

BIOTESZTEK ÉS TENYÉSZEDÉNY-KISÉRLETEK EREDMÉNYEINEK TERMÉSZETTUDOMÁNYOS IGÉNYŰ BIOMETRIAI INTERPRETÁCIÓJA

Sulyok L., Kerékfy P., Tolner L., Biczók Gy.  
MTA TAKI, MTA SZTAKI, MÉM NAK

1. Bevezetés

A termés betakarítása után, a talajon visszamaradó növényi anyagok lebomlása, a növények számára felvehető tápanyagok egyik igen fontos utánpótlási részfolyamata. E részfolyamat önmagában is igen összetett, akár biokémiai részleteit, akár a mikroorganizmusok egyes fajai tevékenységének különböző növényi eredetű kémiai komponensekkel szemben megnyilvánuló szelektivitását tekintjük [5,6]. A talajba kerülő növényi anyagok mintegy 25-60 százaléka cellulóz [2]. A növényi maradványok lebomlásának a fentiekben érintett, többoldalról megnyilvánuló erős összetettsége azzal is bonyolódik, hogy számos abiotikus és biotikus tényező befolyása alatt áll. A növénytermesztés gyakorlatában e tényezők alakulására meghatározóan hat az intenzív műtrágyázás.

A műtrágyaadagok és arányaik hatását a cellulóz lebomlására számos szerző tanulmányozta [3,7,8,10,11].

Vizsgálatainkat a Fejér-Tolna megyei löszháton képződött mészpédkes csernozjom szántott rétegéből származó talajjal, üvegházban állítottuk be [8]. Edényenként 2-2 cellulóztesztet helyeztünk el. Az egyes műtrágyadózisok nagyságát az 1. ábra mutatja, ahol a P-hatóanyagot  $P_2O_5$ -ként, a K hatóanyagot  $K_2O$ -ként és a N-hatóanyagot elemi N-ként adtuk meg.

Műtrágyázási szintek - mg(hatóanyag)/kg(talaj)				
Tényezők	0	1	2	3
N	$N_0=0$	$N_1=240$	$N_2=480$	$N_3=720$
P	$P_0=0$	$P_1=500$	$P_2=1000$	$P_3=1500$
K	$K_0=0$	$K_1=500$	$K_2=1000$	$K_3=1500$

1. ábra

Vizsgálataink során az Unger-féle [11] cellulózteszt módszer módosított változatát alkalmaztuk [4,9].

Egy ezt követő tenyészedény-kísérletben az 1. ábra szerinti kezelések és teljesadagu meszezéssel kombinált változataik mellett, ugyancsak üvegházban, a nagyadagu NPK-műtrágyázás és meszezés hatását vizsgáltuk ragályi savanyu barna erdőtalaj termékenységére és cellulózbontó aktivitására.

2. Kísérlet csernozjomon

A többváltozós vizsgálatokhoz a cellulózbontó aktivitás /CBA/ százalékos értékein kívül a következő agrokémiai paramétereket vontuk be: Bremner-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> és -NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, fixált-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, az AL-oldható K, Ca, Mg és Zn.

Az eredmények kiértékelését HP 9810A típusú asztali számítógépen végeztük el, így annak korlátait figyelembe véve, többváltozós vizsgálati módszerként a többszörös lineáris regresszió-analízist alkalmaztuk. Először az argumentumok minden lehetséges kombinációját, majd később a független változók minden, szakmailag racionális csoportját megvizsgálva határoztuk meg, "Stepwise-módon", a regresszió-analízisben bennmaradó független változók készletét. Döntéseink alapját a változó párok korrelációs mátrixa, a többszörös determinációs koeficiens értéke és az egyes regressziós koeficiensek F-próbája képezte.

