

Természetes mikroflórájú talajmodell baktériumszám-változása tenzidek hatására, különös tekintettel az ivóvízbázis talajaira

ŞUJBERT LÁSZLÓ

Semmelweis OTE Közegészségtani és Járványtani Intézet, Budapest

A népgazdaság csaknem valamennyi ágazatában, a háztartásokban egyre nagyobb mennyiségben használják az anionos és a nemionos tenzideket, valamint a tenzidkészítményeket [3, 7, 14]. A mezőgazdaságban talajkondicionáló szerként, a talaj vízpenetrációjának fokozására alkalmazták [5, 8, 9]. Tanulmányozták a detergenstartalmú öntözővíz hatását a növények terméshozamára is [4, 17].

A tenzid részben közvetlenül a talajba szivárog a szenny- és csurgalékvizekből, a hígtrágyából, a növényvédőszer formulációból stb., részben közvetve a felszíni vízbe kerül. A bioszféra két alapvető alkotórésze — víz és talaj — közötti állandó és dinamikus kölcsönhatás következményeként talaj-, talajvíz-, ivóvízszennyezést okozhat [7, 20, 22].

A tenzideket környezetszennyező xenobiotikumoknak tekinthetjük, hatásuk a talajbaktériumokra is kiterjed. Előző közleményeinkben már tárgyaltuk azt az irodalmat, amely a tenzidek és talajbaktériumok közötti kölcsönhatással foglalkozik [23, 24, 25].

Jelen előadásban a természetes mikroflórájú bányahomokban, vályogos öntés- és Duna-parti iszaptalajokban a tenzideknek az aerob, az anaerob, a nitrifikáló és a kénbaktériumok számának változására vonatkozó vizsgálatainkat foglaljuk össze. A kénbaktériumok szaporodására vonatkozó adatok fontosságát alátámasztják azok a közlemények, amelyek a kénvegyületek talajmikrobiológiai átalakulásával és a kén mezőgazdasági jelentőségével foglalkoznak [1, 2, 11, 12, 21, 26, 29, 30].

Vizsgálati anyag és módszer

Tenzidek és tenzidoldatok: Szulfaril 50 (S 50) (Egyesült Vegyiművek) alkil benzol szulfonát; Elfan OS 46 (E 46) (Hoesch Chemie) alfa olefin szulfonát; Präwozell W-ON 100 (P 100) (VEB Chemische Werke Buna) alkil fenol poliglikoléter. 10 g/l-es törzsoldatból 0,1—1,0—10,0—40,0 mg/l-es steril desztillált vizes oldatok készültek. Valamennyi tenzid technikai minőségű, a gyártótól beszerzett készítmény volt. A vizsgált tenzidoldatok koncentrációi az aktuális átlagos vízszennyezettségi értéktartománynak és többszörösének feleltek meg.

Táptalajok — A zselatin-, a húslé-agar, a Holman-táptalaj a módszertani útmutató [19] alapján készült, a nitrifikáló és kénbaktériumok táptalaját FEHÉR [10] szerint állítottuk össze.

Talajminták — Budapest Fővárosi Vízművek Balpart I. telepén (Káposztásmegyér) a Duna parti sávjában létesített aknás kutak védett környezetéből, a gyeplépcső alatti 10—30 cm-es

mélységből vettük a vályogos öntéstalaj-mintákat. Ugyanezen vízmű területén a Duna-parti iszap felső 10—30 cm-éből, a folyóvíztől kb. 3—4 m-es távolságból származtak az iszaptalaj-mintáink. A Dunakeszi homokbánya felső kb. 2 m-es mélységéből történt a homokmintavétel.

A talajminták bolygatott szerkezetűek voltak, és valamennyit a bakteriológiai mintavétel kívánalmainak betartásával vettük.

Vízminták — A Fővárosi Vízművek Balpart — I. telepén a Duna-vízből, a partiszűrészű aknakútvízből, a felszíni vízmű tiszta vizéből 5 l-nyi pontmintát vettünk havonta egy alkalommal.

Talajoszlop — A bányahomok és a vályogos öntéstalaj esetében készítettük. Részleteit illetően utalunk korábban megjelent közleményeinkre [23, 24].

