

Elemi táji mintázatok hatása talajkémiai paraméterekre¹

SZALAI ZOLTÁN²–NÉMETH TIBOR³

Abstract

Influence of elementary land mosaics on chemical parameters of soils

Land mosaics have direct and indirect influence on chemical reaction and redox condition of soils. The present paper deals with the relationship between some environmental factors (such as soil and vegetation patterns, micro-relief, water regime, temperature and incident solar radiation) and the pH, *Eh* of soils and solute iron in a headwater wetland in Transdanubia, Hungary. Measurements have been made in four different patches and along their boundaries: sedge (*Carex vulpina*, *Carex riparia*, three patches and two species), horsetail (*Equisetum arvense*), common nettle (*Urtica dioica*). The spatial pattern of the studied parameters are influenced by the water regime, micro-topography, climatic conditions and by direct and indirect effects of vegetation.

The indirect effect can be the shading, which has influence on soil temperature and on the incident solar radiation (*PAR*). Root respiration and excretion of organic acids appear as direct effects. Individual pH and *Eh* characteristics have been measured in the studied patches. Soil *Eh*, pH and solute iron have shown seasonal dynamics. Higher redox potentials (increasingly oxidative conditions) and higher pH values were measured between late autumn and early spring. The increasing physiological activity of plants causes lower pH and *Eh* and it leads to greater spatial differences. Although temperature is an essential determining factor for *Eh* and pH, our results suggest that it rather has indirect effects through plants on wetlands.

Bevezetés

A tájmintázatok és az ökológiai folyamatok közötti kapcsolatok feltárása annak ellenére is a geoökológia aktuális kulcsfeladatai között említhető (CSATÓ SZ.–MEZŐSI G. 2003), hogy évtizedes távlatokban is összefoglaló művekben fejezet szinten foglalták össze az addig felhalmozott ismereteket (LASER, H. 1976; FORMAN, R.T.T. 1995; CSORBA P. 1997; MEZŐSI G.–RAKONCZAI J. 1997; KERTÉSZ Á. 2003). Az elemi táji egységek (ökotópok) közötti

¹ A kutatást az OTKA (T 38122) és a Bolyai Ösztöndíj támogatta.

² MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45. E-mail: szalaiz@iif.hu

³ MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45. E-mail: ntibi@geochem.hu

anyagáramlást számos élő és élettelen környezeti tényező alakítja. A makro- és mikroelemek forgalmának és az ebben mutatkozó térbeli különbségek közötti kapcsolatról számos hazai (FARSANG, A.–M. TÓTH, T. 2003; SIPOS, P. 2004; SZABÓ Gy. et al. 2007; SZALAI Z. 1998) és nemzetközi közleményben (GAMBRELL, R.P. 1994) találhatunk forrást.

Az anyagáramokat befolyásoló legfontosabb inorganikus paraméterek közül az agyagásványok (NÉMETH, T. et al. 2006; SIPOS, P. 2006; SZABÓ Gy. 2006), a kémhatás (IMPELLITERITTI, C.A. 2005; SZABÓ Sz.–SZABÓ Gy. 2006), és a redox viszonyok térbeli valamint időbeli inhomogenitásának (WEISS, J. V. et al. 2005; SZALAI Z. 2008) hatásait kell a legfontosabbak között megemlítenünk. E két paraméter nemcsak a nyomelemek szorpciósi viszonyaira, de az oldott állapotú nyomelemek (ZIH-PERÉNYI, K.–LÁSZTITY, A. 2005; ZIH-PERÉNYI, K. et al. 2008) kémiai formáira is hatással vannak.

Az élettelen környezeti tényezőkre, mint pl. a talaj redox és kémhatás viszonyait az élő szervezetek (ebben az értelemben biotikus paraméterek) jelentős befolyással vannak (ASCAR, L. et al. 2008). Az élővilág, valamint a talajok és üledékek redox-viszonyainak kapcsolatát főleg a mikrobiális organizmusokkal kapcsolatban tanulmányozták (GAMBRELL, R.P. 1994; GUO, T. et al. 1998).

A legkisebb táji egységek, az ökotópok mintázata a talajszemcsékhez kötött a makro- és mikroelem áramokra is hatással van. Ezzel a folyamattal kapcsolatban elsősorban a talajerózióval kapcsolatos értekezésekben (MADARÁSZ, B. et al. 2003; FARSANG, A.–BARTA, K. 2004; KERTÉSZ Á. et al. 2004) találhatunk eredményeket. Jelen tanulmányban elsősorban az oldott állapothoz kapcsolódó mozgásokat és a növényi felvételt egyaránt befolyásoló kémhatás, valamint a redox viszonyok térbeli és időbeli mintázatait tárgyaljuk ökotóponkénti bontásban. Az ökotópokat praktikusán homogén talaj és növényzeti foltokkal jellemezhetjük (KEVEINÉ BÁRÁNYI I. 2003).