Első lépésben többszörös lineáris regresszió-analízist végeztünk, amelyben függőváltozóként a cellulózbontó aktivitás /CBA/, független változóként a Bremner-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> és -NO<sub>3</sub><sup>-</sup> valamint az AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca, Mg és Zn koncentrációk szerepeltek. A vizsgált adatok korrelációs mátrixa a következő:

	Bremner-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-Ca	AL-Mg	AL-Zn	CBA
Bremner-NH <sub>4</sub>	0.046	0.703	-0.599	-0.680	-0.215	0.013
Bremner-NO <sub>3</sub>		-0.095	0.083	-0.013	-0.121	0.405
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			-0.827	-0.921	-0.235	0.413
AL-Ca				0.949	0.469	-0.305
AL-Mg					0.445	-0.462
AL-Zn						0.122

A becsült egyenlet:

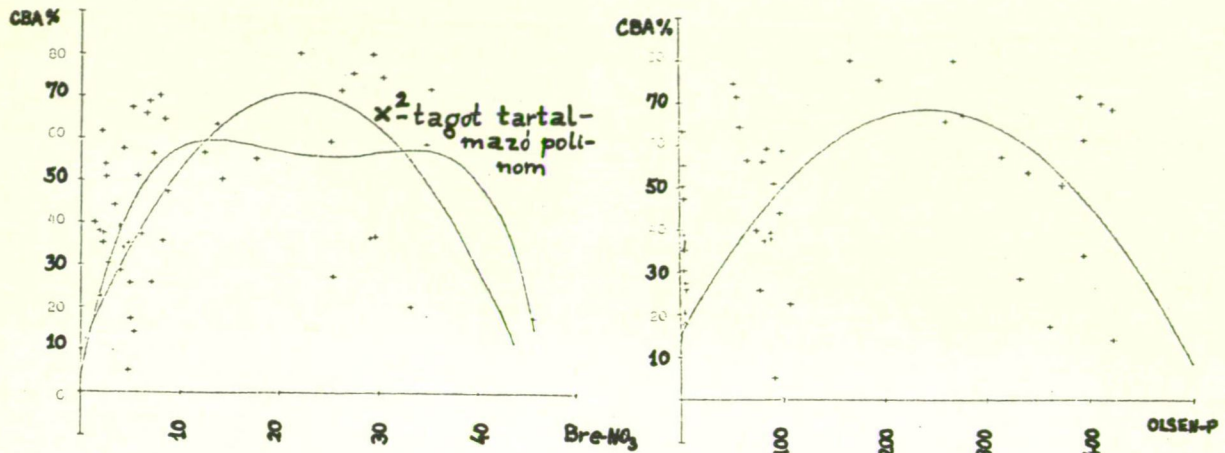
$$(CBA) = 567.8 - 2.419 \cdot_{ns} (Bre-NH_4^+) + 0.033 \cdot_{**} (Bre-NO_3^-) - 0.031 \cdot_{***} (AL-P_2O_5) + 0.024 \cdot_{ns} (AL-Ca) - 0.703 \cdot_{**} (AL-Mg) + 0.221 \cdot_{**} (AL-Zn), \quad R^2 = 0.893.$$

/Jelölés a regressziós paraméterek F próbáira: ns - nem szignifikáns, \* - 0.01 < p ≤ 0.05, \*\* - 0.001 < p ≤ 0.01, \*\*\* - p ≤ 0.001; Bre=Bremner./

Látható, hogy a CBA varianciájának 89.3 százalékát magyarázzák a fenti talajvizsgálati adatok változásai. A korrelációs mátrixból kitűnik, hogy nem egymástól független változókkal van dolgunk. Ezért a továbbiakban a fixált-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> és Olsen-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> független változókat vontuk be a regresszió-analízisbe a Bremner-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> és AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> helyett.

Ugyancsak ezt a döntést támasztották alá a parciális regressziós koeficiensek F-próbái is. Az a tény, hogy a nem szignifikáns F-próbájú parciális regressziós koeficiensekkel rendelkező argumentumok elhagyásával nem állítható elő egy csak szignifikáns együtthatójú független változókat tartalmazó egyenlet, arra enged követke-

keztetni, hogy nem mindegyik változóval lineáris a CBA kapcsolata. Ez egyezik néhány korábbi megállapításunkkal [8,12]. Ezért a Bremner-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> és az Olsen-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> értékek egy másodfoku polinomját /2. ábra/, míg az AL-Ca adatoknak reciprokát vettük. Ezek után újra elvégeztük a lineáris regresszió-analizist.



