

# Talajtulajdonságok szerepe az oldott szerves anyag mennyiségi és minőségi változásában

## 1. Bevezetés

A talaj összes szerves anyagának ismeretén túl, agrokémiai szempontból is fontos lehet a vízzoldható szerves anyag mennyiségének mérése, viselkedésének tanulmányozása, hiszen ezek a szerves vegyületek számos, a talajban lejátszódó, fontos folyamatban vesznek részt: pl. az ásványok mállása, illetve egyes tápanyagok és szennyezők transzportja. Az oldott szerves anyag (dissolved organic matter, DOM) a talajoldat azon szerves anyag frakciója, amely 0,45 µm körüli membránon átmegy. Az oldott szerves anyag szén- (dissolved organic carbon, DOC) és nitrogén-tartalma (dissolved organic nitrogen, DON) növény táplálási aspektusból azért lényeges, mert ez jelenti a közvetlenül felvehető és a könnyen mineralizálódó szén- és nitrogén-forrásokat nemcsak a növények, hanem a mikroorganizmusok számára is.

Az áttekintett szakirodalom alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le: (i) meglehetősen ellentmondó adatokat találhatunk arra vonatkozólag, hogy a DOM koncentrációját befolyásoló tényezők milyen irányba és milyen mértékben módosítják a talaj DOM-tartalmát, (ii) a vizsgálatok túlnyomó többsége erdős területek talajain készült, relatíve kevés mezőgazdasági művelésű talajt vontak bele a kutatásokba, (iii) az oldott szerves anyaggal kapcsolatos kutatások hiányoznak Magyarországon, különösen az agrokémia ill. mikrobiológia aspektusából.

A kutatás során ezeket a hiányosságokat kívántuk pótolni.

## 2. Célkitűzések

Egy talajadatbázis már meglévő adatait kívánjuk kiegészíteni az általunk mért paraméterekkel, s ezzel – a megfelelő statisztikai módszerek alkalmazásával – képesek lehetünk a talajparaméterek szerepét kvalifikálni és kvantifikálni a DOM talajbéli dinamikájában. Az adatbázis talajainak jelentős része mezőgazdasági művelésű területekről származnak, így a kutatás fokozottan koncentrál a DOM agrokémiai szerepére.

A kutatómunka célkitűzései a következők:

- A kutatás fő célja az, hogy kvalifikáljuk, valamint kvantifikáljuk a talaj paramétereinek hatását a talaj DOC- és DON-koncentrációjára. Hipotézisünk tehát az, hogy a

talajtulajdonságok (pH, kötöttség, tápanyagtartalom stb.) jelentős szerepet játszanak a vízdoldható szerves anyag mobilizációjában, képződése körülményeinek alakításában.

- Talajtulajdonságok hatására bekövetkező minőségi változások – praktikusán a DOC/DON arány elmozdulását mérjük – detektálása, és ezen hatások regressziós egyenletekbe foglalása.
- Megvizsgáljuk, hogy a talaj könnyen mineralizálható, kis molekulásúlyú frakciója megfelelő indikátora lehet-e a környezeti változásoknak.

### **3. Anyag és Módszer**

A kutatást a TIM adatbázis közel 300 talajának és a hozzájuk tartozó adatainak felhasználásával végeztük. Az adatbázis az ország különböző földhasználatú területeiről származó mintákat tartalmaz: mezőgazdasági, erdő, szennyezett, eróziós és deflációs területek talajai. A mintavételek 2004. szeptember 15. és október 15. között történtek, a talajparaméterek a következők:

pH(H<sub>2</sub>O és KCl), humusz, hidrolitos aciditás ( $y_1$ ), CaCO<sub>3</sub>, mechanikai összetétel (homok-, por- és agyagfrakció), térfogattömeg, VK<sub>szf</sub>, VK<sub>max</sub>, holtvíztartalom. Továbbá meghatároztuk a talajok DOC, DON, a CaCl<sub>2</sub>-oldható összes nitrogén, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> és NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mennyiségét is. A DOC koncentrációval szokás jellemezni a DOM mennyiségét is.

A talaj DOC és DON tartalmát 1:10 arányú 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-os kivonatból határoztuk meg TOC/TN és contiflo készülékekkel.

Az adatok értékelése és a talajtulajdonságok hatásainak kimutatására különféle statisztikai módszereket alkalmaztunk: korreláció-analízis, regresszió-analízis, főkomponens regresszió-analízis.