Lombikkísérlet — A Duna-parti iszaptól 1/2 kg-ot szélesszáj, steril Erlenmeyer lombikba mértünk. A lombikot vattadugóval zártuk és szobahőmérsékleten tartottuk.

A tenzidoldat rávitele — *talajoszlopnál*: 200 ml/nap, két egyenlő részletben 21 napig. A kontrollra ugyanilyen módon desztillált vizet öntöttünk.

— *lombik kísérletnél*: a lombikban levő mintára 21 napos kísérleti időszakban 5 naponként 1-1 liter tenzidoldatot öntöttünk. A lombik tartalmát naponként kétszer óvatos, körkörös mozzgatással kevertük. 5 nap múlva a lombikban levő folyadékot leöntöttük, és friss oldattal cseréltük ki. A kontrollra a leírt módon desztillált vizet öntöttünk, amelyet azután 5 naponként cseréltünk.

Talajszuszpenzió készítése: a korábban megjelent közleményünkben [24] leírtak szerint történt.

A baktériumszám meghatározása: az aerob, az anaerob és a nitrifikáló baktériumokat a korábban megjelent közleményeinkben [23, 24] leírtak szerint határoztuk meg.

A kénbaktérium-szám meghatározása: A talajszuszpenzió hígítási sorának minden egyes hígításából 1,0-1,0 ml-t 3-3 olyan kémcsőbe pipettáztunk, amelyek mindegyikében 9,0 ml Starkey folyékony táptalaj volt. A leoltásokat 20—26 ° C-on 3 hétig inkubáltuk. Az inkubálás után a szaporodást mutató táptalajok (fehér lepedék, sárgás-fehér üledék) hígításait homogenizáltuk. 0,1-0,1 ml-t Starkey-féle, tioszulfát-tartalmú 3-3 agarlemezre pipettáztunk, majd a szuszpenziót szélesztettük. 20—26 ° C-on 3 hétig inkubáltuk, majd a jellegzetes alakú szintelen és színes telepek számát a lemezeken megszámoltuk.

A baktériumok számát a korábban megjelent közleményeinkben [23, 24] leírtak szerint — MPN eljárás 3 cső módszerével — számítottuk, és 1 g eredeti talajra vonatkoztattuk. A talajminták mechanikai összetételét, térfogatsúlyát, kapilláris vízemelését, nitrogén-, szén-, humusz és szulfáttartalmát a talajvizsgálati módszerekönyvek előírásai [6, 27, 28] szerint mértük. A hidraulikai vezetőképességet VÁRALLYAY [32] módszerével határoztuk meg. A vízminták anionos tenzidtartalmát a KGST [15] előírás szerint, nemionos tenzidtartalmát SUJBERT [25] módszerével állapítottuk meg.

A baktériumszám-változást kifejező hányados $[K_{(dn)}]$ számítása: Az 1 g talajra vonatkoztató baktériumszámok felhasználásával a tenzidhatást, a természetes baktériumpusztulást, a baktériumdeszorpciót figyelembe vevő $K_{(dn)}$ hányadost számítottunk.

$$K_{(dn)} = \frac{n_t - n_o}{(n_d - n_o)}$$

$K_{(dn)}$ = a tenzidhatásra bekövetkező baktériumszám-változást kifejező hányados a kontrollhoz viszonyítva;

n_t = a tenziddel öntözött minta baktériumszáma a kísérlet végén;

n_o = a minta baktériumszáma a kísérlet kezdetén;

n_d = a desztillált vízzel öntözött kontroll minta baktériumszáma a kísérlet végén.

A baktériumszám-változást kifejező hányados [$K_{(dn)}$] értékelése:

$K_{(dn)} < 0,00$ baktériumszaporodás-gátlást jelez;

$K_{(dn)} = 0,00$ a baktériumszaporodásban nem mutatható ki változás;

$K_{(dn)} > 0,00$ baktériumszaporodást jelez.

Vizsgálati eredmények

A talajminták mechanikai összetételük vizsgálati adatai szerint (1. táblázat) laza homoknak, közepes és nehéz vályog fizikai talajféleségnek tekinthetők.

