást mutatta. Az 1998 májusában meghatározott átlagos elektromos vezetőképesség csupán egyharmada volt az 1999 májusában meghatározott értéknek (1,7 mS/cm).

A szelvényben az átlagos pH értéke 9,9 és 10,4 között váltakozott. A legnagyobb, a 0-10 cm-es rétegben megfigyelt váltakozás 7,6 és 9,8 között volt. A mélység növekedésével a pH- változás egyre kisebb volt.

A szelvény átlagos nedvesség-tartalma - a 0-10 cm-es réteget nem számítva - 18 és 22 tömeg% között váltakozott. A legfelső rétegben 2 és 79 tömeg% közötti váltakozást figyeltünk meg.

A sós talajvíz szintjének emelkedése növelte a talaj nedvességtartalmát és a talaj elektromos vezetőképességét. A 0-120 cm-es réteg elektromos vezetőképesség értéke statisztikailag szignifikáns összefüggést mutatott a megütése után 30 perccel beállt talajvízszinttel és a talajvíz elektromos vezetőképességének értékével.

A vizsgált tulajdonságok időbeli változékonyságát szemivariogram-elemzéssel vizsgáltuk. Az évszakok váltakozása következtében várható éves periodicitás erőssége a következő volt: talajnedvesség-tartalom > talajminták elektromos vezetőképessége > pNa > pH.

4.4.2. A talaj sótartalom változásának tényezői a kiskunsági Zabszék mellett

Három és fél éven keresztül havonkénti mintavétellel vizsgáltuk egy Zabszék melletti mézpzásitos gyepfolton a talajtulajdonságok változását. Ezzel párhuzamosan a tó és egy közeli kút vízszintjét, és vizének kémiai jellemzőit is mértük. Másfél évig, a tó kiöntése miatt, a talajmintavétel szünetelt.

A 4 db 1x1 m-es kvadrátban csak *Puccinellia limosa* élt, zöld hajtások a tó visszahúzódása után fél évvel jelentek meg újra.

A tó vízszintjének növekedése a csapadékmennyiséggel, a tó vízszint csökkenése a párologással, a talajvíz szintje ezzel szemben a megelőző hónapban hullott csapadék mennyiségével mutatott szoros összefüggést.

A három vizsgált víz a nátrium- és a hidrokarbonát ionok dominanciáját mutatta, a gyűjtött sókivirágzásokban nátrium és karbonát voltak az uralkodó ionok. A sókivirágzások röntgendiffrakciós vizsgálata során halitot, tronát, thenarditot, themonátritot és gipszet mutattak ki.

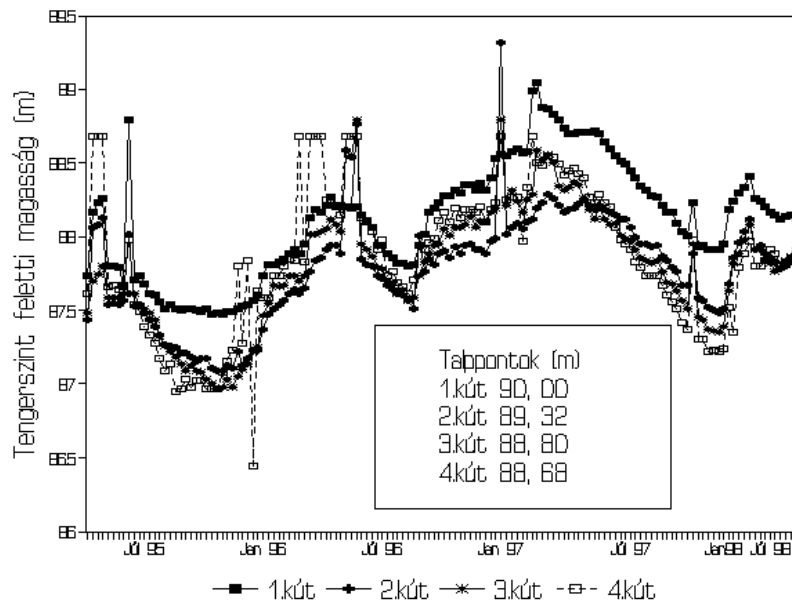
Míg a talajvíz sókoncentrációja az adott hónap, a felszínközeli 70 cm-es réteg sótartalma a megelőző hónap meteorológiai paramétereivel mutatott szoros összefüggést. A talaj nedvességtartalmát a havi hőmérséklet és a potenciális párologás értéke, valamint a talajvízszintje határozta meg.

4.4.3. A sófelhalmozódás tényezőinek változása a hortobágyi Nyírőlapos mintaterület talajainál

Egy 800x300 m-es hortobágyi mintaterületen vizsgáltuk a sófelhalmozódás tényezőinek és a talaj sótartalmának időbeli változását 420 felszíni elektromos vezetőképesség-mérési pont, négy talajvízkút és három réti szolonyec szelvényben végzett ismételt vizsgálatok alapján.

Rámutatunk, hogy a talajvízszintet a csapadékösszeg ismeretében elfogadható pontossággal előre lehet jelezni.

A területen belül az időszakosan kialakuló vízállások hatására a talajvíz áramlási iránya megváltozhat és a mélyebben fekvő területek (4.kút) felől a magasabbak felé irányulhat (3.ábra).



3. ábra A talajvízszint tengenzint feletti magasságának változása. Növekvő kút-sorszámhoz egyre kisebb térszíni fekvés tartozik.

Az egyes talajvíz kutakban a víz EC-je az aktuális hónap csapadékösszege és a talajvíz megelőző hónapban mért EC értéke alapján jól becsülhető volt.

