# Összefüggés a talaj sótartalma és egyes földtani tényezők között a hortobágyi „Nyírőlapos" mintaterületen
# II. Többszörös összefüggések és a felszíni sótartalom becslése

TÓTH TIBOR és KUTI LÁSZLÓ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete és Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

A szikes talajok legjellegzetesebb jellemvonása kedvezőtlen kémiai összetételük, de a hazai szolonyecek termőképességét főleg a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságaik korlátozzák (VÁRALLYAY, 1981). A kémiai és fizikai tulajdonságok között szoros összefüggések vannak (TÓTH, 1989). A dolgozatban a talajképződés szempontjából fontos tényezők és a talaj sótartalma közötti többszörös összefüggéseket vizsgáljuk az előző cikk folytatásaként (TÓTH & KUTI, 1999).

Nem csupán az összefüggések statisztikai szorosságát tárgyaljuk, hanem célunk a tényezők relatív fontossága alapján a talaj sótartalmának becslése. A statisztikai összefüggések alapján építjük fel a későbbiekben a sófelhalmozódás koncepcionális modelljét a vizsgálati területre.

## Anyag és módszer

A vizsgált adatokat a kapcsolódó cikkben ismertettük (TÓTH & KUTI, 1999).

A szikesedéssel összefüggő tulajdonságok statisztikai vizsgálatára nemparaméteres statisztikai próbákat (VINCZE & VARBANOVA, 1993) használtunk.

A becslésre alkalmazott regressziós fa technika az adatállomány valamely határérték szerinti rekurzív felosztását végzi el (BREIMAN et al., 1984; BREIMAN & FRIEDMAN, 1985). Az algoritmus az adatállományt úgy osztja fel részállományokra, hogy a regressziós becslés pontosságát maximálisan megnöveli. Előnye, hogy nem támaszt előfeltételeket a minta eloszlására (S-PLUS, 1994).

A munka még nem zárult le, az adatokat és a levonható következtetéseket folyamatosan adjuk közre. Az eddigi kutatás anyagi kereteit az OTKA T023271 és T30738 kutatási témák nyújtották.

* A Magyar Talajtani Társaság és a Magyarhoni Földtani Társulat Mérnökgeológiai Szakosztálya által szervezett „A szikesedés aktuális problémái" című előadóülésen (MÁFI, Budapest, 1997. december 8.) elhangzott el[illegible]

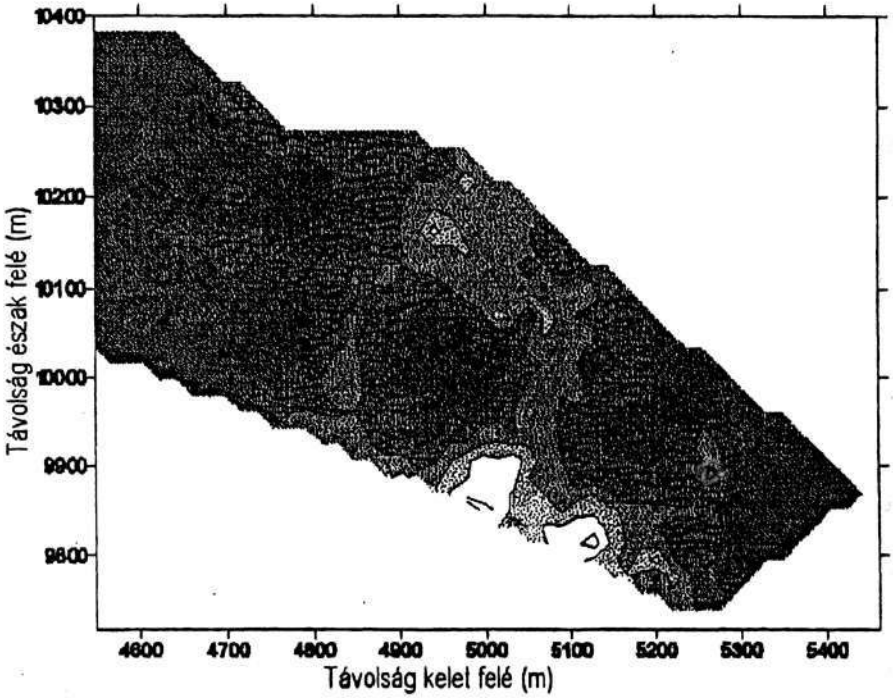
## Eredmények

*A talajvízmélység és sóösszetétel, valamint a rétegek kémiai tulajdonságainak változatossága és összefüggése*

Az 1. ábra – a fekete-fehér légifotók alapján a növekvő sótartalmat egyre világosabbnak tüntetve fel – a mintaterület 3 év alatt mért átlagos sótartalmát mutatja. Az átlagos sótartalom alapján kirajzolódó képet tipikusnak vehetjük a területre, a vizsgált 11 alkalomból 7 alkalommal mind az EC térbeli eloszlása, mind nagysága követte az 1. ábrán látható mintázatot.