Kiinduló hipotézisünk szerint a redox és a kémhatás dinamikáját közvetlenül és közvetve is befolyásolják a táji mintázatok kulcselemének számító növényzeti mintázatok. A közvetett hatások legfontosabbika az árnyékolás, ami a talajhőmérséklet szabályzásán keresztül közvetve hat a talajkörnyezetre. Ezzel együtt a gyökérzet aktív módon is befolyásolja a talaj pillanatnyi savanyúságát, ill. az oxidációs-redukciós környezetet. Ennek igazolására olyan környezetet kellett választani, amely talajfizikai és geokémiai háttérét tekintve „közel homogénnek mondható”.

Az ökotópok közötti különbségek a mikrodomborzatban, és ezáltal a vízellátottságban, valamint a növényzetben mutatkoznak meg. A kutatás során egy ilyen homogénnek tekinthető környezetben két árnyékolt (fás) és három nyílt ökotópban mértük a talaj kémhatásának és redox viszonyainak változását. Mivel e tényezők igen erősen hőmérséklet érzékenyek, így e paraméterekkel együtt monitoroztuk a talajhőmérséklet is. A magasabb rendű növények aktivitásának változására közvetett úton, a fotoszintetikusan aktív nap-sugárzás (PAR, $\lambda = 400\text{--}700\text{ nm}$) monitorozása útján következtettünk.

Vizsgálati módszerek

A kutatás a Tolnai-dombság területén egy É–D csapásirányú völgyben folyt. A völgytalp vízfolyása a nyári időszakokban rendszerint elapad. A völgytalp mocsárrétjeinek és fás ligeteinek talaja a legszárazabb időszakokban is vízzel telített. A völgyet határoló hátaik tölgyesei és fenyővel kevert tölgyesei még a leghosszabb napokon is jelentősen lerövidítik a terület közvetlen besugárzását. A mérési pontok a völgytalpi helyzetű ökotópokban lettek kijelölve (1. ábra):

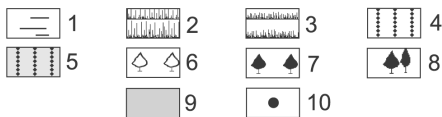
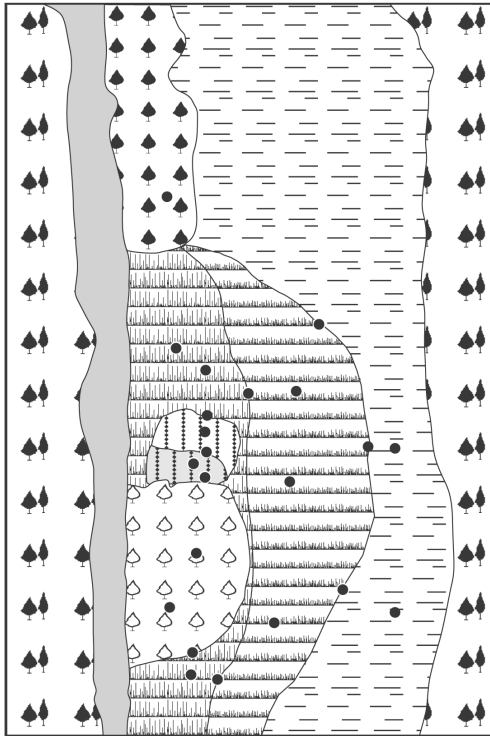
A. Nyílt ökotópok:

1. *Carex vulpina* által dominált sásos (crx0)
2. *Carex riparia* által uralt sásos (kaszált) folt (crx1)
3. *Carex riparia* által uralt sásos folt (crx2)
4. *Equisetum arvense* által uralt folt (equ2)

B. Árnyékolt ökotópok:

5. *Acer campestre*–*Equisetum arvense* által utalt folt (equ3)
6. *Acer campestre*–*Urtica dioica* által utalt folt (urt3)
7. *Alnus glutinosa* által utalt folt (aln4)

Ökotóponként (foltónként) 2–3 mérési pontot jelöltünk ki. A mérési pontokban két-két egymás felé irányuló 15 cm mély, 0,8 cm átmérőjű „fészket” alakítottunk ki. A kialakított lyukakba egy-egy pH, ill. Eh érzékelőt helyeztünk. Az érzékelőket TESTO 230 típusú terepi készülékkel olvastuk ki. A talajok kémhatását (pH_{H₂O}, pH_{KCl}) szabványos eljárás alapján (Buzás I. szerk. 1988) laboratóriumban is meghatároztuk. A fotoszintetikusan aktív napsugárzást (PAR) ELE Skye 200 „kvantum interceptorral” mértük, a készülék specifikációjában megadott λ: 400–800 tartományban. A PAR-t a nyílt foltokban a növényzet és a talaj felszínén, a fás foltokban pedig a lágyszárú szint és a talajfelszínén mértük.