A talajminták térfogatsúlya, jellemző kapilláris vízemelése, hidraulikus vezetőképessége (2. táblázat) a laza homokban igen nagy, a közepes és nehéz vályogtalajokban igen alacsony. A laza homok szénben, humuszban szegény, a vályogtalajok alacsony széntartalmúak és „kissé humuszos”-nak minősülnek. A laza homok nitrogénben „igen szegény”-nek, a vályogtalajok „közepesen ellátott”-nak nevezhetők. A vizsgált talajminták szulfáttartalma — a termőtalajok becsült értékeihez hasonlítva — kiemelkedően magas. A fővárosi ivóvízbázis káposztásmegyeri telepén végzett tenzid vízszennyezettségi vizsgálatokat foglaltuk össze a 3. táblázatban. A táblázatban bemutatott átlagos tenzidszennyezettségi adatok alapján az 1977/78 vizsgálati időszakhoz viszonyítva az 1979/80 időszakban a *Duna-víz* anionos tenzidszennyezettsége

1. táblázat

A talajminták mechanikai összetétele, súly-%

Talaj	Szemcseméret, mm						Fizikai	
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	homok	agyag
Bányahomok	12,9	76,7	5,6	2,0	0,8	2,0	95,2	4,8
Vályogos öntéstalaj	4,2	23,8	31,0	9,2	14,5	17,3	59,0	41,0
Duna-parti iszaptalaj	3,2	29,0	31,4	11,3	10,9	14,2	63,6	36,4

2. táblázat

A talajminták jellemző adatai

Talaj	Ts, g/cm ³	KV* mm/5h	K** cm/nap	pH	C%	N%	C/N	Humusz %	SO ₄ ²⁻ mg/100 g
Bányahomok	1,60	455	485,70	8,60	0,118	0,011	10,80	0,21	77,82
Vályogos öntéstalaj	1,24	227	5,66	8,08	1,58	0,17	9,29	2,75	53,35
Duna-parti iszaptalaj	1,18	70	2,88	7,68	1,67	0,151	11,00	2,90	199,60

* kapilláris vízemelés

** hidraulikus vezetőképesség

3. táblázat

A vízminták átlag anionos és nemionos tenzidtartalmának változása

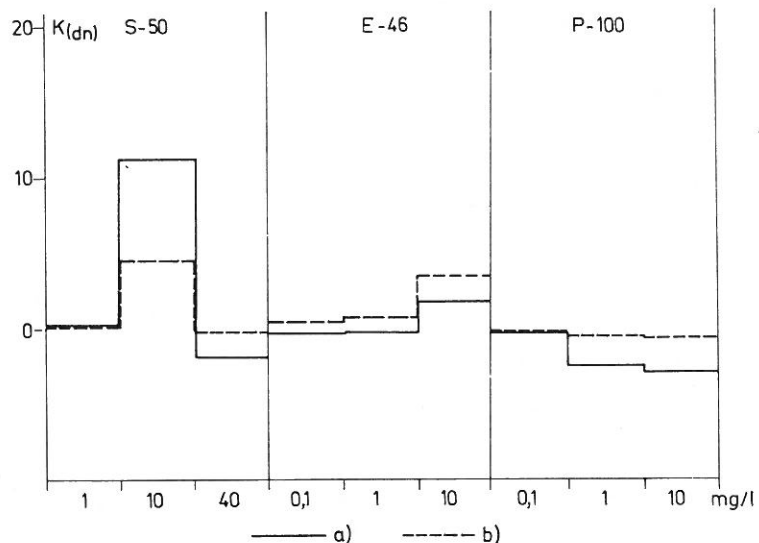
Víz minta	Anionos tenzidtartalom		Nemionos tenzidtartalom	
	mg/l		µg/l	
	1977/78.	1979/80.	1977/78.	1979/80.
Duna-víz	0,13 ± 0,02 (11)	0,18 ± 0,02 (12)	52,5 ± 11,5 (11)	46,1 ± 13 (12)
Felszíni Vízmű tisztá vize	0,07 ± 0,007 (11)	0,09 ± 0,008 (12)	6,0 ± 2 (11)	15,4 ± 4,1 (11)
Aknakút víz	0,06 ± 0,01 (11)	0,02 ± 0,007 (12)	1,1 ± 0,8 (11)	3,4 ± 1,1 (12)

emelkedett, nemionos tenzidszennyezettsége azonos szinten maradt. A *partiszűrészű aknakút víz* anionos tenzidszennyezettsége csökkent, nemionos tenzidszennyezettsége emelkedett. A *felszíni vízmű tisztá vizének* anionos és nemionos tenzidszennyezettsége emelkedett.