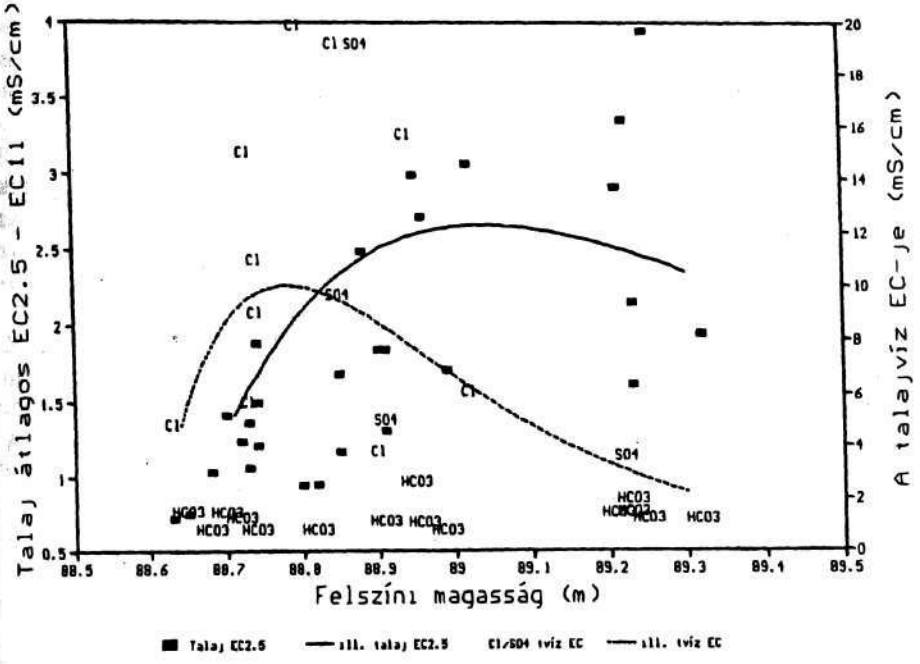
A talajvíz sótartalma és összetétele (az uralkodó ionok típusa) szoros összefüggést mutatott a felszíni magassággal, ennek megfelelően a legnagyobb sótartalmat 88,7–89 m között (a 2. ábrán az illesztett görbe alapján 88,8 m) tapasztaltuk.

A talaj sótartalom maximumát a 88,7–89,3 m-es felszínmagasságban (az illesztett görbe alapján 89,0 m-nél) kaptuk. Ez nagyjából megfelel a regionális




*1. ábra*

Az 1994–1997 között 11 alkalommal, 420 pontban elvégzett terepi mérés átlagaként a 0–40 cm-es rétegre számított EC-értékek. Az EC kategóriák 0,4 mS/cm-enként következnek, a legkisebb feltüntetett kategória 0,4–0,8, a legnagyobb 3,2–3,6 mS/cm. Növekvő EC-tartományokhoz egyre világosabb kategóriák tartoznak




*2. ábra*

**Összefüggés (mért értékek és illesztett görbék) a talaj és talajvíz elektromos vezetőképessége (EC), valamint a felszíni magasság között**

talajvízáramlás egységmedence elmélete alapján várható övezetességnek (TÓTH, 1984), kivéve a maximális sótartalmú rétegek magassági elhelyezkedését. A legmélyebb övezetben ugyanis mind a talajvíz, mind a talaj sótartalma csökken az átmeneti helyzetben lévő erősen szikes övezethez képest (2. ábra). Az időszakonként, de rendszeresen előforduló vízállások a talaj sótartalmának mind függőleges mind oldalirányú eloszlását befolyásolják, minek következtében a sók a lejtő irányában felfelé koncentrálódnak. A maximális sótartalmú talajvíz zónája a terület mélyebb pontjai alatt figyelhető meg; ez jelzi a talajvíz meghatározó szerepét a sótartalom-eloszlásban. Az, hogy a felszíni maximális sótartalom övezete magasabban helyezkedik el arra utal, hogy a felszíni vízállásoknak is jelentős hatása van a sótartalom magassági övezetességének kialakulásában (2. ábra). Az ábrán a talajvíz EC értékét az uralkodó anion típusával jelöltük, mivel az uralkodó kation (főként nátrium) nem mutatott jelentős változatosságot. A kis koncentrációértékek esetén hidrokarbonát, de nagyobb értékek esetén klorid és szulfát volt uralkodó. Ezek az összetételek megfelelnek az oldhatósági viszonyok alapján várható általános törvényszerűségeknek (DREVER, 1982; DARAB, 1967).