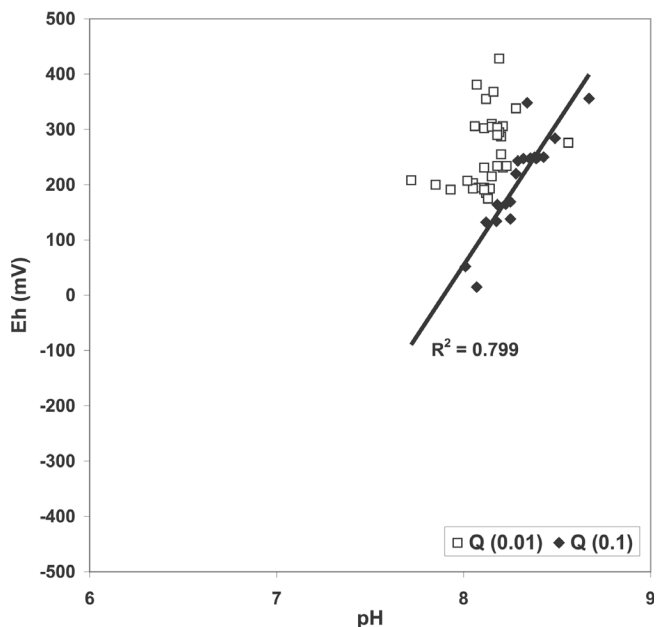
1. ábra. A terület tópiikus egységeinek vázlatja. – 1 = rét – *Carex vulpina* (Crx0); 2 = magassásos – *Carex riparia* (Crx2); 3 = kaszált magassásos – *Carex riparia* (Crx1); 4 = nyílt zsurlós – *Equisetum arvense* (Equ2); 5 = zsurlós folt mezei juhar alatt – *Equisetum arvense*, *Ulmus minor* (Equ3); 6 = csalános mezei juhar alatt – *Urtica dioica*, *Ulmus minor* (Urt3); 7 = égerliget – *Alnus glutinosa* (Aln4); 8 = cseres tölgyes; 9 = erdészeti út; 10 = mérési pontok

Map of ecotopes (patches). – 1 = meadow – *Carex vulpina* (Crx0); 2 = high sedge – *Carex riparia* (Crx2); 3 = high sedge (mown) meadow – *Carex riparia* (Crx1); 4 = horse-tail – *Equisetum arvense* (Equ2); 5 = horsetail under common maple – *Equisetum arvense*, *Ulmus minor* (Equ3); 6 = urtica under common maple – *Urtica dioica*, *Ulmus minor* (Urt3); 7 = alder grove – *Alnus glutinosa* (Aln4); 8 = turkey oak; 9 = macadam road; 10 = points of measurement

Eredmények

A redox potenciál és a kémhatás élettelen rendszerekben közel lineáris kapcsolatban van egymással. Ezt a jelenséget két egymástól vízhozamában nagyságrendileg különböző vízfolyás pH és *Eh* viszonyai (2. ábra.) tükrözi. E két paraméter között közel lineáris kapcsolat adódott a 10 l/s közepes vízhozamú mészkemence patakban, míg a disztróf jellegű, igen kis hozamú ($Q < 1$ l/s) erecske vízében ezzel ellentétben már a két paraméter között ilyen kapcsolatot nem sikerült kimutatni. A pH és az *Eh* közötti lineáris kapcsolat a réti talajokban még kevésbé áll fenn. A vizsgált mocsárrét tópiikus egységei az *Eh-pH* diagramon is foltokat képeznek. E foltok elhelyezkedését és alakját számos paraméter alakítja. Ezek közül a legfontosabbak között kell említeni ezen egységek kémiai sajátosságait, a mikrobiális aktivitásban és a talajhőmérsékletben (STEIN, O.R. et al. 2007) mutatkozó különbségeket. Az árnyékoltóság a besugárzás módosításával a domborzat és a vegetációs mintázatok közvetetten hatnak a vizsgált tényezőkre.

A különböző növényzeti egységek elkülönülése az *Eh-pH* diagramon elsősorban a talajban lejátszódó élettani folyamatokkal magyarázhatók, mivel a tópiikus egységek talajkémiai paramétereik tekintetében csak a szerves anyag tartalmaik (SOM) tekintetében különbözöek. A terület talajkémiai



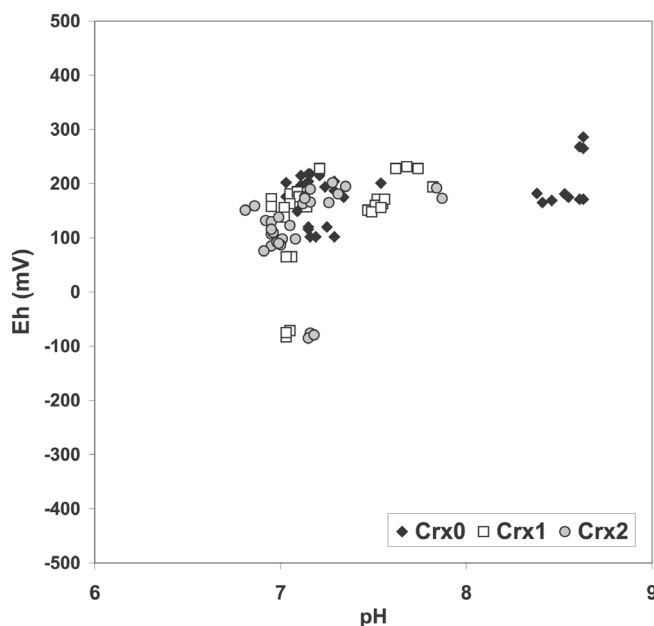
2. ábra. Kisvízfolyások *Eh-pH* diagramja
Scatter of *Eh* and pH small freshwater bodies