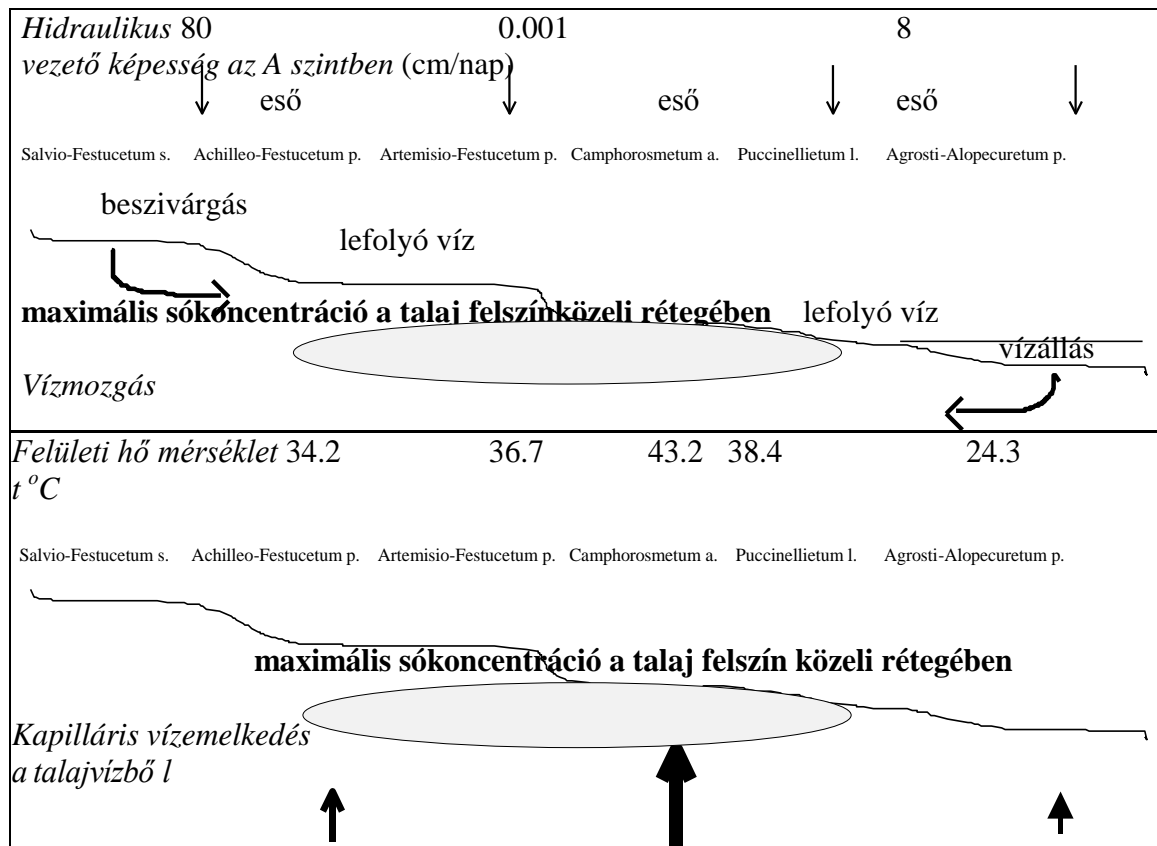
A területen belül a kis távolságok ellenére különbség volt a vizek stabil oxigén- és hidrogénizotóp összetételében, illetve annak időbeli változékonyságában. A legmélyebb, „szikes réti” növényzettel borított részen a mélyebb, pleisztocén eredetű víz feláramlása, a talajvízből történő párolgás és a csapadék által történő pótlása egyensúlyban lévő folyamatok. A mélyebben lévő vizek legnagyobb mértékű feláramlását a legszikesebb övezetben észleltük.

A „szikes réti” jellegű szelvényben a talajvíz és a csapadékvíz szabad keveredését mutattuk ki a Br-/Cl- ionok aránya alapján. Az „ürmöpusztai gyepek” és a „füvespusztai gyepek” szelvényekben a telítési talajkivonatban a talajvízhez képest a Cl- koncentráció jelentősen nagyobb, ami erős párolgásra utal.

Fentiekkel összefüggésben nagyobb sótartalom-értékeket a „szikes réti” növényzetű mély réti szolonyec szelvényben csupán az erősen sós talajvíz-áramlási zónájában tapasztaltunk. Az erősen szikes „ürmöpusztai gyepek” közepes réti szolonyec talajának sófelhalmozódási szintje a vizsgált időszak alatt végig nagy sótartalmat mutatott. A legmagasabban fekvő „füvespusztai gyepek” növényzetű mély réti szolonyec szelvényében

jelentős sófelhalmozódás csupán az év egy hónapjában volt kimutatható a B szint alján, míg az A szintben erősen ingadozó, de kis sótartalmat tapasztaltunk.

A megfigyelések alapján megfogalmazott koncepcionális modell (4.ábra) száraz meleg és nedves periódusokra külön-külön leírja a sófelhalmozódást. A modellben a legfontosabb tényezők a térszíni fekvés, a felszín növényzettel való borítottsága és hőmérséklete, a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai és az időszakosan jelentkező vízborítás, amelynek következtében a talajvíz áramlási iránya megfordulhat.



4.ábra A sófelhalmozódás sematikus modellje a növényzet magasságeloszlása alapján. Felső ábra: csapadékos időszakban. Alsó ábra: meleg száraz időszakban.