A tapasztalt változások többek között azt jelzik, hogy a Duna vízbázisához viszonyítva a partiszűrészű aknakút parti talajszelvényének anionos tenzidelimináló képessége javult, nemionos tenzidelimináló képessége lényegesen nem változott. A felszíni vízmű tisztítási határfoka mindkét tenzid típus vonatkozásában csökkent.

A tenzid hatásra bekövetkező baktériumszám-változás eredményeit — a baktériumszám-változást kifejező $K_{(dn)}$ hányadosok ábrázolásával — hisztogramokon mutatjuk be.

A *bányahomokra* vonatkozó $K_{(dn)}$ értékek (1. ábra) jelzik, hogy (Szulfaril 50) 1,0–10,0 mg/l koncentrációjú oldatok hatására szaporodás, 40,0 mg/l-es koncentrációjú oldattól gátlás



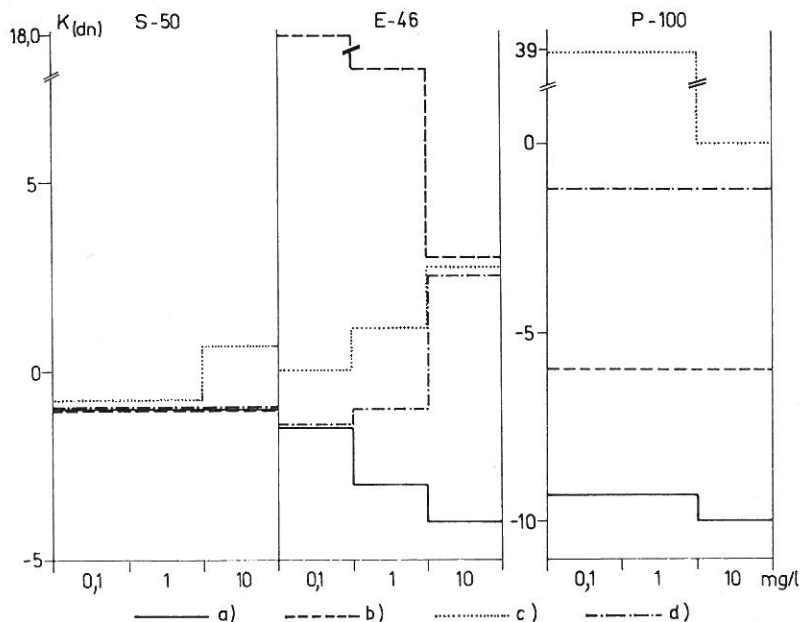
1. ábra

A baktériumszám-változást jelző $K_{(dn)}$ -értékek hisztogramjai homokban, tenzid rávitelre.
a) aerob baktériumok, 20 °C; b) aerob baktériumok, 37 °C

tapasztható. Az Elfan OS 46 0,1—1,0 mg/l oldatainak rávitele a 20 °C-on inkubált aerob baktériumoknál gátlást, 10,0 mg/l ill. annál nagyobb töménységű oldat azonban szaporodást eredményez. A 37 °C-on tenyésztett aerob baktériumok minden vizsgált esetben szaporodtak. A Präwozell W-ON 100 minden egyes kísérleti elrendezésben az aerob baktériumokat gátolta.

A vályogos öntéstalaj (2. ábra) vizsgálatokor mindhárom tenzid alkalmazott adagjaitól az aerob pszichrofil baktériumok szaporodása gátlódott. Az aerob mezofil fajok szaporodását azonban a Szulfaril 50 és a Präwozell W-ON 100 gátolta, amíg az Elfan OS 46 a szaporodást fokozta. Az anaerob fajok esetében az Elfan OS 46, a Präwozell W-ON 100 két koncentrációban, a Szulfaril 50 pedig 10,0 mg/l koncentrációban serkentette a szaporodást. 0,1—1,0 mg/l-es oldatok gátolták az anaerob fajok szaporodását. A nitrifikáló baktériumokat a Szulfaril 50 és a Präwozell W-ON 100 mindhárom töménységű oldata szaporodásukban gátolta. Az Elfan OS 46 0,1—1,0 mg/l-es oldatai a szaporodást gátolták, 10,0 mg/l-es oldata a szaporodást serkentette.