A talajvízkutakban mért talajvízszintek különbsége tükrözte a kutak talppontja közötti magassági különbséget. A monitorozott talajvízkutak által mutatott ingadozás a vizsgált időszak alatt nagy volt, mintegy 160 cm-t ért el. Megállapítottuk, hogy a talajvízszint sekély felszíni rétegeket is érintett, emiatt a talajvízből rendszeresen juthat só a felszín közelébe.

Megvizsgáltuk a talajvíz pH-ja és a különböző rétegek pH-ja közötti összefüggést. A legszorosabb összefüggést az 1,8 és 3 m-es réteg pH-val kaptuk (Kendall-féle korrelációs koefficiens = 0,57, szignifikanciaszint < 0,001). Az EC esetén ugyanezt tapasztaltuk. Mindkét megfigyelés arra utal, hogy a talajvíz és felszín alatti rétegek ezen kémiai tulajdonságai szoros kölcsönhatásban állnak.

Az EC- és pH-értékre is megvizsgált egymás alatt fekvő rétegek (TÓTH & KUTI, 1999, 1B. táblázat) EC- és pH-értékei (a 0,1 és a 0,3 m, az 1,8 és 3 m EC-je és pH-ja) szoros összefüggést mutattak 3 m-es mélységig. A 0,3 m-es réteg és a következő 1,8 m-es réteg pH-ja szoros összefüggést mutatott. A Kendall-féle korrelációs koefficiens értéke 0,49 (n = 20), a szignifikanciaszint pedig 0,003 volt. A két réteg EC-je fordított összefüggést mutatott, ami arra utal, hogy a feltalaj sóviszonyai erősen eltérnek a talajvíz ingadozási mélységének sóviszonyaitól, de a kémhatás nem.

Amikor a felszíni és felszín alatti minták EC- és pH-értékei közötti összefüggést hasonlítottuk össze azt találtuk, hogy 0,1 és 0,3 m mélységekben növekvő EC-értékhez növekvő pH tartozott, de ettől lentebb mind a három mélységben növekvő EC-hez csökkenő pH-érték tartozott. A két tulajdonság közötti Kendall-féle korrelációs koefficiens az 1,8 m-es mélységet kivéve mindegyik esetben erősen szignifikáns volt. Fentiek rámutatnak a talajoldat, illetve talajvíz kémiai összetétele közötti összefüggésekre. A feltalajban a karbonátok meghatározó jelentőségűek mindegyik mintavételi pontban: növekvő sótartalom növekvő szódatartalmat is jelent. Ezzel szemben az 1,8 m-es mélységben és azalatt a növekvő sótartalom esetén a jobban oldódó, semlegesen hidrolizáló sók mennyisége nő. Ennek oka a karbonátoknak a koncentráltabb oldatokból való kicsapódása.

*A felszíni magasság hatása*

A felszíni magasság jelentősége abban áll, hogy a mintaterületet három – a növényzet által világosan jelzett – övezetre osztja. A jellemző folyamatok alapján ezeket a következőképpen lehet elkülöníteni. Legmagasabban a kissé szikes, „a csapadék beszivárgás magassági övezete", a közepes magassági övezetben a legszikesebb, „a felszínen átfolyó, vagy elpárolgó csapadék magassági övezete", legalacsonyabban a kissé szikes, „a felszínen megálló vizek magassági övezete" található.

Fentieknek megfelelően a mintaterületen előforduló növényzet a legmagasabban található löszpusztagyeptől a legalacsonyabban fekvő szikes mocsárig terjed. A földtani mintavételezés során azonban a hagyományos növényzeti–

talajtani szikes toposzekvenciának (MAGYAR, 1928; BODROGKÖZY, 1965; VARGA et al., 1989; KERTÉSZ et al., 1990; TÓTH et al. 1991, TÓTH & RAJKAI, 1994; TÓTH & KERTÉSZ, 1993) csupán az ürmös szikes pusztától a szikes rétig terjedő, alacsonyabban elhelyezkedő „nedves szikes" szakaszát vizsgáltuk, mivel ezek a legjellemzőbbek mind a mintaterület mind a Hortobágyi Nemzeti Park egészének területén. Emiatt növekvő felszíni magassággal növekvő átlagos talaj sótartalmat tapasztaltunk a 0–40 cm-es rétegben, amint ezt a Kendall-féle korrelációs koefficiens kis szignifikanciaszintje mutatja (2. táblázat).