homogenitásának (1. táblázat) köszönhető, hogy a vizsgált foltok egymással olykor jelentősen átfedésben vannak (3. ábra). Szintén ugyanennek köszönhető, hogy bizonyos tópok több folttal jellemezhetők. Az Eh-pH diagramon a foltok „szétszakadásának” az oka elsősorban a késő tavaszi időszakban időlegesen kialakuló redukzív környezetnek köszönhető.

1. táblázat. A tópikus egység talajainak paramétereit

Ökotóp	Agyagfrakció, %	Agyag- ásvány tartalom,* %	Kvarc**, %	TOC, %	CaCO ₃ tartalom, %	Al, ppm	Fe, ppm
Crx 0	19,3	14	67	2,15	7,3	10060	14600
Crx 1	19,1	19	55	2,48	6,5	11010	16150
Crx 2	19,8	19	55	2,49	6,1	11060	16240
Equ 2	20,2	19	55	2,26	5,5	7510	11200
Equ 3	29,5	na	na	1,86	5,5	7200	11250
Urt 3	29,8	19	70	1,83	5,5	7790	11530
Aln 4	29,4	17	na	1,87	5,1	7850	11520

agyagfrakció: d<2µm; ** a 2µm-nél finomabb frakcióban; na = nincs adat



3. ábra. A parti sásos és rókasásos foltok Eh-pH diagramja. – Crx0 = *Carex vulpina*; Crx1 = *Carex riparia* (kaszált/mown); Crx2 = *Carex riparia*

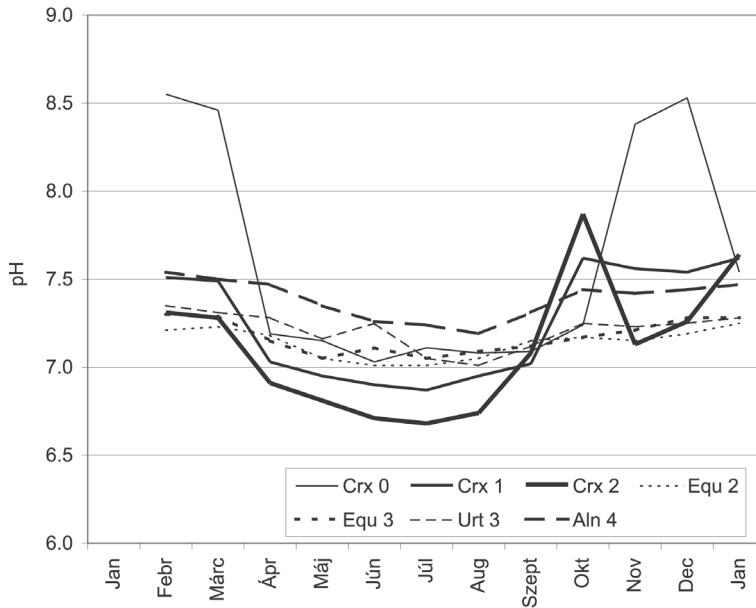
Eh-pH scatter of sedge patches. – Crx0–Crx2 = for explanation see the Hungarian text

A tanulmányozott mocsárréten lehatárolt tópus egységek jellegzetesen eltérő mikroklimájúak. Ebből következően a talaj kémhatását és redox viszonyait befolyásoló főbb paramétereikben (beeső napsugárzás, talajhőmérséklet) is eltérnek egymástól (2. táblázat), ezért feltételezhetően ezek a foltok az előbb említett két paraméter tekintetében is különbözhetnek.

2. táblázat. A talajhőmérséklet (10 cm) és a PAR napi menete a lágyszárú növényzet felszínén, 2007. június 15-én

Időpont, h	Crx2		Equ2		Equ3	
	t, °C	PAR, μmol m ⁻² s ⁻¹	T, °C	PAR, μmol m ⁻² s ⁻¹	t, °C	PAR, μmol m ⁻² s ⁻¹
2:00	15.5	0.0	15.6	0.0	14.2	0.0
3:00	15.4	0.0	15.5	0.0	14.2	0.0
4:00	15.4	0.2	15.5	0.2	14.1	0.0
5:00	15.3	5.1	15.5	5.0	14.1	0.5
6:00	15.3	34.0	15.5	33.3	14.0	0.9
7:00	15.1	762	15.4	760	14.0	18
8:00	14.9	995	15.3	993	14.0	102
9:00	14.9	1210	15.3	1210	14.1	151
10:00	14.8	1451	15.2	1451	14.2	165
11:00	14.9	1594	15.2	1594	14.2	165
12:00	15.0	1611	15.2	1611	14.1	105
13:00	15.1	1621	15.2	1621	14.1	102
14:00	15.1	1470	15.2	1465	14.0	108
15:00	15.3	1459	15.4	1455	14.3	98
16:00	15.4	1480	15.6	1472	14.4	91
17:00	15.2	970	15.4	980	14.5	58
18:00	14.7	258	15.0	250	14.5	39
19:00	14.9	13.1	15.0	12.5	14.5	1.1
20:00	14.7	4.9	14.9	4.3	14.4	1.1
21:00	14.6	0.0	14.9	0.0	14.4	0.0
22:00	14.6	0.0	14.8	0.0	14.4	0.0