A Duna-parti iszaptalaj (3. ábra) pszichrofil aerob baktériumait a vizsgált tenzidek mindhárom koncentrációjú oldata szaporodásukban gátolta. A Szulfaril 50 és az Elfan OS 46 az aerob mezofil baktériumok szaporodását az alkalmazott valamennyi töménységben serkentette, a Präwozell W-ON 100 azonban valamennyi esetben gátolta. Az anaerob fajok szaporodását a Szulfaril 50 és az Elfan OS 46 gátolta. A Präwozell W-ON 100 0,1—1,0 mg/l-es oldatai serkentették az anaerobok szaporodását, de a 10,0 mg/l-es oldat már gátló hatású volt. A kénbaktériumok szaporodását a kísérleti tenzidoldatok csaknem minden vizsgált esetben fokozták, de a Präwozell W-ON 100 10,0 mg/l-es oldata gátló hatásúnak bizonyult.



2. ábra

A baktériumszám-változást jelző $K_{(dn)}$ -értékek hisztogramjai vályogos öntéstalajban, tenzid rávitelre. a) aerob baktériumok, 20 °C; b) aerob baktériumok, 37 °C; c) anaerob baktériumok; d) nitrifikáló baktériumok

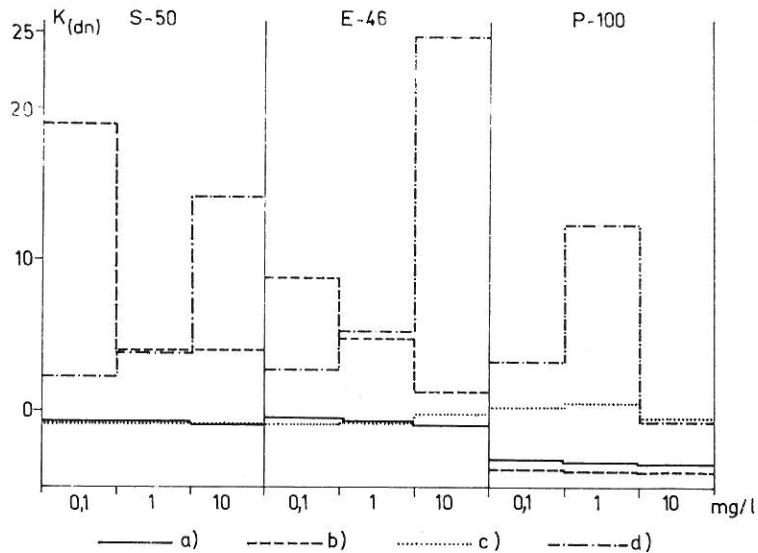
Vizsgálati eredmények értékelése, következtetések

A tenzidek baktériumokra való hatását döntően és elsőrendűen a tenzidmolekula kémiai szerkezete és a hatásának kitett baktériumfaj közötti kölcsönhatás határozza meg. Emellett több befolyásoló tényezőt is figyelembe kell venni. Így: a tenzid adagját, hatásának időtartamát, tenzid metabolit(ok) jelenlétét és mennyiségét, a tenzid kémiai tisztaságát (intermedier és izomér vegyületek a készítményben), a tenzid-adalékanyagokat, a baktériumfajok aktuális arányát a talajban a vizsgálatkor, az ökológiai tényezőket [24].

A tenzideknek a baktériumok élettevékenységét serkentő hatását elsőrendűen a baktériumok sejtmembrán-permeabilitásának fokozódásával és a tenzid hasznosításával magyarázzák. A tenzideknek a baktériumok élettevékenységét gátló hatását döntően a sejtmembrán ozmolitikus funkciójában bekövetkező diszrupciónak, az intracelluláris komponensek morfológiájában, funkcionális állapotában (anyagcsere, enzimműködés, szaporodás) bekövetkező változásoknak tudják be [23].