### **4. Eredmények**

#### ***4.1. Az adatbázis***

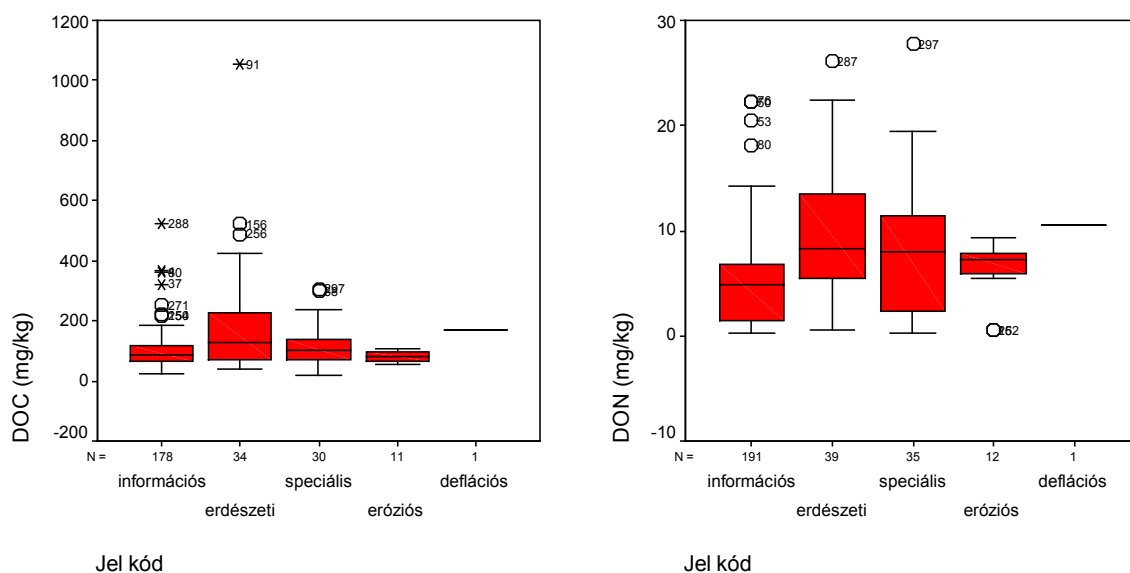
Az 1. táblázat adataiból látszik, hogy a talajok paraméterei igen tág tartományban változnak, az igen savanyú talajoktól (pH (KCl) = 3,2) a meszes (pH (KCl) = 8,7) talajokig. Mind a humusztartalomban, mind az agyagtartalomban igen változatos adatbázis jött létre, amelynek bázisán megalapozottan hajthatjuk végre céljainkat.

1. táblázat

A vizsgált talajok adatai

	n	Minimum	Maximum	Átlag	Std. Dev.
<i>pH</i> (H <sub>2</sub> O)	298	4,0	9,1	6,9	1,1
<i>pH</i> (KCl)	293	3,2	8,7	6,1	1,3
<i>y</i> <sub>1</sub>	199	0,00	53,2	10,4	11,6
CaCO <sub>3</sub> (%)	298	0,00	50,0	4,2	7,7
Humusz (%)	298	0,51	5,5	2,2	1,1
Homok (%)	298	0,00	97,7	47,8	24,5
Iszap (%)	298	0,00	83,3	23,6	13,2
Agyag (%)	298	0,00	61,6	22,5	13,8
Li (%)	298	0,00	105,9	46,1	24,5
CaCl <sub>2</sub> -NO <sub>3</sub> (ppm)	278	0,24	55,8	10,6	10,6
CaCl <sub>2</sub> -NH <sub>4</sub> (ppm)	278	-0,03	27,2	5,5	5,3
CaCl <sub>2</sub> -N <sub>tot</sub> (ppm)	254	-0,02	715,6	35,4	51,3
Térfogattömeg (g/cm <sup>3</sup> )	298	1,1	1,6	1,3	0,12
VK <sub>max</sub>	280	37,7	59,8	47,7	5,1
VK <sub>szf</sub>	280	11,5	31,9	24,5	2,7
Holtvíz	280	2,0	18,0	10,7	1,9
DOC (mg/kg)	254	20,4	1052,7	114,8	98,9
DON (mg/kg)	278	0,28	27,7	6,1	4,9
DOC/DON	254	0,00	1830,9	41,8	120,9

A DOC és DON tartalomban szintén nagy különbségek adódtak, a DOC koncentrációnál 50-szeres, a DON-nál pedig 100-szoros különbségeket mértünk. Az eltérő mintavételi helyek is módosították a DOC és DON-tartalmakat, ahogyan ezt az 1. ábrán is látható.