A várakozásoknak megfelelően a beeső napsugárzás és a talajhőmérséklet éves dinamikájához hasonlatosan a talajok kémhatása is jellegzetes (4. ábra) éves ingadozást mutat. A vegetációs időszakon kívül (november–február) a tópus talajainak kémhatása a laboratóriumban mért desztillált vizes pH-hoz közeli értékeket mutattak. A laboratóriumban és a vegetációs időszakon kívül mért pH az éves vízborítás időtartamának hosszával és a fás vegetáció meglétével együtt a semleges tartományhoz közelebb, míg a vízborítás éves hosszának csökkenésével inkább a bázikus irányba mutatott. A március és október közötti időszakban a terepen mért pH az előbbi értékeknél mindig alacsonyabb volt. Az éves ingadozás során mért pH értékek, valamint a változás amplitúdója a tópus egységenként változott. A legnagyobb éves változásokat a *Carex vulpina* (Crx0) által uralt foltokban mértük, a legsavanyúbb talajkörnyezet azonban a *Carex riparia* (Crx1, Crx2) által dominált területeken



4. ábra. Elemi tájmozaikok kémhatásának éves dinamikája

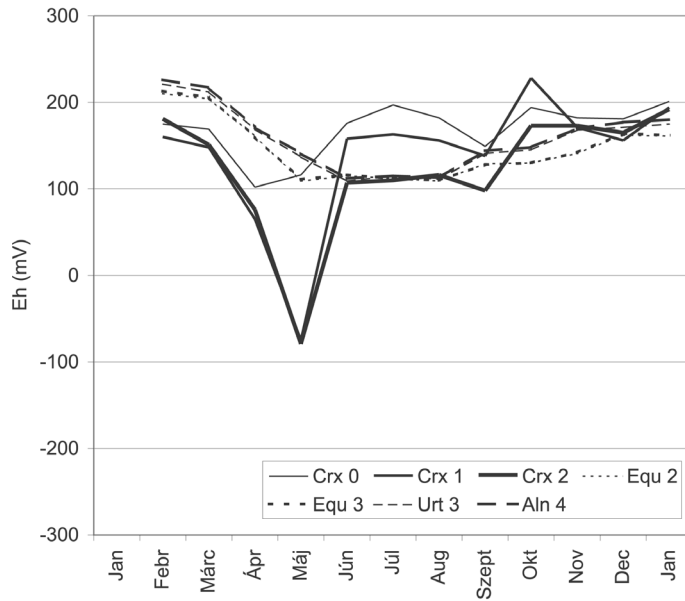
Seasonal dynamics of soil pH in elementary landscape patches

alakultak ki. A talaj kémhatására a rendszeres kaszálás is hatással volt, ekkor a *Carex riparia* némileg kisebb mértékben savanyította el a talajkörnyezetét.

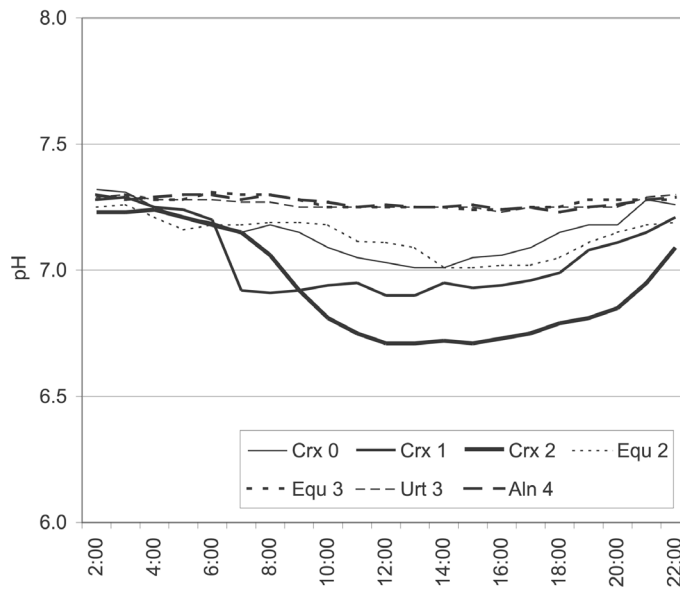
A különböző foltok kémhatásában mutatkozó különbség a nyári hónapokban 0,6 pH egység. A vegetációs időszakon kívül a különbség 0,3 pH egységre csökkent, ha a *Carex vulpina* által uralt foltokat figyelmen kívül hagyjuk. A rókásásos foltokat is beleszámítva a különbség 1,4 pH egységre nőtt, ami annak köszönhető, hogy ezek a területek vízzel legkevésbé ellátottak, így az éves pH ingadozás mértéke is itt a legnagyobb.