Csapadékos időszakban az eltérő magassági övezetekben a talaj hidraulikus vezetőképességében meglévő különbségek határozzák meg a vízforgalmat. Az **Achilleo-Festucetum pseudovinae** övezetben a 80 cm/nap érték kedvez a kilúgzásnak, hasonlóképpen az **Agrosti-Alopecuretum pratensis** övezetben a 8 cm/nap. Ezzel szemben az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** övezetben a szélsőségesen kis vezetőképesség miatt, az esővíz vagy lefolyik a padkán vagy elpárolog. Az esővíz a mélyebb foltokban, az **Agrosti-Alopecuretum pratensis** övezetben gyülekezik össze, ahol egy része beszivárog, és megemeli a talajvízszintet. A megemelkedett talajvízszint tengerszint feletti magassága rendszeresen meghaladja az **Artemisio-Festucetum pseudovinae** övezet talajvízszintjét. A folyamatok eredményeként a sós talajvíz az utóbbi övezetben koncentrálódik, ugyanakkor ott a legkisebb a kilúgzás.

Száraz meleg időszakban a növényi borítással összefüggésben a talajfelszín hőmérséklete nagy különbséget mutat az eltérő magassági övezetekben. A gyakran nedves talajú réti (**Agrosti-Alopecuretum pratensis**), nagy biomasszájú növényzettel fedett társulások alatt a legkisebb a felszín hőmérséklete, ezt követi az **Achilleo-Festucetum pseudovinae** övezet. Legerősebb a párolgás a legmelegebb közbülső magassági övezetekben,

leginkább a **Camphorosmetum annuae**-ban és **Puccinellietum limosae** övezetben, és ez indokolja a magas talaj-sótartalmat.

4.5. A HAZAI ALAPOZÓ VIZSGÁLATOK ELVEIT ALKALMAZÓ KÜLFÖLDI TANULMÁNYOK

4.5.1. Különböző blokkméretek alkalmazása kínai sós talajon a növényi borítás figyelembevételével végzett térbeli becslés során

A növényi fajok borításértékeit is becslő változóként alkalmazva krigeléses és regressziós technikákat hasonlítottunk össze a felhagyott szántók szikesedéssel összefüggő talajtulajdonságainak becslésére. A két blokkméret (5x5 és 20x20m) hasonló pontossággal becsülte a talajtulajdonságok értékeit, a 20 m-es blokkméret pedig megfelelő a felhagyott táblák termékenységének becslésére. A krigelés a nagyobb (20x20m), átlagolt blokkokban pontosabb volt, a közepes blokkokban (5x5m) pedig a regresszióanalízis volt az. Amikor elég nagyok a blokkok, akkor a krigelés és a növényi factor score-okkal, növényi borítással és penetrációs ellenállással végzett kokrigelés pontosabban becsli a talaj pH-t és só-tartalmat mint a regresszióanalízis és ha a táblák kellően nagyok és egyöntetűek, mindig ezt a módszert ajánlatos használni. Amikor a térképezendő blokkok kicsik, egymással nem érintkeznek, a többváltozós regresszióanalízis könnyen meghatározható változókkal hasonló pontosságot nyújt.

4.5.2. A talaj só-tartalmának becslése a másodlagos növényzet alapján felhagyott kínai szikes szántón

A kínai Huang-Huai-Hai síkság szikes területeit időről időre újra művelésbe vonják. A célunk az volt, hogy meghatározzuk, milyen pontossággal tudjuk a féltermészetes növényzet alapján megbecsülni azt, hogy egyes talajtulajdonságok - mint ionkoncentrációk, pH és penetrációs ellenállás - értékei egyik vagy másik értéktartományba esnek-e.

A talaj- és növénytulajdonságokra külön-külön számított kanonikus korrelációs változók közötti korrelációs koefficiens értéke 0,88 volt, ami a két változócsoport szoros összefüggését mutatja.

A terület féltermészetes növényzetét vagy a *Phragmites australis* vagy az *Imperata cylindrica* növényfajok uralták és ezekről a növényekről neveztük el a két fő növényzeti kategóriát. Az ezekhez tartozó talajmintákban meghatározott tulajdonságok értéktartományai átfedték egymást. Az átlagértékek alapján azonban elmondható, hogy általában a PHRAGMITES kategória magasabban fordul elő, nagyobb a só-tartalma, kisebb a penetrációs ellenállása és pH-ja, mint az IMPERATA kategóriáé. A kilúgzás nem befolyásolja a felszíni rétegek hidrogénkarbonát koncentrációját. Mivel azonban a többi ion koncentrációja csökken, és így a bikarbonát ionoknak az egyéb ionokhoz viszonyított aránya növekszik, a pH és a penetrációs ellenállás értéke is növekszik egyes foltokban.

A növényzet alapján az egyes talajtulajdonságok értéktartományainak szétválaszthatóságát a következők alapján értelmeztük. a) A kategóriánkénti átlagértékek különbsége a Mann-Whitney próbában, és b) A talajtulajdonságok alapján a két növényzeti kategóriában számított lineáris diszkriminációs függvény és az eredeti változók közötti korreláció. Az egyes talajtulajdonságok értéktartományának becslési pontosságát egydimenziós küszöbértékeléssel végeztük, amely 67 és 84% közötti pontosságot mutatott. A téves besorolás legalább kétszer olyan gyakori volt a növényzeti kategóriák határvonalán, mint a kategóriákon belül. Megállapítottuk, hogy a növényzeti kategóriák alapján egyszerűen és gazdaságosan határozható meg a szikes területeken a termesztés lehetősége.