A modellkísérleteinkben észlelt baktériumszám-változások magyarázatául a baktériumok élettevékenységére gyakorolt elsőrendű és döntő hatásokat fogadjuk el. Feltételezzük, hogy a döntő hatásokat a kísérlet kezdetén egyidejűleg jelenlevő, különböző optimális szaporodási feltételeket (szerves, szervetlen tápanyag, oxigén, széndioxid, hőmérséklet) igénylő baktériumok számaránya, a kísérlet során a bomlatlan tenzid és tenzid metabolit(ok) mennyiségi aránya befolyásolja. Így pl. a Präwozell W-ON 100 baktériumszaporodást erőteljesebben gátló hatását a talajmodellben maradó tenzid és tenzid metabolit (etilénlikol) együttes hatásával értelmezzük [23].

Az irodalmi adatok alapján feltételezhetjük, hogy a tenzid xenobiotikum (környezeti kemikália) és a baktérium(ok) közötti kölcsönhatás során kometabolizmusnak, kommenzaliz-



3. ábra

A baktériumszám-változást jelző $K_{(dn)}$ -értékek hisztogramjai Duna-parti iszapban, tenzid rávitelre. a)–c): lásd 2. ábra; d) kénbaktériumok

musnak, protokooperációnak, kompetíciónak kell megvalósulnia. Ezeknek a mikrobiológiai, biokémiai interakcióknak az eredményeként érvényesülhet a tenzidek mikrobiológiai hatása, lebomlása, a talaj tisztulása [1, 13, 16, 18].

A tenzidek hatására természetes mikroflórájú talajmodellben észlelt baktériumszám-változások eredményei csak óvatos következtetésre jogosítanak fel. Természetes talajviszonyok között ugyanis több változó együttes hatása érvényesül. Ezen hatások azután a természetes eredményeket a modellkísérlettel összhangban vagy attól eltérően módosíthatják. A talaj tenzidszennyezettségének alakulásával kapcsolatban fel szeretném hívni a figyelmet a következőkre: a talaj tenzidadszorpciós kapacitása korlátozott [31]. A talajban adszorbeált tenzidek (metabolitok) deszorbeálódhatnak, minthogy az adszorpció — deszorpció egymást kölcsönösen feltételező fizikai-kémiai folyamat a talajban. A vízbázis tenzidszennyezettsége, a fokozottabb tisztítatlan szennyvízterhelés miatt, átmenetileg vagy tartósan emelkedhet. Havariaszerű tenzidszennyezés érheti a vízbázist. A mosószerekben használt tenzidtípusok arányában és kémiai szerkezetében változások történnek, s így környezetünk anyagforgalmába újabb és hatékonyabb tenzidek kerülnek. A tenzidekkel más mikroszennyezők (pl. nehézfém, peszticid, herbicid, cianid, stb.) terhelhetik egyidejűleg a vízbázist, amelyek hatását a tenzidek fokozzák.

A leírtakból következtethető, hogy a vízbázis tenzidszennyezettsége átmenetileg vagy tartósan csökkentheti a talaj tenzideliminációjának határfokát. Ennek eredményeként a partiszűrésre, talajszűrésre (homokszűrésre) alapozott vízellátásban az ivóvíz tenzidszennyezettsége emelkedhet, minősége romolhat.

Irodalom

- [1] ALEXANDER, M.: Introduction to soil microbiology. 2nd ed. John Wiley & Sons. New York. 1977.
- [2] BECK, T.: Mikrobiologie des Bodens. Bayerischer Landwirtschaftsverlag. München. 1968
- [3] BUKOSZA I. & TRÓCSÁNYI E.: Felületaktív anyagok. Vegyipari Szakirodalmi Tájékoztató 4. 1975.
- [4] BUSCH, K. F. & KNAUTH, H.: Einschätzung und Feststellung der Wirkung boden- und pflanzenschädigender Inhaltstoffe des Wassers im Hinblick auf die Bewässerung. Die Wasserwirtschaft 17. 232—236. 1967.
- [5] CAIRNS, R. R.: Effects of surfactant applied to samples of solonetz soil on water penetration and plant growth. Canad. J. Soil. Sci. 52. 267—269. 1972.
- [6] DARAB K. & FERENCZ K.: Öntözött területek talajterképezése. Genetikus Talajterképek. Ser. 1. No. 10. OMMI. Budapest, 1969.
- [7] DOBOLYI E.: A detergens probléma Magyarországon. VITUKI témajelentés. Budapest. 1971.
- [8] DOBOZI, O. & LAKATOS, M.: Vlijánie nekotorih poverhnosztnoaktivnih i drugih organicseszkih veszcsestv na fizicseszkie szvojsztva počsvüh i rozvitie rasztenij. Zsurnal Prikladnoj Himii. 43. 639—645. 1970.
- [9] Egyesült Vegyiművek jelentése az 1974. évben végzett talajkondicionáló szerekre vonatkozó munkákról. Kézirat. 1975.
- [10] FEHÉR D.: Talajbiológiai módszerek. In: Talajvizsgálati módszerkönyv. (Ed.: BALLENEGER, R.) 271—352. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1953.
- [11] FEHÉR D.: Talajbiológia. Akad. Kiadó. Budapest. 1954.
- [12] GOTTSCHALK, G.: Bacterial metabolism. Springer. New York. 1979.
- [13] HAMMER, K. D. & LIEMANN, F.: Primäre Oxydationsmechanismen beim Abbau alipha-