*1. táblázat*

**A felszíni magasság értékeinek az EC11 alapján készült csoportokkal végzett Kruskall–Wallis próba eredménye**

| (1) Átlagos rangszám | (2) Esetszám | (3) Csoport |
|---|---|---|
| 7,72 | 9 | EC11 < 1,3 mS/cm |
| 14,80 | 10 | EC11 1,3–2 mS/cm |
| 20,94 | 9 | EC11 > 2 mS/cm |

| (4) Khi-négyzet | (5) Sz. F. | (6) Szignifikancia |
|---|---|---|
| 11,6727 | 2 | 0,0029 |

A talajok nagy kicserélhető Na %-a növeli az erózió valószínűségét (LEVY et al., 1998), így a felszín lepusztulása miatt a magasság csökkenhet. Ez mindenekelőtt a padkásszikre jellemző és többnyire 5–20 cm-es szintkülönbséggel jár együtt. Ezek a szintkülönbségek nem hasonlíthatók a mintaterületen talált magassági különbségekhez (lásd 2. ábra és TÓTH & KUTI (1999) 2. ábra). Emiatt joggal feltételeztük, hogy a mintaterület térléptékében a felszíni magasságkülönbségeket nem a sótartalomban meglévő eltérések alakították ki. Ellenkezőleg, a felszíni különbségek okoztak térbeli különbségeket a talaj sótartalmában.

A Kruskall–Wallis próba alapján a területen a talajok sótartalma szempontjából a legfontosabb befolyásoló tényezőnek a felszíni magasság bizonyult (1. táblázat).

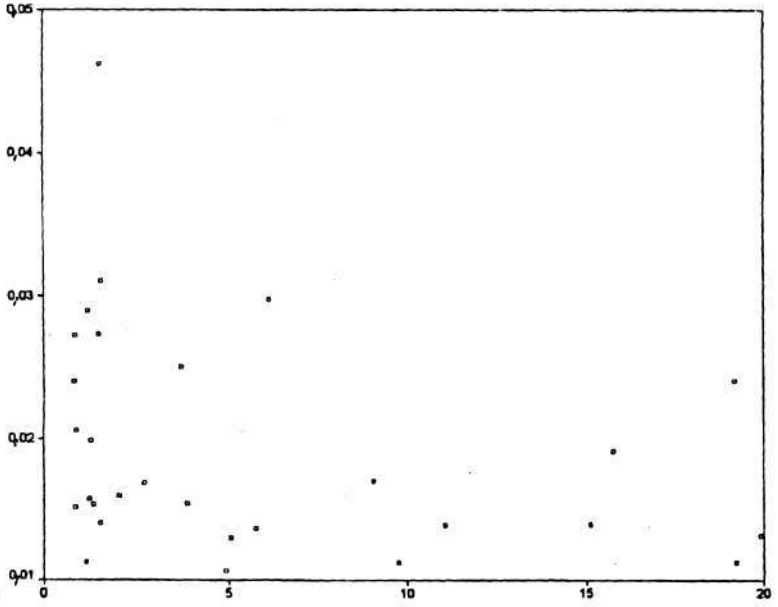
Növekvő felszíni magassággal tendenciájában csökkent a talajvíz elektromos vezetőképessége (2. ábra), vagyis a mélyebben fekvő területeken a talajvíz sótartalma nagyobb.

*Összefüggés a földtani rétegzettség és a talajvíz, valamint a feltalaj sótartalma között*

A talajrészecskék méretének (szemcseeloszlási típusának, fizikai féleségének) a sófelhalmozódásban jelentős befolyása van. Ezt mezőgazdasági táblákon, főként öntözéssel kapcsolatban már többen vizsgálták (WEI & LIU, 1988). A hazai szikes talajok kialakulásával kapcsolatos elméleteknek is sarkalatos pontja a talaj fizikai félesége.