4.5.3. A talaj sótartalmának becslése a növényi fajösszetétel alapján egy kubai legelőn

A vizsgált 1100x2000 m-es szikes kubai legelő növényzetének összetételét döntően meghatározza az emberi tevékenység. Kevés őshonos pázsitfűféle van a területen, és ezek nagy része olyan sótűrő növény, amely a legszikesebb foltokon marad meg, ahol a bevitt legelhető fűvek nem maradnak meg. Szoros korrelációt találtunk a talaj telítési kivonatának elektromos vezetőképessége és 252 mintavételi kvadrát növényösszetétele között. A leggyakoribb fűfajok között a sótűrési rangsor növekvő sorrendben a következő volt: *Bothriochloa pertusa*, *Dicanthium caricosum*, *C. plectostachyon* és *C. nlemfuensis*, *Cynodon dactylon* és *Sporobolus pyramidatus*.

Amiatt, hogy 1.) csupán kevés faj fordult elő; 2.) a talaj sótartalma nagyon erős stressz-tényező; és 3.) időnként vízállások alakulnak ki; a növényzet elfogadható pontossággal becsli a talaj sótartalmát. Diszkriminancia-analízissel és önkényesen elhatárolt növényzeti kategóriák alkalmazása esetén is, az egyes botanikai kvadrátokban a talaj telítési kivonatának elektromos vezetőképességi kategóriája (<4, 4-8 vagy >8 mS/cm) 75%-os pontossággal becsülhető volt. A legkisebb elektromos vezetőképességű kategória (<4 mS/cm) esetén a domináns fűvek a *Bothriochloa pertusa*, a *Dicanthium caricosum*, a *Cynodon nlemfuensis* és a *C. plectostachyon* voltak. A *Sporobolus pyramidatus*, a *Sesuvium portulacastrum* és más sótűrő növények nagy borítása a legnagyobb elektromos vezetőképességű kategóriára (>8 mS/cm) volt jellemző.

Mivel a növényzeti kategóriák elkülönítése egyszerű, a módszer egyértelmű, továbbá nem követeli meg a változók normál eloszlását, javasolható a hasonló legelők sótartalmának a növényzet alapján történő megítélése.

4.5.4. Indiai öntözött talajok szikesedési állapotának vizsgálata terepi reflektancia méréssel

India száraz radzsasztháni területein a téli haszonnövények öntözésére többtíz méteres mélységből felszivattyúzott sós felszín alatti vizek nagy mennyiségben tartalmaznak maradék nátrium-karbonátot, azaz a számított szóda-egyenérték (RSC) kedvezőtlenül nagy. Megvizsgáltuk a nagy RSC értékű vizekkel öntözött, különböző művelési fázisban lévő vályogos parcellák fizikai és kémiai tulajdonságai közötti összefüggéseket. Négy, több mint tíz éve öntözött helyszínünkön az öntözővíz összetétele változatos volt (EC 8, 7, 10, 4 mS/cm; SAR 45, 32, 25, 22; helyesbített SAR 98, 67, 48, 46 és RSC 19, 4, 0, 8 mg^é/l, az 1-2-3-4 helyszínen sorban). Egyes parcellákat gipszettek a talajtulajdonságok korrekciója érdekében, és a helyszíneken eltérő művelési módokat alkalmaztak. A spektrális reflektancia a 2.helyszínen (32,3-42,1%) volt a legnagyobb, majd az 1.helyszínen (18,2-23,2%), 3.helyszínen és 4.helyszínen (11,1-20,5%) következett. 800 és 1000 nm hullámhosszoknál nagyobb reflektancia értékeket mértünk, 460 nm-nél kisebbet és a legkisebbet 620 nm-nél. Az 1. és 2.helyszínen a nedves talajban kis penetrációs ellenállásértéket (0,05-4,24 kg/cm²) mértünk zsebpenetrométerrel. A 3. és 4.helyszínen a nagy penetrációs ellenállásértékek (29,06-46 kg/cm²) oka a száraz talaj volt. Nyolc független változóval számított többváltozós regressziós egyenletünk a spektrális reflektancia teljes varianciájának 99,7%-át magyarázta meg. A spektrális reflektancia fordított arányban állt a talaj nedvességtartalmával, egyenes arányban a talaj sótartalmával és pH-jával. A talaj sótartalmának és nátriumosságának távérzékelésére a májusi és júniusi természetesen kívüli időszakokat javasoljuk.

4.5.5. Elvadult radzsasztháni (India) *Prosopis juliflora* bozót eltérő szikesedési állapotú foltjainak elhatárolása nyomtatott hamis színes műholdfelvétellel

India Radzsaszthán államában hamisszines nyomtatott műholdfelvételekkel vizsgáltuk a *Prosopis juliflora* bozót kiterjedését. A helyszínen két transzekt 33 pontjának vizsgálata révén megvizsgáltuk a színárnyalat kategóriák és a tulajdonságok közötti összefüggést. Átlagosan a kopár felszín 40.8%, a *P. juliflora* és pázsitfűvek 27-27% és a köves felszín 4% borítást mutatott. A felszínen vett talajminták elektromos vezetőképesség értéke <1 és 28 mS/cm értéktartományban változott, átlagosan 2,5 mS/cm volt. A lúgos pH nem mutatott nagy változatosságot. A két összehasonlított időszak közül az októberi kép alkalmasabb a köves felszín elkülönítésére. A műholdfelvétel értelmezését kétféle blokkméretre végeztük el. A felszín 1 pixel nagyságú foltjaiban a növényborításra és a talajtulajdonságok értékeire nagyobb pontossággal tudtunk következtetni, mint 9 pixel kiterjedésű foltokban.

5. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK FELSOROLÁSA

5.1. A SZIKES TALAJOK TÉRBELI VÁLTOZATOSSÁGA MINT A TALAJKÉPZŐDÉSI FOLYAMATOK IRÁNYÁNAK ÉS ERŐSSÉGÉNEK INDIKÁTORA

5.1.1. A szolonyec talajok rögzített mélységenkénti mintavétele a talajok rétegzettsége, 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 pseudovinae** (közepes réti szolonyec) - **Puccinellietum limosae** (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.

5.1.2. Hortobágyi sekély és mély rétiszolonyec talajokkal borított mintaterületünkön a talaj sófelhalmozódással a legszorosabb összefüggést a térszíni fekvés mutatta. A többi - egy időpontban - meghatározott tulajdonság közül szoros összefüggést mutatott a talajvíz felszín alatti mélysége és a talaj szemcseösszetétele.

5.1.3. Karcagi mélyben sós csernozjom és rétitalajokkal borított mintaterületünkön helyszíni műszeres talaj- és talajvízvizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a gyökérszóna sótartalmát a talajvíz mélysége és sótartalma alapján elfogadható pontossággal meg lehet becsülni.

5.1.4. Karcagi réti szolonyec talajon, különböző kezelést kapott talajok gyökérszónájában gyűjtött minták sorozatában, a nátrium koncentráció és nátriumtelítettség jellemzők kielégítően megmagyarázták a kapilláris vízemelés, humusz stabilitás, Vageler-féle struktúra faktor értékeit.

5.1.5. A Nagyalföldre elkészített, utólag digitalizált talaj és agrogeológiai térképek közös térinformatikai bázisba építése és statisztikai értékelése alapján a szikes talajok elterjedésének tényezőit számszerűsítettük. A szikes talajok előfordulásának becslésében a legfontosabbak a "Felszín alatti képződmények" és a "Talajvíz kémiai típusa" térképekből származtatott új változók voltak, amelyek bevonásával 96%-os pontossággal becsültük meg a szikes talajok előfordulását.

5.1.6. Az egyes tájakon megfigyelhető talajsótartalom-csökkenéssel összefüggésben a talajfelszíni sókivirágzások előfordulása az elmúlt 50 év folyamán országszerte jelentősen megritkult. Ahhoz, hogy a felszínen sókivirágzás jelenjen meg a talaj felső szintjében a talaj telítési kivonat elektromos vezetőképességének a 20 mS/cm értéket el kell érnie.

5.2. A SZIKES TALAJOK TULAJDONSÁGAI ÉS A NÖVÉNYZET KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK ÉS AZOK ALKALMAZÁSA

5.2.1. Két merőleges 50 m hosszú transzekten elhelyezett 120 pont két (0-5 és 10-15 cm) mélységben vett mintái alapján a padkásszik komplexum 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 talajtulajdonság érték-becslést.

5.2.2. 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 távolságától 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 ({auto}krigelés és kokrigelés). A növényfajok borítás-értékét először használtam a talajtulajdonságok számszerű becslésére mind a többváltozós regresszióanalízisben mind a többváltozós geostatistikában. Mindkét vizsgált becslési módszer alkalmas arra, hogy a talajtulajdonságok izovonalas térképezése során a vizsgált talajtulajdonságok értékeit ismeretlen pontokban segítségükkel megbecsülhessük.

5.2.3. A padkásszik komplexum 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. A zsiókás mocsártól az ürmös szikes pusztáig terjedő magassági tartomány társulásainak a határvonalai terepi reflektancia méréssel elhatárolhatók.

5.3. SZIKES TERÜLETEK TÁVÉRZÉKELÉSES VIZSGÁLATA

5.3.1. 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, átmenetei egymásba, a térszíni különbségek és a felszíni vízelvezető rendszerben elfoglalt helyzet, talajeróziós formák, taposás és gyomosodás.

5.3.2. Kialakítottuk a szikes mezőgazdasági tábláknak légifénykép alapján, térinformatikai rendszer segítségével végzett kémiai javítása talajtani keretét. Az eljárás alapja az a jelenség, hogy a légifényképen elkülönülő foltok reflektanciája egyenes arányban áll azok gipsz-szükségletével. A kidolgozott eljárás lehetővé teszi a nagyobb termékenységű táblák közé ékelődött szikes foltok pontról pontra változó nátriumosságának figyelembe vételét, és a termelés által megkívánt mértékű, ugyanakkor a gazdálkodó által megválasztott megbízhatósággal végzett talajjavítást azáltal, hogy a tényleges mintavétel és javítás előtt ezeket a műveleteket a térinformatikai rendszerrel optimalizáljuk.

5.3.3. Nagykunsági területek ürfelvételtes 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 biomasszája a szikesedés fokától függő, szignifikáns különbséget mutatott.

5.4. A TALAJ SÓFELHALMOZÓDÁS TÉNYEZŐINEK IDŐBELI VÁLTOZÁSA

5.4.1. A kiskunsági Apaj és Zabszék-tó mellett végzett vizsgálataink alapján meghatároztuk, hogy a megelőző száraz időszak (1975-1997) Apaj környékén mindegyik térszínen a talajvízszint csökkenését okozta. 3,5 év folyamán havonta ismételt mérések alapján a talajvízszintet az apaji ürmös szikesgyepen és a Zabszék melletti mézpázsitos tóparti gyepen is a csapadékmennyiség határozta meg. A talajvíz összetétele mind a csapadék, mind a talaj hatását mutatta. A talajvíz sótartalmát a léghőmérséklet, illetve a csapadékmennyiség; a feltalaj sótartalmát pedig a talajvíz szintje, annak sótartalma és a talajnedvesség tartalom határozta meg. Apajon szolonyec, Zabszék mellett szoloncsák talajra jellemző sófelhalmozódást tapasztaltunk. A talaj sófelhalmozódás tényezői szoros időbeli, mélységbeli és területi függőséget mutattak. Apajon a talaj nedvesség- és sótartalom változása szorosan követte az éven belüli hőmérséklet ingadozások periodicitását, a pNa és pH értéke azonban nem.