A kémhatáshoz hasonlóan a redox potenciál is jellegzetes éves dinamikát mutatott (5. ábra). Az *Eh* tekintetében a fás borítású foltok és a nyílt zsurlos folt nem különültek el egymástól. A kémhatással azonos módon a *Eh* a hőmérséklet emelkedésével együtt csökkent. A nyári hónapokban a vegetációs időszakon kívüli különbségek teljesen eltűntek. A mintaterületen a májusi hónap jelenti a kivételt, ekkor ugyanis a *Carex riparia* által uralt foltokban a viszonyok redukttivá váltak. A rendszeres kaszálás nem okozott változást az *Eh* csökkenésének mértékében, különbséget csak az ezt követő hónapokban tapasztalhattunk.

A kémhatásban és a redox-viszonyokban nemcsak évszakos, hanem a vegetációs perióduson belül napszakos ingadozásokat is megfigyelhettünk. A



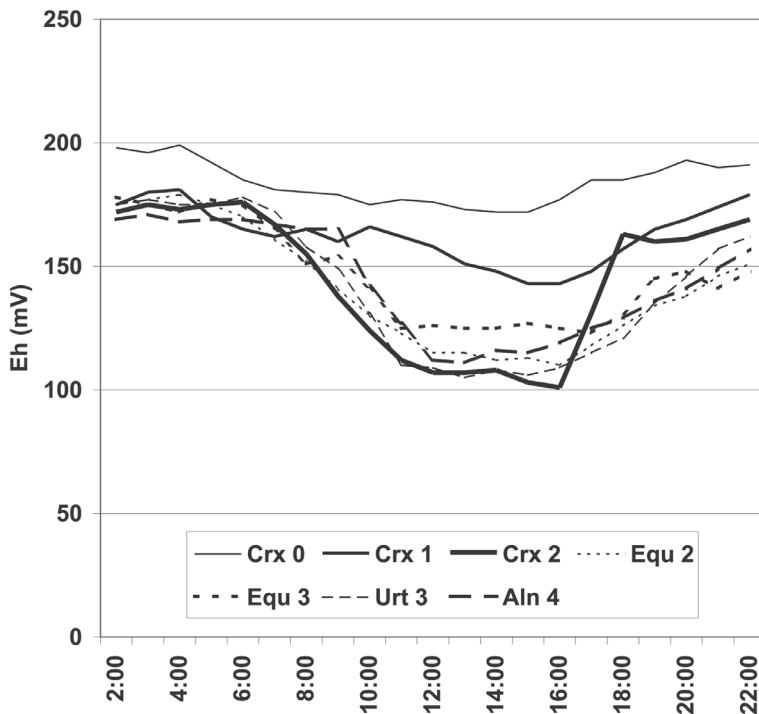
5. ábra. Elemi tájmozaikok redox viszonyainak éves dinamikája
Seasonal dynamics of soil Eh in elementary landscape patches



6. ábra. Elemi tájmozaikok kémhatásának napi dinamikája a nyári napfordulón
Diurnal dynamics of soil pH in elementary landscape patches on summer solstice

napszakos ingadozások a május–augusztus időszakban, anticiklonáris időjárási körülmények idején a legkifejezettebbek (6. ábra). A kémhatás napszakos ingadozása a fásszárúak dominálta foltokban (*Equ3*, *Urt3*, *Aln4*) szintén nem volt kimutatható. A nyílt zsurlós (*Equ2*) és rókasásos (*Crx0*) zsurlós foltokban a pH napi ingása 0,3 egység, míg a kaszálatlan parti sásosban (*Crx2*) meghaladta a 0,5 egységet is. A talaj kémhatásának megváltozása napi szinten nem a hőmérséklettel, hanem a beeső napsugárzással (*PAR*) mutatott kapcsolatot. A feltalaj pH-jának csökkenése az 5–10 mmol/m²/s közötti sugárzási szint felett kezdődik meg.

Az *Eh* napi dinamikája a kémhatáshoz képest más törvényszerűséget mutat (7. ábra). A vegetációs időszakon kívül az *Eh* napi ingadozása szintén elhanyagolható. A nyári napforduló idején az *Eh* napi ingadozása az összes tópus egységben hasonló mértékű volt. Kivételt a két kaszált sásos folt (*Crx0*, *Crx1*) jelentett, ahol a napi ingadozás mértéke jelentéktelenebb volt. A feltalaj redukcióvá válását ekkor a magasabb víztartalom fokozta. A redox viszonyok napi megváltozása a kémhatáshoz hasonlóan a beeső napsugárzás mértékével van összhangban.