1. ábra

A különböző vételi helyek hatása a talaj DOC és DON tartalmára

#### 4.2. Korreláció a talajparaméterek és DOC, DON és DOC/DON között

Az adatok értékelése során, elsőként a talaj paraméterek és a DOC, DON és a DOC/DON arány közötti korrelációt vizsgáltuk meg (2. táblázat). Az analízis megmutatja, mely paraméterek határozzák meg leginkább a DOM mennyiségét és minőségét.

2. táblázat

A talajparaméterek és a DOC, DON és DOC/DON közötti szignifikáns összefüggések

	DOC	DON	DOC/DON
<i>pH (H<sub>2</sub>O)</i>	-	-0,271**	-
<i>pH (KCl)</i>	-	-0,212**	0,201**
<i>y<sub>l</sub></i>	0,166*	0,382**	-
<i>Hu (%)</i>	0,598**	0,313**	0,222**
<i>Iszap (%)</i>	0,150*	-	-
<i>CaCl<sub>2</sub>-N<sub>tot</sub></i>	0,282**	-	0,183**
<i>CaCl<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub></i>	0,318**	0,209**	0,240**
<i>CaCl<sub>2</sub>-NH<sub>4</sub></i>	0,347**	-	0,148*
<i>Térfogattömeg</i>	-0,413**	-0,148*	-0,179**
<i>VK<sub>max</sub></i>	0,464**	0,194**	0,195**
<i>DOC</i>	1	0,357**	0,614**
<i>DON</i>	0,357**	1	-0,268**
<i>DOC/DON</i>	0,614**	-0,268**	1

\*, \*\*: szignifikáns 5 és 1 hibaszázalékon.

Vizsgálatunk szerint a talaj pH-ja nem volt hatással a DOC mennyiségére, azonban az *y<sub>l</sub>* szignifikánsan korrelált a DOC koncentrációval, amely azt mutatja, hogy nem az egyensúlyi talajoldat pH-jával, hanem inkább a kicserélhető aciditással van összefüggésben. Ezzel szemben a DON koncentráció negatívan korrelált a talaj pH értékeivel. Mindez a talaj mikrobiális aktivitásával lehet összefüggésben, hiszen a pH emelkedésével a mikrobiális lebontás sebessége megnő, eredményezve a DOM molekula N-ben való elszegényedését.

A DOC és DON mennyiségére illetve ezek arányára szignifikáns kapcsolatban volt a talaj humusztartalmával, és mindez a DOC/DON arányra is igaz.

Szoros összefüggéseket kaptunk a N-formákkal. A DOC és a DOC/DON arány mindhárom paraméterrel (CaCl<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>-NH<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>-N<sub>tot</sub>) pozitívan korrelált, a DON csak a CaCl<sub>2</sub>-oldható nitrát-tartalommal.

Szignifikáns korrelációt kaptunk a talaj térfogattömege, a maximális vízkapacitás és a DOC, DON, DOC/DON változók között. Mindkettő a talaj levegőzöttségével, indirekt módon pedig a mikrobiális aktivitással van összefüggésben, és ennek módosulásával teremtődik kapcsolat a talaj oldott szervesanyaga és az említett paraméterek között.

#### 4.3. Regresszióanalízis: lineáris többszörös regresszió

A korreláció-elemzés megmutatta, hogy mely talajparaméterek kapcsolódnak szignifikánsan az általunk vizsgált oldott szervesanyag-változókhoz. Azt azonban, hogy milyen mértékben okoz változást egy paraméter a DOC, DON koncentrációkban, regresszióanalízissel vizsgálhatjuk. Az alábbi regressziós egyenletekben az ún. standard regressziós koefficienseket használjuk, amelyek kiszűrjük az eltérő dimenzióból adódó anomáliákat:

$$\text{DOC} = 0,600\text{Hu} + 0,213\text{NH}_4 + 0,235y_1 - 0,132\text{VK}_{\text{sz}} \quad r = 0,710^{***}$$

$$\text{DON} = 0,445y_1 + 0,414\text{Hu} + 0,206\text{NO}_3 + 0,217\text{Homok} \quad r = 0,603^{***}$$

$$\text{DOC/DON} = 0,316\text{Iszap} - 0,237y_1 \quad r = 0,372^{***}$$

Az oldott szerves szén (DOC) talajbani mennyiségét legnagyobb mértékben a talaj humusztartalma határozta meg, összhangban a korrelációanalízis és az irodalmi adatokkal. Növeli még a DOC tartalmat az  $y_1$  és a  $\text{CaCl}_2$ -oldható  $\text{NH}_4$  koncentráció is. Ez talán meglepő lehet, de mindez jelzi, hogy a talajban lejátszódó mikrobiális folyamatok – melyeknek egyik terméke a  $\text{NH}_4^+$  - is kontrollálják a DOC koncentrációt. Az egyenletben megjelenő vízkapacitás ( $\text{VK}_{\text{sz}}$ ) egyrészt a talaj levegőzöttségét (mikroorganizmusok!) mutatja, másrészt a talaj szemcseösszetételével van összefüggésben.