2. ábra

Ekkor a változópárok korrelációs mátrixa és a path koefficiensek:

	fix.NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Olsen-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2</sup>	AL-Ca	AL-Mg	CBA	path-ko.
Bre-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.388	-0.012	0.320	0.362	0.358	0.0061
fix.NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		0.365	0.949	0.969	0.844	1.1857
Olsen-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			0.557	0.242	0.401	-0.5210
AL-Ca				0.923	0.850	1.6484
AL-Mg					0.773	-1.7728

A becsült regressziós egyenlet /az előző rövidítésekkel/:

$$CBA = 0.015 + 4.18 \cdot 10^{-4} (\text{Bre-NO}_3^-)^2 + 3.06 (\text{fixált-NH}_4^+) - 2.67 \cdot 10^{-4} (\text{Olsen-P}_2\text{O}_5)^2 + 8.4 \cdot 10^4 (\text{AL-Ca})^{-1} - 0.958 (\text{AL-Mg}), \quad R^2 = 0.825$$

Bár az összefüggés igen szoros és igen erősen szignifikáns, a korrelációs mátrix adataiból kiderült, hogy az AL-Ca és AL-Mg értékek egymástól és a fixált-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mennyiségtől nem függetlenek.

Ha a fenti egyenlet ok-okozati összefüggéseket takarna, akkor gyakorlatilag a talajvizsgálati módszerek adataiból előre jelezhetnénk a várható CBA-t. Erre, első pillantásra a determinációs koefficiens /R<sup>2</sup>/ magas értéke és szignifikanciája látszólagosan feljogosít bennünket. Az összefüggések mélyebbre ható elemzésével, jelen esetben path-analizissel kiderül, hogy az alkalmazott talajvizsgálati módszerekkel egymással is összefüggő, gyakran egymás hatásait matematikai szempontból kiküszöbölő agrokémiai paraméterekhez jutunk.

Ezt támasztják alá a path-koefficiensek értelmezhetetlen /negatív/ értékei is.

A megadott egyenlet ezért mindössze a kísérleti eredmények rövidebb közlése - táblázat helyett - és nem általánosítható.

### 3. Kísérlet erősen savanyú, nem podzolos barna erdőtalajon

Mivel a lineáris módszerek nem minden esetben vezettek eredményre, ezért az egyes talajvizsgálati paraméterek specifikus transzformációi után megismételtük az elemzéseket. A feldolgozásokat az MTA IBM 3031-es gépén működő BMDP programcsomag segítségével végeztük.

Célunk az volt, hogy a rendelkezésünkre álló - a gyakorlatban elterjedt módszerekkel mért - talaj- és növény-vizsgálati adatok alapján olyan természettudományosan értelmezhető összefüggéseket kapjunk, melyek paraméterei az alacsonyabbrendű ill. magasabbrendű élőlényekre egyaránt érvényes biológiai jelentéstartalommal rendelkeznek. E törekvéseink nem minden esetben vezettek sikerre. Ennek okait vizsgálva felhívjuk a figyelmet mind az egyes biometriai módszerek, mind a talajjellemzési metodikák nyújtotta eredmények mechanikus értelmezésének buktatóira. E /második/ kísérlet eredményeit, az előző tapasztalatok alapján, többváltozós módszerek automatizált változataival értékeltük.

Vizsgálataink körében lényeges kérdés, hogy egy talaj ammónium-laktáttal extrahálható tápelemtartalma kellően szoros összefüggésben van-e az általa biztosított környezeti ingerre illetve stresszre az élőlény /növény vagy mikroorganizmus/ által adott válasszal. Ezért negyven talajvizsgálati jellemzőre terjesztettük ki a változók körét. Ezek az esszenciális, ásványi makro- /N,P,S,K/ és mikro- /Fe,Mn,Zn,Cu,B,Mo/ tápelemek, a Ca és Mg mezelemek, a toxikus nehézfémek /Cr, Ni,Co,Hg,Pb,...stb./ és mérgező nem-fémes elemek /As,Se,...stb./ illetve nemes és ritkafémek voltak - agrokémiai, talajmikrobiológiai, környezetvédelmi megfontolásokat követve.