A felszín alatti rétegek átlagos szemcseméretе a földtani kőzetliszt (legkisebb 0,01 mm) és homok (legnagyobb 0,1 mm) kategóriába esett, nagy változatosságot mutatott. Megállapítottuk, hogy az egymást követő rétegek szemcseméretе a Kendall-féle korrelációs koefficiens értéke alapján 8 m mélységig 0,05-nél kisebb valószínűségi szinten összefüggést mutatott. Csupán a 1,5–2 m-es, 2–3 m-es valamint a 3–4 m-es rétegek átlagos szemcseméretе nem mutatott ilyen összefüggést, a hirtelen szemcsefrakció váltás (TÓTH & KUTI, 1999; 3. ábra) miatt.

A földtani mintavétel során 0,1 és 0,3 m-es mélységben nyert minták EC-értéke szoros; a 11 mérési időpont átlagaként 0–40 cm-es rétegre átlagolt EC11 kevésbé szoros pozitív korrelációt mutatott a 2–3 m-es rétegek átlagos szemcseösszetételével (2. táblázat). Növekvő szemcseméretھez növekvő EC tartozott,




*3. ábra*

Összefüggés a 2–3 m-es réteg átlagos szemcseméretе és a talajvíz EC-je között. Függőleges tengely: A 2–3 m-es réteg átlagos szemcseméretе, mm. Vízszintes tengely: A talajvíz EC-értéke, mS/cm

aminek oka az, hogy a durvább üledékben a talajvíz kapilláris emelkedése gyorsabb.

A talajvíz EC-je kevéssé szoros negatív összefüggést mutatott a 2–3 m-es rétegek átlagos szemcseösszetételével (2. táblázat). Mivel ez az a mélység ahol a talajvízszint ingadozik, a szemcseméret növekedésével a talajvíz áramlási sebessége növekedhet, a talajvíz a beszivárgó vízzel felhígulhat, emiatt a talajvíz EC-értéke kicsi, és fordítva. A talajvíz összetételét azonban más tényezők is befolyásolják, mivel kisebb átlagos szemcseátmérőjű, agyagosabb réteghez is tartozhat kis talajvíz EC-érték (TÓTH & KUTI, 1999) (3. ábra).

A 11 mérési időpontból a 0–40 cm-es rétegre átlagolt EC2,5, az EC11 értéke szoros negatív összefüggést mutatott a talajvíz megütési mélységével (2. táblázat). Sekélyebb felszín alatti talajvízszint nagyobb felszíni sótartalmat eredményezett a rövidebb sóutánpótlási távolság miatt.

*2. táblázat*

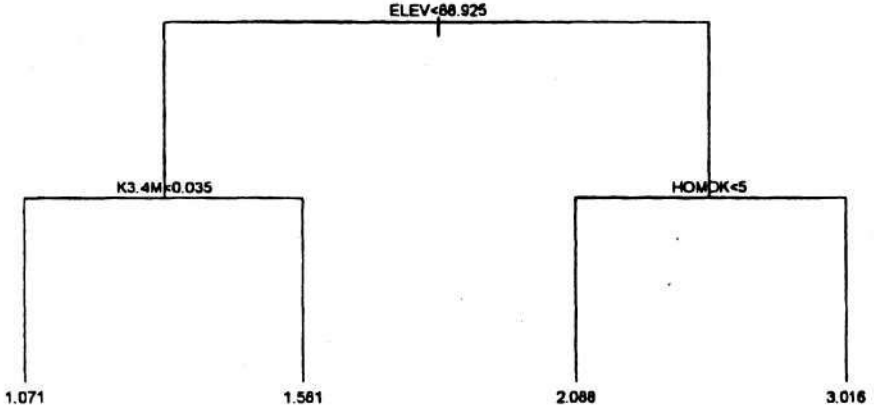
**Kendall-féle korrelációs koefficiens értékek egyes rétegek, a talaj EC-je, a felszíni magasság és szemcseméret között**

| | EC11 | EC.1M | EC.3M | TV-EC | Elev | K2-3M |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EC.1M | 0,7273<br>N (19)<br>Szig 0,000 | | | | | |
| EC.3M | 0,7155<br>N (19)<br>Szig 0,000 | 0,7302<br>(N (20)<br>Szig 0,000 | | | | |
| TV.EC | 0,0079<br>N (28)<br>Szig 0,953 | -0,0686<br>N (20)<br>Szig 0,673 | -0,1319<br>N (20)<br>Szig 0,417 | | | |
| ELEV | 0,5207<br>N (28)<br>Szig 0,000 | 0,2933<br>N (20)<br>Szig 0,073 | 0,4640<br>N (20)<br>Szig 0,005 | -0,2040<br>N (29)<br>Szig 0,123 | | |
| K2-3M | 0,1693<br>N (28)<br>Szig 0,206 | 0,3536<br>N (20)<br>Szig 0,030 | 0,4380<br>N (20)<br>Szig 0,007 | -0,2244<br>N (29)<br>Szig 0,088 | 0,1367<br>N (29)<br>Szig 0,302 | |
| TV-MEG | -0,3343<br>N (28)<br>Szig 0,023 | -0,2585<br>N (20)<br>Szig 0,158 | -0,3102<br>N (20)<br>Szig 0,090 | -0,0630<br>N (29)<br>Szig 0,663 | -0,3962<br>N (29)<br>Szig 0,007 | -0,0839<br>N (29)<br>Szig 0,562 |