5.4.2. Hortobágyi mintaterületünkön a talajvíz mélységét és elektromos vezetőképességét is megbízhatóan előre lehet jelezni a dekádonkénti csapadék mennyiségi változásának ismeretében. Az időszakosan kialakuló vízállások hatására a talajvíz áramlási iránya rendszeresen megváltozik. A térszíni különbségeknek megfelelően elkülönített magassági övezetek közül a középsőben legnagyobb a talaj sótartalma és nátriumossága, mert itt a legkisebb a csapadékvíz beszivárgása. A talaj sótartalom változásának leírására koncepcionális modellt szerkesztettünk.

5.5. A HAZAI ALAPOZÓ VIZSGÁLATOK ELVEIT ALKALMAZÓ KÜLFÖLDI TANULMÁNYOK

5.5.1. Kínai felhagyott szántón több blokkméret alkalmazása esetén is kellő pontossággal lehet a talaj sótartalmát és pH-ját megbecsülni. 20x20 m-es blokkok esetén a krigelés és a növényi factor score-okkal, növényi borítással és penetrációs ellenállással végzett kokrigelés pontosabban becsli a talaj pH-t és sótartalmat mint a regresszióanalízis. 5x5 m-es blokkok esetén a többváltozós regresszióanalízis könnyen meghatározható változókkal hasonló pontosságot nyújt. A növényzeti kategóriák alapján egydimenziós küszöbértékeléssel egyszerűen és gazdaságosan becsültük meg a talaj termeszésre való alkalmasságát.

5.5.2. Kubai szikes legelőn önkényesen elhatárolt növényzeti kategóriák alkalmazásával a tervezett fásításhoz elfogadható, 75%-os pontossággal becsültük meg a talaj sótartalom-kategóriáját. A javasolt módszer pontossága nem rosszabb mint a diszkriminanciaanalízisé.

5.5.3. Száraz radzsasztháni területen az öntözött talajok reflektanciáját nagy pontossággal becsültük meg a talajtulajdonságok alapján. A reflektancia értéke fordított arányban állt a talaj nedvességtartalmával, egyes arányban állt a sótartalmával és pH értékével. Elvadult radzsasztháni *Prosopis juliflora* bozót eltérő szikesedési állapotú foltjainak elhatárolásához meghatároztuk a felvételezésre alkalmas évszakot és képpontméretet.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÁRGYKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

6.1. Angol nyelvű referált tudományos folyóiratban megjelent közlemények

- Tóth, T., F. Csillag, L. L. Biehl, E. Michéli. 1991. Characterization of semi-vegetated salt-affected soils by means of field remote sensing. **Remote Sensing of Environment**. 37:167-180.
- Tóth, T. and K. Rajkai. 1994. Soil and plant correlations in a solonchic grassland. **Soil Science**. 157:253-262.
- Tóth, T., S. Matsumoto, R. Mao and Y. Yin. 1995. Precision of predicting soil salinity based on vegetation categories of abandoned lands. **Soil Science**. 160:218-231.
- Tóth, T. and M. Kertész. 1996. Application of soil-vegetation correlation to optimal resolution mapping of solonchic rangeland. **Arid Soil Research and Rehabilitation**. 10:1-12.
- Tóth, T., M. Kertész, Catasús Guerra, J. Labrada Labrada, B. Pérez Machado, P. Castillo Fonseca, M. Nieto Martínez. 1997. Plant composition of a pasture as a predictor of soil salinity. **Revista de Biología Tropical**. 45:1385-1393.
- Tóth, T., Kuti L., Kabos S., Pásztor L. 2001. Use of digitalized hydrogeological maps for evaluation of salt-affected soils of large areas. **Arid Land Research and Management**. 15:329-346.
- Joshi, D. C., T. Tóth, és D. Sári. 2002. Spectral reflectance characteristics of Na-carbonate irrigated arid secondary sodic soils. **Arid Land Research and Management**. 16:161-176.
- Tóth, T., Kabos S., Pásztor L, és Kuti L. 2002. Statistical prediction of the presence of salt-affected soils by using digitalized hydrogeological maps. **Arid Land Research and Management**. 16:55-68.
- Tóth, T. és G. Jozefaciuk 2002. Physicochemical properties of a solonchic toposequence. **Geoderma** 106:137-159.

6.2. Egyéb angol nyelvű folyóiratcikkek

- Tóth, T. és M. Kertész. 1993. Mapping the degradation of solonchic grassland. **Agrokémia és Talajtan**. 42:43-54.
- Kertész, M. and T. Tóth. 1994. Soil survey based on sampling scheme adjusted to local heterogeneity. **Agrokémia és Talajtan**. 43:113-132.
- Tóth, T., S. Matsumoto, R. Mao and Y. Yin. 1994. Plant cover as predictor variable of salinity and alkalinity of abandoned saline soils of the Huang-Huai-Hai Plain, China. **Agrokémia és Talajtan**. 43:175-195.
- Tóth, T., M. Kertész, L. Pásztor, 1998, 'New approaches in salinity/sodicity mapping in Hungary', **Agrokémia és Talajtan**, Vol. 47, No. 1-4, p.76-86.