Vizsgálatainkban szerepelt a telítési egyensúlyi vizeskivonat  $Ca/\Sigma c_i$  arányainak meghatározása is / $c_i$  az  $i$ -edik kation, Ca a kalcium koncentrációja/.

#### 3.1 A növény illetve a mikroorganizmusok fejlődése, és az ammónium-laktát oldható elemkoncentrációk összefüggésének elemzése

Ebben a kérdéskörben az alábbi vizsgálatokat végeztük el:

3.1.1. Minden lehetséges részhalmaz regresszióanalízise a 41 változóra.

3.1.1.1. Lineáris változat:

- a hibaszórás függ a CBA-tól,
- a számított és mért értékek korrelációja 0.77,
- a legfontosabb változókként olyan paraméterek maradtak benn a legjobb változókészletben /pl.: As,Se, stb./, melyek szakmailag értelmezési és extrakciós metodikai /kémiail/ problémákat jeleztek.

3.1.1.2. Lineáris változat, szakmai megszorításokkal:

/A megszorítások a változók fontossági sorrendjére illetve elhanyagolására vonatkoztak./

- szorosabb összefüggést kaptunk /a korrelációs együttható 0.79/,
- a hibaszórás itt is függ a CBA-tól.

3.1.1.3. Az eredeti és a többféleképpen transzformált  $\ln$ ,  $x^2$ ,  $\sqrt{x}$ ,  $e^x$ ,  $1/x$  változók legjobb részhalmozainak kiválasztása:

- erősen javuló illeszkedés /korreláció 0.95/,
- erősen CBA-függő hibaszórás,
- a hatlevelés kora kukorica /tesztnövény/ szárazanyag hozamát és a CBA százalékot összehasonlítva, a mikroorganizmusok esetén a CBA - talajparaméterek kapcsolat szorosabb mint a makroszkópikus növény és az ugyanolyan talajparaméterek összefüggése /az utóbbi esetben a korreláció 0.83/.

3.1.2. Főkomponens regresszió:

- igen szoros összefüggés  $r=0.9999$ /,
- hibaszórás nem függ a CBA-tól,
- bár a főkomponensek természetüknél fogva függetlenek, de a természettudományos értelmezés további bonyolult vizsgálatok feladata.

Mindez felveti az ammónium-laktátos extrakciós mérés módszer által biztosított talajjellemzők mással történő helyettesítésének kérdését.

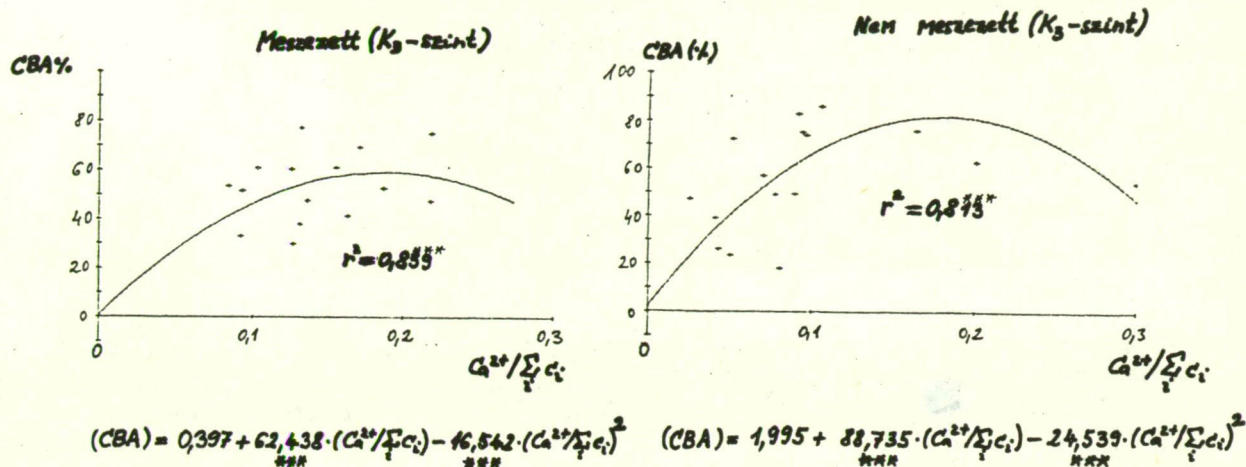
3.2. Egy lehetséges, a további biometriai erőfeszítések helyett kínálkozó kiút