*Megjegyzés* A táblázatban a sorrend a következő: koefficiens, alatta az esetszám (N), majd a koefficiens szignifikancia szintje (Szig). EC.1M: a 0,1 m-ben gyűjtött, EC.3M: a 0,3 m-ben gyűjtött talajminta elektromos vezetőképessége; TV-EC: a talajvíz elektromos vezetőképessége; ELEV: a felszíni magasság; K2-3M: a 2–3 m mélyen gyűjtött minta átlagos szemcsemérete; TV-MEG: a megütött talajvízszint mélysége; EC11: a 11 mérés átlagaként számított EC2,5

*A talaj sótartalmának előrejelzése földtani tényezők alapján, a földtani tényezők komplex hatása a talaj sótartalmára*

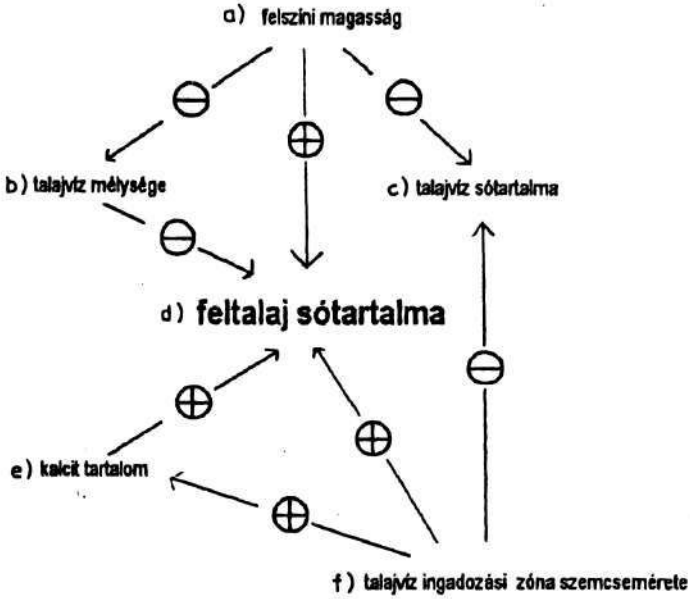
A regressziós fa technikát alkalmazva kísérletet tettünk az EC11, a 11 mérés átlagaként számított EC2,5 előrejelzésére. A 4. ábra alapján az EC11 értékét alapvetően a felszíni magasság alapján tudjuk előrejelezni. Amennyiben a felszíni magasság 88,925 m-nél kisebb, akkor további vágás következik. Ha a 3–4 m mély réteg átlagos szemcseméret kisebb mint 0,035 (a kőzetliszt durva frakciója) akkor az EC11 a legkisebb, az elválasztott 7 fúrásból álló csoport középértéke 1,07 mS/cm. Ha a 3–4 m mély réteg átlagos szemcseméret ettől az ér-




*4. ábra*
Regressziós fa a felszíni sótartalom becslésére

téktől nagyobb, akkor a 8 fúrásból álló csoport középértéke 1,58 mS/cm. Amennyiben a regressziós fa másik ágán haladunk tovább (felszíni magasság nagyobb mint 88,925 m) akkor a következő vágás attól függ, hogy hol van az a mélység ahol a homokfrakció (0,06–2 mm) legalább 15–18 %-os. Ha ez 5 m-nél sekélyebben jelenik meg, akkor 6 fúrásból álló csoporthoz jutunk, 2,09 mS/cm középértékkel. A legnagyobb sótartalmú csoport 5 fúrásból áll, 3,02 mS/cm középértékű; akkor jutunk ide ha a legalább 15-18 %-os homokfrakciót tartalmazó réteg 5 m felett nem jelenik meg. Az elválasztás pontosságát a 0,80-as korrelációs koefficiens jelzi.