A DON esetében az  $y_1$  és a Hu voltak azok a változók, amelyek lényegesebben határozták meg az oldott szerves N mennyiségét, hasonlóan a DOC-hoz. Az egyik  $\text{CaCl}_2$ -oldható N-forma, a nitrát, bár kisebb mértékben, de növelte a DON koncentrációt, míg a homok-frakció arányának növekedése csökkentette azt.

Az oldott szerves anyag C/N aránya legnagyobb mértékben az iszapfrakció arányától függött, az  $y_1$  a DOC/DON arányt is szignifikánsan befolyásolta.

#### 4.4. Főkomponensanalízis: főkomponensek képzése

Eddigi vizsgálataink során számos esetben tapasztaltuk, hogy valamely változó hatása a DOC, DON mennyiségére komplex, több változó indirekt hatásaként is értelmezhető. Ezért főkomponenseket képeztünk annak érdekében, hogy az egymással korreláló változókat egy főkomponensbe sűrítsük, ezáltal a talajtulajdonságok hatásának értelmezése könnyebbé válik. A 3. táblázatban a rotált főkomponens sajátvektor értékek mátrixát láthatjuk. A sajátvektor értékek fejezik ki, hogy az adott talajparaméter melyen súllyal vesz részt a főkomponensben.

Az analízis során 4 főkomponenst különböztethetünk meg. Az első komponens (F1) tartalmazza a szervesanyag-tartalmat, a maximális vízkapacitást, a térfogattömeget és az iszapfrakciót.

### 3. táblázat

A talajparaméterek súlya (sajátvektor) a főkomponensekben

	F1	F2	F3	F4
<i>VK<sub>max</sub></i>	0,963			
<i>Térfogattömeg</i>	-0,951			
<i>Humusz</i>	0,864			
<i>Iszap</i>	0,750			
<i>Holtvíz</i>		0,956		
<i>VK<sub>szf</sub></i>		0,907		
<i>Agyag</i>		0,880		
<i>pH (KCl)</i>			0,973	
<i>pH (H<sub>2</sub>O)</i>			0,955	
<i>y<sub>1</sub></i>			-0,893	
<i>CaCl<sub>2</sub>-N<sub>tot</sub></i>				0,865
<i>CaCl<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub></i>				0,788
<i>CaCl<sub>2</sub>-NH<sub>4</sub></i>				0,722
<i>Sajátérték</i>	6,16	3,67	2,19	1,58

Rotációs módszer: Varimax, Kaiser normalizációval.

Az F2 főkomponens a holtvíz, a szabadföldi vízkapacitás és az agyagtartalmat tartalmazza. Az F3 a talaj aciditására jellemző paramétereket tartalmaz, két pH változót pozitív, az y<sub>1</sub>-et pedig negatív előjellel. A negyedik főkomponens a CaCl<sub>2</sub>-oldható N-formákat tartalmazza. A könnyebb érthetőség kedvéért a komponenseket elnevezzük: az F1 főkomponens – humusz, az F2 – vízgazdálkodás, F3 – aciditás, F4 – pedig N-formák nevet kap.

#### 4.5. Főkomponens-regresszióanalízis

Miután megállapítottuk a főkomponensek számát, és azt, hogy mely talajváltozók határozzák meg őket, kiszámítjuk az egyes talajok un. főkomponens-értékeit. Ezeket az értékeket úgy kapjuk, hogy az eredeti adatokat megszorozzuk a (normalizált) sajátvektor (3. táblázat) megfelelő komponensének értékeivel. Így 4 változót kapunk, amelyekkel további statisztikai analízist végezhetünk, jelen esetben megnézzük, hogyan határozzák meg a főkomponensek a DOC, a DON koncentrációt és DOC/DON arányt. Az kapott regressziós egyenletek:

$$\text{DOC} = 0,528\text{F1} + 0,257\text{F4} - 0,156\text{F2} - 0,128\text{F3} \quad r = 0,621^{***}$$