- Joshi D. C., Tóth T. és Sári D. 2002. Visual discrimination of surface features of salt affected soils using satellite images in arid region of Rajasthan (India). **Indian Journal of Remote Sensing**. 30: 33-38.
- Kuti L., Tóth T., Zöld A. és Szentpétery I. 2002. The fluctuation of groundwater level, and its consequences in the soil - parent material - groundwater system of a sodic grassland **Agrokémia és Talajtan**. 51: 253-262.
- Tóth T. és Kuti L. 2002. Numerical simulation versus repeated field instrumental measurements: a case study of monitoring salinity status in a native sodic grassland with shallow groundwater. **Agrokémia és Talajtan**. 51: 243-252.

6.3. Magyar nyelvű tudományos folyóiratban megjelent közlemények

- Tóth T. 1989. Néhány összefüggés a réti szolonyec talajok egyes kémiai, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai között. **DATE Tudományos Közlemények**. 28:561-575.
- Kertész M., Rajkai K. és Tóth T. 1990. Légifényképezés alkalmazása védett termőhelyek vizsgálatában. **Környezetgazdálkodási kutatások** 3:62-100.
- Kuti L., Tóth T., Pásztor L. és Fügedi U. 1999. Az agrogeológiai térképek adatainak és a szikesek elterjedésének kapcsolata az Alföldön. **Agrokémia és Talajtan**. 48:501-516.
- Tóth T. és Kuti L. 1999. Összefüggés a talaj sótartalma és egyes földtani tényezők között a hortobágyi "Nyírólapos" mintaterületen. 1. Általános földtani jellemzés, a felszín alatti rétegek kalciumtartalma és pH értéke. **Agrokémia és Talajtan**. 48:431-444.
- Tóth T. és Kuti L. 1999. Összefüggés a talaj sótartalma és egyes földtani tényezők között a hortobágyi "Nyírólapos" mintaterületen. 2. Többszörös összefüggések és a felszíni sótartalom becslése. **Agrokémia és Talajtan**. 48:445-457.
- Tóth T., Kertész M. és Pásztor L. 2000. A szikesek gipszesítésének módszere térinformatikai eszközökkel. **Agrokémia és Talajtan**. 49:55-64.
- Tóth T., Várallyay Gy. 2001 Egy mintaterület talajának variabilitása a sófelhalmozódás tényezői szerint. **Agrokémia és Talajtan**. 50:19-34.
- Tóth T., Kuti L., Fórizs I. és Kabos S. 2001. A sófelhalmozódás tényezőinek változása a hortobágyi "Nyírólapos" mintaterület talajainál. **Agrokémia és Talajtan**. 50:409-426.

6.4. Könyvben megjelent fejezetek

- Tóth T. 1999. Dynamics of salt accumulation in salt-affected soils. in: E. Kovács-Láng, E. Molnár, Gy. Kröel-Dulay and S. Barabás (eds.) 1999. **Long term ecological research in the Kiskunság, Hungary**. KISKUN LTER. pp 25-26.
- Tóth T. K. Rajkai and M. Kertész. 1996. A padkásszik növény- és talajmintázata. pp.90-98. In: Tóth, A. (ed.) **Ohattól Meggyesig**. Természet- és Környezetvédő Tanárok Egyesülete. Budapest.
- Bui, E. N., L. Krogh, R. S. Lavado, F. O. Nachtergaele, T. Tóth and R. W. Fitzpatrick. 1998. Distribution of sodic soils: the world scene. pp19-33. in Sumner M. E. and R. Naidu (eds.) **Sodic soils**. Oxford University Press. New York.

6.5. Könyvformátumú kutatási beszámoló magyar nyelven

- Tóth T. 1998. Szikesedési monitoring. p86. In: Tóth Á. (szerk.). **Magyarország légi felmérése**. OMFB. Budapest.

6.6. Konferencia előadások teljes terjedelemben megjelent anyaga angol és spanyol nyelven

- Tóth, T., F. Csillag, and M. Kertész. 1991. 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., F. Csillag and Gy. Büttner. 1991. 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.
- Labrada Labrada, J.; Gomez Concepción, D.; Nieto Martinez, M.; Tóth, T.; Catillo Fonseca, P. y Perez Machado, B. 1993. Efecto de las variaciones de humedad sobre algunas características de un vertisuelo solonetzado. **Actas del XII. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo**. pp.1006-1011.
- Tóth, T. y Kertész, M. 1993. Utilización de la relación entre la vegetación y suelo en una pradera seminatural solonetzica para la mapificación con resolución optimalizada. **Actas del XII. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo**. pp.1425-1432.
- Kertész, M. and T. Tóth. 1994. Soil survey of solonetzic grassland on seminatural vegetation. **International Environmental Conference**. Kecskemét. pp. 47-52.
- Tóth, T., S. Matsumoto, R. Mao and Y. Yin. 1994. Plant cover as predictor variable of salinity and alkalinity in abandoned saline soils of the Huang-Huai-Hai Plain, China. **International Environmental Conference**. Kecskemét. pp. 221-231.
- Kertész, M. and T. Tóth. 1996. Mapping of soil salinization status of solonetzic landscapes based on seminatural vegetation. pp. 95-100. in: **Soil salinization and alkalization in Europe**. Thessaloniki.
- Tóth, T., S. Matsumoto, R. Mao and Y. Yin. 1996. Possibilities of using the vegetation as predictor variable of salinity and alkalinity in salt-affected soils. pp. 163-176. in: **Soil salinization and alkalization in Europe**. Thessaloniki.
- Tóth, T. and L. Pásztor. 1996. Field reflectance measurements as a means of distinguishing different grades of salinity and alkalinity. pp. 23-34. in: **Soil salinization and alkalization in Europe**. Thessaloniki.
- van Meirvenne, M., P. de Groot, M. Kertész, T. Tóth and G. Hofman. 1996. Multivariate geostatistical inventory of sodicity hazard in the Hungarian puszta. in: **Monitoring soils in the environment with remote sensing and GIS**. Proceedings of the ISSS International Symposium (working group RS and DM) Ouagadougou, from 6 to 10 Feb. 1995). p293-305.
- Tóth, T., L. Catasús Guerra, M. Kertész, J. Labrada Labrada, B. Pérez Machado, P. Castillo Fonseca, M. Nieto Martínez. 1996. Predicción de la salinidad del suelo a base de la vegetación en un pastizal tropical. CD-ROM - XIII **Congreso Latino Americano de Ciencia do Solo** - "SOLO SUELO 96" Trabalho numero 65, comissao 5.
- Tóth T., S. Matsumoto, és S. Kabos. 1997. Fundamental characteristics of terrestrial salt-affected areas with special reference to nature protection and sustainable production. pp 3-6. in: 14th Symposium of Research Institute of Bioresources. International Symposium **"Preservation of the global environment and the development of sustainable bio-production for the 21st century"**. Okayama University. 1997. 24-25 October.
- Tóth, T. L. Kuti. 1998. Dynamics of salt accumulation in a small area pp 42-45. **Second Hungarian-Egyptian Conference on Environment**. 31 October- November. Budapest. Hungary.