Az elemzés ismét rámutat a szemcseméret jelentőségére. A talajvíz ingadozási mélységében 0,010–0,067 mm átlagos szemcseméret-tartományon (kőzetlisztfrakció) (TÓTH & KUTI, 1999; 1C. táblázat) belül minél kisebb a szemcseméret, annál kisebb a feltalaj sótartalma, mivel annál kisebb intenzitású a talajvízből felfelé irányuló sómozgás. Ugyanakkor a másik ágon a jelentős homokfrakciót tartalmazó rétegek jelenléte kedvez a kilúgzásnak, emiatt a felszíni 40 cm-es réteg sótartalma kisebb.




*5. ábra*
A feltalaj sótartalmát meghatározó földtani tényezők. Az ábrán „+" jelöli a pozitív, „–" a negatív összefüggéseket

A földtani tényezők hatását az 5. ábrával foglaljuk össze.

Az 5. ábra tanúsága szerint a feltalaj sótartalmát meghatározó fő tényező esetünkben a felszíni magasság volt. Mivel csupán a szikes toposzekvencia alsó felét vizsgáltuk földtani fúrásokkal, esetünkben nagyobb felszíni magassághoz nagyobb feltalaj sótartalom tartozott. Fontos szerepe volt a talajvízszint felszín alatti mélységének, mivel sekélyebb talajvízszinthez nagyobb feltalaj sótartalom tartozott. A vizsgált esetben a talajvízszint ingadozási mélységében, a kőzetlisztfrakció-tartományon belül, a nagyobb átlagos szemcseméret – feltehetően a gyorsabb kapilláris vízemelés miatt – egyre nagyobb feltalaj sótartalommal járt együtt, ezt a $CaCO_3$-tartalom növekedése is kísérte.

A kapott összefüggéseket nem tekintjük automatikusan átvihetőnek más területekre részben amiatt, hogy a földtani mintavétel csupán a szikes toposzekvencia mélyebb felét képviseli, részben pedig az elhagyott folyómeder közelsége következtében tapasztalt erős felszín alatti rétegzettség miatt, ami nem tipikus a szolonyeces területek egészén.

## Összefoglalás

A talajvízszint mélysége és a talajvíz összetétele összefüggést mutatott a felszíni magassággal, ezek hatását pedig a földtani rétegzettség módosította, ami a talaj sótartalom és a növényzet változatos megjelenését eredményezte.

Amikor regressziós fa technikával – földtani tényezőkből kiindulva – a fúrási helyek felszíni sótartalmát becsültük a legjobb becslő változók a felszíni magasság és a felszín alatti rétegek szemcsemérete voltak. Az összefüggés szorosságát jellemző korrelációs koefficiens értéke 0,80 volt.

A megfigyelések és a vizsgálati eredmények arra utalnak, hogy a területen található talajok a változékony talajvízszint hatása alatt fejlődtek ki és a területen belül a felszíni magasság a talajok sótartalmában meglévő térbeli változatosság döntő tényezője. A vizsgált földtani tényezők és a talaj sótartalma közötti összefüggést az 5. ábra mutatja be.

## Irodalom

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.

BREIMAN, L. & FRIEDMAN, J. H., 1985. Estimation optimal transformations for multiple regression and correlation (with discussion). Journal of the American Statistical Association. **80.** 580–619.

BREIMAN, L. et al., 1984. Classification and Regression Trees. Wadsworth and Brooks/Cole. Monterey.

DARAB K., 1967. Megjegyzések Dr. H. Franz „Adatok a negyedkori rétegződéshez és a szikes talajok genéziséhez a Hortobágyon és peremvidékén" c. tanulmányához. Agrokémia és Talajtan. **16.** 459–468.

DREVER, J. I., 1982. The Geochemistry of Natural Waters. Prentice Hall. New Jersey.

KERTÉSZ M., RAJKAI K. & TÓTH T., 1990. Légifényképezés alkalmazása védett termőhelyek vizsgálatában. Környezetgazdálkodási Kutatások. **3.** 62–100.

LEVY, G. J., SHAINBERG, I. & MILLER, W. P., 1998. Physical properties of sodic soils. In: Sodic Soils. Distribution, Properties, Management and Environmental Consequences. (Eds.: SUMNER, M. E. & NAIDU, R.) 74–97. Oxford University Press. New York.

MAGYAR P. 1928. Adatok a Hortobágy növényszociológiai és geobotanikai viszonyaihoz. Erdészeti Kisérletek. **30.** 26–63.

S-PLUS, Ver. 3.3. 1994. StatSci. A Division of MathSoft, Inc. Seattle.