7. ábra. Elemi tájmozaikok redox viszonyainak napi dinamikája a nyári napfordulón
Diurnal dynamics of soil *Eh* in elementary landscape patches on summer solstice

Következtetések

A talajok kémhatása és redox viszonyai egy viszonylag kis területen belül – tópus egységekhez köthető – térbeli különbségeket mutatnak. A fenti paraméterek nemcsak térbeli, hanem időbeli: napi és éves ingadozásokat mutatnak. A tópus egységek közötti különbségek évszakosan és napszakosan is különböző mértékűek. Az *Eh* és a pH napi és éves dinamikájában mutatkozó különbségek tehát a leírt tópus egységek talajkémiai különbözőségének alapja. A terepen mért *Eh* és pH dinamikák azonban különböznek a laboratóriumi körülmények között előállított rendszerektől, mivel ott az *Eh* a napfény növekedésével együtt jelentős mértékben emelkedett (WEISS, J.V. et al. 2005). A kémhatás és redox terepen mért napi járása mértékében szintén jóval kisebb volt, mint a laboratóriumi körülmények között előállított rendszerekben (CALLIE, N. et al. 2003; WEISS, J.V. et al. 2005) tapasztaltak.

Az általunk mért különbségek abiotikus és biotikus tényezőkre egyaránt visszavezethetők. A térbeli különbözőségek kialakításában az abiotikus tényezők közül a vízellátottság helyi szinten a legfontosabb. A vízellátottságban mutatkozó különbözőségeket az emberi területhasználat is felerősítheti. Ezt a megfigyelést esőszimulátorral végzett kísérletekben pontosan leírták (Szűcs, P. et al. 2006).

A biotikus tényezők közül nemcsak a mikrobiális szervezeteknek (NEBAUER, S. C. et al. 2008; WEISS, J.V. et al. 2005), hanem a magasabb rendű növényeknek is szerepük van. Ezt az *Eh* és a pH napi ingadozásának a PAR-szinttel mutatott kapcsolata jelzi. A magasabb rendű növények szerepe a tanulmányozott mocsárréteken kettős: A fászszerű (és részben a lágyszárú) növényzet hatással van a besugárzás viszonyok térbeli különbözőségeinek kialakításában, ezáltal befolyásolja a talaj mikroklímáját, ezáltal áttételesen hat a vizsgált tényezőkre.

Feltételezhető, hogy a vizsgált talajkémiai paraméterekre ható mikrobiális tényezők inkább hőmérsékletfüggők. Amennyiben a fentiekben vázolt elmélet helyes, akkor az *Eh* és a pH napi menetének jellegét a nap elején inkább a PAR szint emelkedése (azaz a magasabb rendű növények), a nap második felében pedig inkább a talajhőmérséklet (a mikrobiális szervezetek közvetlenül, a magasabb rendű növények pedig áttételesen) befolyásolják.

IRODALOM

- ASCAR, L.–AHUMADA, I.–RICHTER, P. 2008. Influence of redox potential (*Eh*) next term on the availability of arsenic species in soils and soils amended with biosolid. – *Chemosphere*, 72. 10. pp. 1548–1552.
- BUZÁS I. (szerk.) 1988. Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 243 p.
- CSATÓ SZ.–MEZŐSI G. 2003. A geoökológia aktuális kutatási problémái. – *Tájökológia*, 1. 1. pp. 19–32.
- BARTA K.–FARSANG A.–MEZŐSI G.–ERDEI L.–CSER V. 2006. Fitoremediációs kísérletek eltérő szennyezettségű területeken. – Talajtani Vándorgyűlés, Sopron. 2006. augusztus 23–25. Abstract kötet, 28 p.
- CALLIE, N.–TIFFREAU, C.–LEYVAL, C.–MOREL, J.L. 2003. Solubility of metals in an anoxic sediment during prolonged aeration. – *The Science of the Total Environment*. 301. pp. 239–250.
- CSORBA P. 1997. Tájökológia. – KLTE, Debrecen, 113 p.
- GAMBRELL R.P. 1994. Trace and toxic metals in wetlands – a review. *Journal of Environmental Quality*, 23. pp. 883–891.
- GUO, T.–DELAUNE, D.–PATRICK, W.H. 1998. *Spill Science and Technology*. – *Bulletin*, 4. 3. pp. 165–175.
- FARSANG, A.–M. TÓTH, T. 2003. Spatial distribution of soil nutrient in a cultivated catchment area: estimation using basic soil parameters. – 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, Italy, June 2003. *Proceedings Book* pp. 154–156.
- FARSANG A.–BARTA K. 2004. A talajerózió hatása a feltalaj makro- és mikroelem tartalmára. – *Talajvédelem (különszám)*, Talajvédelmi Alapítvány Kiadó, Budapest, pp. 268–276.
- FORMAN, R.T.T. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. – Cambridge University Press, 632 p.
- IMPELLITTERI, C.A. 2005. Effects of pH and phosphate on metal distribution with emphasis on As speciation and mobilization in soils from lead smelting site. – *Science of the Total Environment* 345. pp. 175–190.
- KERTÉSZ, Á.–HUSZÁR, T.–JAKAB, G. 2004. The effect of soil physical parameters on soil erosion. – *Földrajzi Értesítő* 53. 1–2. pp. 77–84.
- KERTÉSZ Á. 2003. Tájökológia. – Holnap Kiadó, Budapest. 166 p.
- KEVEINÉ BÁRÁNY I. 2003. Tájszerkezet és tájváltozás vizsgálatok. – *Tájökológiai Lapok* 1. 2. pp. 145–151.
- LASER, H. 1991. *Landschaft-ökologie*. – UTB-Ulmer, Stuttgart, 647 p.
- MADARÁSZ, B.–KERTÉSZ, Á.–JAKAB, G.–TÓTH, A. 2003. Movement of solutes and their relationship with erosion in a small watershed. – In: NESTROY, O.–JAMBOR, P. (eds.): *Aspects of the erosion by water in Austria, Hungary and Slovakia*. – Soil Science and Conservation Research Institute, Bratislava. pp. 99–110.
- MEZŐSI G.–RAKONCZAI J. (szerk.) 1997. *Geoökológiai térképezés elmélete és gyakorlata*. – JATE, Szeged 193 p.
- NEUBAUER, S.C.–EMERSON, D.–MEGONIGAL, J.P. 2008. Microbial oxidation and reduction of iron in the root zone and influences on metal mobility. – In: VIOLANTE, A.–HUANG, P.M.–GADD, G.M. (eds): *Biophysico-Chemical Processes of Heavy Metals and Metalloids in Soil Environments*. John Wiley & Sons, New Jersey, USA. pp. 339–371