$$\text{DON} = -0,309\text{F3} + 0,274\text{F1} + 0,240\text{F4} + 0,135\text{F2} \quad r = 0,497^{***}$$

$$\text{DOC/DON} = 0,262\text{F1} + 0,212\text{F3} \quad r = 0,337^{***}$$

Ha összevetjük a kapott egyenleteket a 4.3. pontban kapottakkal, jelentős hasonlóságokat ismerhetünk fel. A DOC koncentrációt az F1 („humusz”) főkomponens befolyásolta leginkább, szerényebben növelte az F4 („N-formák) főkomponens, és csökkentette az F2 („vízgazdálkodás”) és F3 („aciditás”).

A DON esetében egy erőteljes, negatív hatást láthatunk az F3 főkomponens részéről, a többi három főkomponens változó mértékben növelte a talaj DON tartalmát.

A DOC/DON arányt csak két főkomponens határozta meg: az F1 és F3.

## 5. Értékelés

Több statisztikai módszerrel vizsgáltuk meg, hogy a talajtulajdonságok miként határozzák meg az oldott szerves anyag, ezen belül is az oldott szerves szén (DOC) és nitrogén (DON) mennyiségét, valamint a DOC/DON arányt.

Megállapítható, hogy a DOC koncentrációt a talaj humusztartalma határozza meg leginkább. Az irodalomban egyetértés van abban a tekintetben, hogy a DOM legfőbb forrása talaj szervesanyaga. A mikrobiális tevékenység következménye, hogy a vízben oldhatatlan, nagy molekulatömegű szerves molekulák degradálódnak, és vízdoldhatókká válnak. Majd ez a frakció (DOM) is tovább mineralizálódik egészen a szervetlen ionokig. Ezekre a mikrobiális folyamatokra számos talajtulajdonságnak van hatása, emiatt tűnik fel regressziós egyenleteinkben a vízkapacitás ( $VK_{szf}$  és  $VK_{max}$ ), a térfogattömeg, valamint a szemcseméret frakciók – melyek a talaj vízgazdálkodását, levegőzöttségét szabályozzák.

A DOC tartalmat reguláló tényezőnek bizonyult az  $y_1$ , illetve bizonyos statisztikai megközelítésben a pH is. A szakirodalom szerint az egyik legjelentősebb DOM koncentrációt befolyásoló fiziko-kémiai tényező a talaj pH-ja. Hatása egyrészt a szerves molekulák oldhatósági viszonyainak, és a talaj mikrobiális tevékenységének megváltoztatásán keresztül jelenik meg. Meglepő tehát, hogy a talaj pH közvetlenül nem befolyásolta a DOC koncentrációt – inkább a talaj potenciális savanyúságát indikáló  $y_1$ , amely szignifikáns hatásúnak bizonyult.

A talaj oldott szerves szén mennyisége szoros összefüggéseket mutatott a  $CaCl_2$ -oldható N-formákkal. Ez egyértelműen jelzi, hogy a talaj oldott szervesanyaga fontos szerepet játszik a N-ciklusban azáltal, hogy elsődlegesen ez a szervesanyag-frakciót a mikroorganizmusok elsődleges szubsztrátja, ezt a szervesanyag-frakciót mineralizálják a talaj mikrobái.

A DON koncentrációt befolyásoló talajtulajdonságok szemrevételezésénél szinte ugyanazokat a tulajdonságokat, tulajdonságcsoportokat találjuk, mint a DOC esetében. A humusztartalom, az un. aciditási paraméterek, a  $CaCl_2$ -oldható N-formák határozzák meg a talaj DON

koncentrációját, természetesen más súlyokkal, mint a DOC esetén. Az aciditási faktorok ( $y_1$ , pH) jelentősen, negatív irányba módosították a DON koncentrációt.

Az oldott szerves anyag C/N aránya – mint fontos minőségi mutató – legkifejezettebben azoktól a tényezőktől függött, amely a talaj szervesanyagtartalmával, a mikrobiológiai életfeltételekkel függenek össze (humusztartalom, térfogattömeg, vízkapacitás). Emellett a talaj  $y_1$  mennyisége változtatta a DON koncentrációt.

A DOC, DON és DOC/DON arány talajtulajdonságoktól való függése megmutatja, hogy az oldott szervesanyag fontos eleme a talajnak, és minden olyan talajparaméter megváltozása módosítja mennyiségét, amely hat a mikroorganizmusok aktivitására és életterére.