TÓTH, J., 1984. The role of regional gravity flow in the chemical and thermal evolution of ground water. In: Proc. First Canadian/American Conference on Hydrogeology, Banff, Alberta, Canada. (Eds.: HITCHON, B. & WALLICK, E. I.) 3–39. National Water Well Association. Worthington, Ohio.

TÓTH T., 1989. Néhány összefüggés a réti szolonyec talajok egyes kémiai, fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai között. Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei. **28.** 561–575.

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

TÓTH T. & KUTI L., 1999. Összefüggés a talaj sótartalma és egyes földtani tényezők között a hortobágyi „Nyírőlapos" mintaterületen. I. Általános földtani jellemzés, a felszín alatti rétegek kalcittartalma és pH-értéke. Agrokémia és Talajtan. **48.** 431–446.

TÓTH, T. & RAJKAI, K., 1994. Soil and plant correlations in a solonetzic grassland. Soil Science. **157.** 253–262.

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

VÁRALLYAY, GY., 1981. Extreme moisture regime as the main limiting factor of the fertility of salt-affected soils. Agrokémia és Talajtan. **30.** Suppl. 73–96.

VARGA Z-NÉ., VARGA Z. & NYILAS I., 1982. Nyírőlapos–Nyári járás: Talaj, növényzet, állatvilág. Hortobágyi Nemzeti Park. Debrecen.

VINCZE I. & VARBANOVA M., 1993. Nemparaméteres matematikai statisztika. Akadémiai Kiadó. Budapest.

WEI, Y. Q. & LIU, S. Y., 1988. The gradation and regionalization methods on prediction of potential salinization in Huang-Huai-Hai Plain of China. Proc. Int. Symp. Solonetz Soils, Osijek. 348–353.

*Érkezett: 1999. április 10.*

# Geological Factors Affecting the Salinization of the Nyírőlapos Sample Area (Hortobágy, Hungary) II. Multiple Relations and the Prediction of Surface Soil Salinity

T. TÓTH and L. KUTI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest and Hungarian National Geological Institute, Budapest

## Summary

The depth of the groundwater level and the composition of the groundwater were found to be related to the elevation, but their effect was modified by the geological stratification, resulting in variable vegetation cover.

When the soil salt concentration was predicted by the regression tree technique, the best predicting variables selected by the algorithm were the elevation and the particle size of the underground layers. The value of the correlation coefficient was 0.8.

According to the observations and analyses, the soils of the area were formed under the effect of the oscillating groundwater level, and the elevation is the dominant factor in the spatial variability of salt accumulation. The relationship between the geological factors and soil salt content is shown in Fig 5.

*Table 1.* Results of the Kruskall-Wallis test on the elevation values for groups set up on the basis of EC11. (1) Mean ranking. (2) No. of cases. (3) Group. (4) Chi-squared. (5) Degrees of freedom. (6) Significance.

*Table 2.* Values of Kendall's correlation coefficient between certain layers, the EC of the soil, the elevation and the particle size. *Note:* Order in the table from top to bottom as follows: coefficient, no. of cases (N), significance level of the coefficient (Szig). EC.1M: electrical conductivity of soil samples collected at a depth of 0.1 m, EC.3M: at a depth of 0.3 m; TV-EC: electrical conductivity of the groundwater; ELEV: elevation; K2-3M: mean particle size of a sample collected at a depth of 2-3 m; TV-MEG: depth of finding groundwater level; EC11: EC2.5 calculated as the mean of 11 measurements.

*Fig. 1.* EC values calculated for the 0–40 cm layer as the mean of field measurements carried out at 420 points on 11 occasions between 1994 and 1997. The EC categories follow each other at 0.4 mS/cm intervals, the smallest category mentioned being 0.4–0.8 mS/cm and the largest 3.2–3.6 mS/cm. The categories become clearer in higher EC ranges.

*Fig. 2.* Correlation (measured values and fitted curves) between the electrical conductivity (EC) of the soil and groundwater, and the elevation.

*Fig. 3.* Correlation between the mean particle size of the 2–3 m layer and the EC of the groundwater. Vertical axis: Mean particle size of the 2–3 m layer, mm. Horizontal axis: EC value of the groundwater, mS/cm.

*Fig. 4.* Regression tree for the estimation of surface salt content.

*Fig. 5.* Geological factors determining the salt content of the topsoil. Positive correlations : "+" and negative correlations: "-". a) Elevation; b) Groundwater depth; c) Salt content of the groundwater; d) Salt content of the topsoil; e) Calcite content; f) Particle size of the groundwater fluctuation zone.