- Tóth, T. 1998. Penetration resistance of saline soils of Huang-Huai-Hai Plain of China. In: Rodriguez, Rodriguez, A., Jiménez Mendoza, C. C. and M. I. Tejedor Salguero (eds) **The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures.** Geoforma Ediciones, Logroo. 275-286.
- Tóth, T. and L. Blaskó. 1998. Secondary salinization caused by irrigation. ESSC Meeting. 1995 Tenerife-Fuerteventura-Lanzarote. Abstracts. p56-57. in: Rodriguez, Rodriguez, A., Jiménez Mendoza, C. C. and M. I. Tejedor Salguero (eds) **The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures.** Geoforma Ediciones, Logrono. 229-253.
- Kuti, L., T. Tóth, L. Pásztor and U. Fügedi. 1998. Analysis of regional soil salinization by GIS. pp.106-122. In: A. Elgala (ed.) **Proceedings of the International Symposium on Sustainable management of salt-affected soils in the arid ecosystem.** 21-26 September, 1997. Ains Shams University, Cairo, Egypt.
- Tóth, T. and Kuti László. 1998. Variability of geological conditions and its relations to soil salinization inside a small area. pp.123-132. In: A. Elgala (ed.) **Proceedings of the International Symposium on Sustainable management of salt-affected soils in the arid ecosystem.** 21-26 September, 1997. Ains Shams University, Cairo, Egypt.
- Tóth T., L. Pásztor, M. Kertész, B. Zágonyi, Zs. Bakacsi, 1998, 'Allocation of soil reclaiming material based on digital processing of aerial photograph' In. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, Vol. XXXII, Part 7, p.178-181.
- Tóth T., M. Kertész, L. Pásztor, 1998, 'Mapping of salt-affected soils', **World Congress of Soil Science**, Montpellier, 20-26/8/98, CD-ROM.
- Pásztor L., T. Tóth, B. Zágonyi, Zs. Bakacsi. 1999. Integrating GIS and RS in planning of sodic soil reclamation. **Conference on Spatial Statistics for Production Ecology.** Vol 4, ISI, The C.T. de Wit Graduate School. Wageningen. 1999. April 19-21
- Kuti, L., T. Tóth, I. Szentpétery, A. Zöld. 2002. Changes induced by the fluctuation of groundwater level in soil - parent material - groundwater system. Transactions of the **17th World Congress of Soil Science.** 14-21 Bangkok. Thailand. CD-ROM.
- Tóth, T., L. Kuti. 2002. Spatio-temporal changes in soil salinity status in lowland areas with shallow groundwater. Transactions of the **17th World Congress of Soil Science.** 14-21 Bangkok. Thailand. CD-ROM.
- Tóth, T., Gy. Várallyay. 2002. Past, present and future of the Hungarian classification of salt-affected soils. in: Soil Classification 2001. **European Soil Bureau. Research Report No.7.** European Communities. pp125-135.
- Tóth, T., L. Kuti, I. Fórizs, S. Kabos, A. Douaik. 2002. Spatial and temporal aspects of soil salinization in a sodic grassland. in Faz Cano, A., Ortiz Silla, R. és Mermut, A. R. (szerk.) **Sustainable use and management of soils in arid and semiarid regions.** Volume I. pp. 276-288.

6.7. Konferencia előadások teljes terjedelemben megjelent anyaga magyar nyelven

- Szendrei G., Tóth T., Kovács Pálffy P. és Szakáll S. 2001. Sókivirágzások hazai elterjedése. **A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei.** Szeged. 2001. október 25-27. Kiadja az SZTE Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged. (CD ROM) ISBN 963 482 544 3.
- Tóth T., Kuti L., Kabos S. és Pásztor L. 2001. Az alföldi szikes talajok elterjedését meghatározó agrogeológiai tényezők térinformatikai elemzése 1:500 000 méretarányban. **A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei.** Szeged. 2001. október 25-27. Kiadja az SZTE Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged. (CD ROM) ISBN 963 482 544 3.

Tóth T. és Kuti L. 2002. A talaj sótartalom-változás tényezői a kiskunsági Apajon. 106-116.o.
in: (Kátai J. és Jávora A. szerk.) **Talaj és környezet.** Debreceni Egyetem
Agrártudományi Centrum.