A telítési egyensúlyi vizeskivonat  $Ca^{2+}/\Sigma c_i$  arányától való szoros CBA-függés az igen savanyu ragályi barna erdőtalajon és annak megszezett változatán is igaznak bizonyult /3. ábra/.

$Ca^{2+}$  a kalcium ionkoncentráció,  $c_i$  az  $i$ -edik kation koncentrációja a talajban./

A 3. ábra összefüggése élettanilag jól ismert és értelmezett jelenség a növények esetében [1], és a membrán permeabilitás szabályozásával kapcsolatos. A mikroorganizmusok esetében, ahol a környezet minőségére adott reakció kifejezettebb /v.ö. 3.1.1.3. pont/, az értelmezés hasonló lehet, de még nem kellőképpen feltárt. Az ilyen, a vizes egyensúlyi talajkivonatokra alapozott érzékeny módszerek fejlesztése és alkalmazása elősegítheti a már jelzett összefüggések feltárását.

Vizsgálataink eredményeit összegezve elmondhatjuk, hogy a többváltozós biometriai módszerekkel nyerhető eredmények "mechanikus" alkalmazás esetén félrevezetőek illetve nehezen értelmezhetőek lesznek, ha az egyes változók a vizsgált jelenségnek nem valóságos okváltozói. Mindemellett külön nehézségeket okoz a feltételezeten független változók gyakran szoros interkorrelációja. Ezért a talaj-mütrágya-növény-mikroorganizmus rendszer működését hatékonyabban ismerhetjük meg, ha a számítógép mögül kitekintve a biológiai összefüggések modelljeit



3. ábra

próbáljuk felállítani. Az igazolásukra tervezett kísérletek kiértékelése során pedig a valóságos okváltozót mérő módszerekkel előállított adatok alapján verifikáljuk azokat. Az agrokémiai gyakorlatban divatos "minél többféle változó" vizsgálati elv szerint a biometriai módszereknek kellene szintetizálni ismereteinket, de láttuk, hogy ez lehetetlen. A lényeges hatásokat - természetüknél fogva - integráló változók felfedése és kimérése hatékonyabban járul hozzá a kísérleti eredmények értelmezéséhez.

### Irodalom

- [1] Biczók Gy. /1980/: Izvesztyija Szibirszkovo Otyyelenija, Nauk SzSzsZR, 2, 10-20.
- [2] Fjodorov M.V. /1960/: Pocsvennaja mikrobiologija, Izd. Szelszk. Lit., Moszkva.
- [3] Gamal El-Din H. /1977/: Soil Biology and Conservation on the Biosphere, Akadémiai Kiadó, szerk. Szegi, 233-237.
- [4] Gulyás F. /1978/: Rekultivacija technogennüh landsaftov, Gyöngyös, 163-167.
- [5] Naplekova N.N. /1968/: Izvesztija SZOAN. SzSzsZR.
- [6] Domsch K.H., Gams W. /1969/: Soil Biol. Biochem. 1: 29-36.
- [7] Lásztity B., Gulyás F. /1978/: Növénytermelés, 27: 323-330.
- [8] Sulyok L. és tsai /1979/: A mezőg. kemizálása, NEVIKI Ankét, Veszprém, I. köt. 171-177.
- [9] Szegi J. /1979/: Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek, Mezőgazd. Kiadó, Bp., 244-245.
- [10] Szegi J. és tsai /1976/: Intern. Fertilizer Cong., Moszkva, 143-150
- [11] Unger H. /1960/: Z. Pflanzenernähr, Düng, Bodenkd. 91, 44-52.
- [12] Gulyás és tsai /1979/: A mezőgazd. kemizálása, NEVIKI Ankét, Veszprém, I. kötet, 149-155.