- tischer Kohlenwasserstoffe durch bakterielle Enzymsysteme. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B. **162**. 169—179. 1976.
- [14] JUHÁSZ É. & LELKESNÉ ERŐS M.: Felületaktív anyagok zsebkönyve. Műszaki Kiadó. Budapest. 1979.
- [15] KGST Egységes Vizvizsgáló Módszerek I. Budapest. 1968.
- [16] KNACKMUSS, H. J. et al.: Zum Mechanismus der biologischen Persistenz von halogenierten und sulfonierten aromatischen Kohlenwasserstoffen. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B. **162**. 127—137. 1976.
- [17] KNAUTH, H.: Über die Möglichkeiten der Verwendung detergentienhaltigen Wassers für die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Wasserwirtschaft. **16**. 64—67. 1966.
- [18] LINGENS, F.: Umweltchemikalien und ihr mikrobieller Abbau. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B. **162**. 114—126. 1976.
- [19] Módszertani útmutató. OKI háziyomda. Budapest. 1969.
- [20] MOZSAJEV, Je. A.: Zagrjaznyenije vodojomov poverknoztnoaktyivnyumi vescsesztvami. Medicina. Moszkva. 1976.
- [21] STARKA, J.: Physiologie und Biochemie der Mikroorganismen VEB. Gustav Fischer. Jena. 1968.
- [22] STRÖHL, G. W.: Über einen Fall weitreichender Grundwasserverunreinigung durch Pestizide und Detergenten. Gesundh. Ingenieur. **87**. 108—114. 1966.
- [23] SUJBERT L. & CSATAI L.: Tenzidek hatásának kísérletes vizsgálata természetes mikroflórájú homokoszlopon. Budapesti Közegészségügy. **10**. 41—45. 1978.
- [24] SUJBERT L. & CSATAI L.: Természetes mikroflórájú vályog talajoszlop baktériumszám változása tenzidek hatására. Agrokémia és Talajtan. **29**. 311—322. 1980.
- [25] SUJBERT L.: Új hazai adatok a vizek nem-ionos tenzidzennyezetségéről fővárosi vizsgálatok alapján. Egészségtudomány. **25**. 193—197. 1981.
- [26] SZABOLCS I.: A kén szerepe a mezőgazdaságban. Agrokémia és Talajtan. **13**. 165—168. 1964.
- [27] Talajtani és agrokémiai vizsgálati módszerek. Szabadság Kiadó. Debrecen. 1970.
- [28] Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. (Eds. BALLENEGGER R. & DI GLÉRIA J.) Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1962.
- [29] TIMÁR M.: Kéntartalmú vegyületek biológiai átalakulása a talajban. Agrokémia és Talajtan **12**. 323—328. 1963.
- [30] TIMÁR M. ÉVA: A kénvegyületek mikrobiológiai átalakulása. In: Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. (Ed.: SZEGI, J.) Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1979.
- [31] VALORAS, N., LETEY, J. & OSBORN, J. F.: Adsorption of nonionic surfactants by soil materials. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **33**. 345—348. 1969.
- [32] VÁRALLYAY Gy.: A Magyar Alföld szikes talajainak hidraulikus vezetőképessége. Agrokémia és Talajtan. **21**. 57—88. 1972.