- NÉMETH, T.–MOHAI, I.–TÓTH, M. 2006. Adsorption of copper and zinc ions on various montmorillonites: an XRD study. – *Acta Mineralogica-Petrographica* (in press).
- SIPOS, P. 2004. Geological and pedogenic effects on heavy metal distributions in forest soils from the Cserhát Mts. and the Karancs area, NE Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* 47. pp. 411–429.
- SIPOS, P. 2006. Mobilization conditions of lead in forest soils from the Cserhát Mts, NE Hungary. – *Acta Mineralogica-Petrographica* 47. pp. 53–59.
- STEIN, O.R.–BORDEN-STEWART, D.J.–HOOK, P.B.–JONES, W.L. 2007. Seasonal influence on sulfate reduction and zinc sequestration in subsurface treatment wetlands. – *Water Research*, 41. pp. 3440–3448.
- SZABÓ GY. 2006. Nehézfém-mobilizáció vizsgálata Cserépfalu környéki talajokban – Egy szakmai életút eredményei és színhelyei. – Tiszteletkötet Martonné Dr. Erdős Katalin 60. születésnapjára, Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen, pp. 159–169.
- SZABÓ, GY.–SZABÓ, SZ.–SZABÓ, A.–SZEMÁN, A. 2008. Spatial and time variations of the ground-water quality of two different landscapes – *Ekologia*. (Megjelenés alatt).
- SZABÓ SZ.–SZABÓ GY. 2006. Sósavas terhelések hatásának vizsgálata a talajok kémhatására és a nehézfémek mobilizációjára Ramann-féle barna erdőtalajokon. Egy szakmai életút eredményei és színhelyei. – Tiszteletkötet Martonné Dr. Erdős Katalin 60. születésnapjára, Debreceni Egyetem, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen, pp. 151–158.
- SZALAI Z. 1998. Nyomelem-eloszlási típusok természeteshoz közeli állapotú ártéri területek talajaiban és üledékeiben. *Földrajzi Értesítő* 47. 1. pp. 19–30.
- SZALAI Z. 2008. Kémhatás és redox viszonyok térbeli és időbeli dinamikájának hatása a felvehető nyomelem-tartalomra vízhatású élőhelyeken (Effects of spatial and temporal patterns of chemical reaction and redox conditions on available trace element content in wetlands. – In: OROSZ, Z. et al (eds.): IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. I Kötet. Debrecen. pp. 367–371.
- SZÚCS, P.–CSEPINSZKY, B.–SISÁK, I.–JAKAB, G. 2006. Rainfall simulation in wheat culture at harvest. – *Cereal Research Communications* 34. 1. 81–84.
- WEISS, J.V.–EMERSON, D.–MEGONIGAL, J.P. 2005. Rhizosphere Iron (III) Deposition and Reduction in a *Juncus effusus* L. – Dominated Wetland. *Soil Science Society of America Journal* 69: pp. 1861–1870.
- ZIH-PERÉNYI, K.–LÁSZTITY, A. 2005. On-site classification of manganese forms in natural waters by membrane filtration and chelating exchange. *Spectrochimica, Acta Part B*, 60. 3. pp. 385–392.
- ZIH-PERÉNYI, K.–JANKOVICS, P.–SUGÁR, É.–LÁSZTITY, A. 2008. Solid phase chelating extraction and separation of inorganic antimony species in pharmaceutical and water samples for graphite furnace atomic absorption spectrometry. – *Spectrochimica Acta Part B*, 63, pp. 445–449.