

POTENȚIALUL MICROBIOLOGIC ÎN ESTIMAREA IMPACTULUI TEHNOLOGIILOR ARABILE ASUPRA CALITĂȚII SOLULUI

Doctor în biologie, conferențiar cercetător **Serghei CORCIMARU**
Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al AȘM

SOIL MICROORGANISMS AS A TOOL FOR ASSESSING THE IMPACT OF ARABLE PRACTICES ON SOIL QUALITY

Summary. Long-term field experiments were used to examine the possibility of using soil microbial biomass and basal respiration as indicators for assessing the impact of arable practices on soil quality. These microbial parameters were found to be sensitive and with sufficient power to discriminate a large spectrum of impacts from such practices as continuous black fallow, continuous crops, conventional and ecological crop rotations with or without manure and/or mineral amendments. Significant correlations were observed between the microbial parameters and the soil organic matter content, that provided possibilities of using microbial indicators for timely assessing, monitoring and forecasting the impact of arable practices on soil organic matter.

Keywords: soil microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient, soil organic matter, soil quality assessments, microbiological indicators of soil quality, long-term field experiments.

Rezumat. Experimentele de câmp de lungă durată, desfășurate în cadrul ICCC „Selecția”, au fost utilizate de autorii prezentului articol pentru a examina posibilitatea de a utiliza biomasa microbiană și respirația solului ca instrumente de evaluare a impactului tehnologiilor arabile asupra calității solului. Acești parametri microbieni s-au dovedit a fi indicatori sensibili și cu o putere de discernământ suficientă pentru a evidenția impactul unui spectru larg de practici, care a inclus ogor negru permanent, culturi permanente, asolamente convenționale și ecologice, cu sau fără îngrășăminte organice, organominerale sau minerale. Corelații semnificative au fost observate între parametrii microbieni și conținutul substanțelor organice din sol, care au oferit posibilități de utilizare a indicatorilor pedo-microbiologici pentru estimarea, monitorizarea și prognozarea în timp util a impactului tehnologiilor arabile asupra substanței organice a solului.

Cuvinte-cheie: biomasa microbiană a solului, respirația solului, coeficientul metabolic, substanța organică a solului, evaluarea calității solului, indicatori microbiologici de calitate a solului, experimente de câmp de lungă durată.

INTRODUCERE

Potrivit lui J. Doran, calitatea solului este capacitatea lui de a funcționa în cadrul ecosistemului și terenului valorificat cu menținerea productivității biologice, calității mediului, sănătății plantelor, animalelor și oamenilor [1].

Calitatea solului este în mare măsură determinată de conținutul substanțelor organice (CSO). Din această cauză, CSO a fost sugerat ca cel mai important indicator al calității și productivității solului [2]. Totuși, utilitatea acestui indicator este limitată de dificultăți în procesul de verificare experimentală a schimbărilor în CSO pe perioade relativ scurte de timp [3]. Anume acest neajuns poate fi depășit cu ajutorul indicatorilor microbiologici.

Indicatorii microbiologici sunt concepuți ca cei mai sensibili în estimarea stării solului, în unele cazuri chiar singurii posibili [4-6]. Există cel puțin cinci motive pentru care microorganismele sunt un mijloc promițător pentru evidențierea efectelor asupra calității solului: (1) biomasa microbiană constituie unul dintre cele mai importante atribute ale calității solului [2]; (2) în funcție de condițiile mediului, microorganismele produc sau descompun humusul – partea majoră și cea mai importantă a substanțelor

organice din sol [7-8]; (3) pentru orice tip de sol, în condiții climatice identice, activitatea microbiologică este în mare măsură condiționată de aceiași factori care controlează acumularea substanțelor organice în sol (cum ar fi cantitatea, calitatea și calendarul de intrări a materiei organice în sol) și care, la rândul lor, depind de managementul solului [3, 7]; (4) biomasa microbiană a solului are o rată de regenerare de multe ori mai mică comparativ cu cea a substanțelor organice din sol (0,5-5 ani față de > 20 de ani, [9]); (5) sunt disponibile metode microbiologice care permit detectarea din timp a modificărilor privind intensitatea transformărilor substanțelor organice în sol induse de managementul solului [9].

Scopul acestei lucrări a fost de a stabili în condițiile Republicii Moldova dacă parametrii microbiologici (biomasa microbiană și respirația solului) pot fi utilizați pentru evidențierea impactului diferitor tehnologii arabile asupra calității solului.

MATERIALE ȘI METODE

Studiul a fost efectuat în baza experimentelor de câmp de lungă durată ale Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția” din mun. Bălți.

Solul a fost cernoziom levigat [10]. Probele de sol au fost colectate în anii 2011 – 2014 din variantele experimentale specificate în tabelul 1 (pentru o descriere mai detaliată a variantelor vezi [11]). Mai trebuie spus că acestea fuseseră adunate primăvara înainte de semănarea culturilor, de la o adâncime de 0-20 cm. Solul probei (în stare umedă) a fost curățat de rămășițele ve-

getale și pietre, cernut printr-o sită de 2 mm, ajustat la 40% din capacitatea de reținere a apei și standardizat pentru analizele microbiologice prin incubarea timp de 10-14 zile la întuneric, la o temperatură de 25 °C în pungi de plastic aerate (cu ajustarea periodică a umidității).

Tabelul 1

Variantele experimentelor de câmp de lungă durată incluse în cercetare

Varianta*	Anul lansării	Cultura	Fertilizarea (anual)	
			Gunoi de grajd, t/ha	N-P-K, kg/ha
AC1	1962	Grâu de toamnă/ sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/orz de toamnă/floarea-soarelui/porumb pentru siloz/grâu de toamnă/ sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/ porumb pentru siloz	11	45-23-23
AC2		Grâu de toamnă/porumb pentru boabe/mazăre pentru boabe/orz de toamnă/floarea-soarelui/porumb pentru siloz/grâu de toamnă/ porumb pentru boabe/ porumb pentru boabe/ogor negru	-	36-24-24
AC3		Grâu de toamnă/sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/orz de toamnă/floarea-soarelui/porumb pentru siloz/grâu de toamnă/ sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/borceag de primăvară	11	39-23-23
AC5		Grâu de toamnă/sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/orz de toamnă/floarea-soarelui/porumb pentru siloz/grâu de toamnă/ mei pentru boabe+lucernă/lucernă al 2-lea an la masa verde/ lucernă al 3-lea an, prima coasă	7	33-17-17
AC7		Grâu de toamnă/sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/orz de toamnă/floarea-soarelui/porumb pentru siloz/grâu de toamnă/ sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/ borceag de primăvară	-	-
AC8		Grâu de toamnă/floarea-soarelui/ borceag de primăvară/ orz de toamnă/sfeclă pentru zahăr/porumb pentru siloz/ grâu de toamnă/floarea-soarelui/porumb pentru boabe/mazăre pentru boabe	10	42-25-25
ONP		-	-	-
ONP+ÎOM		-	30	60-30-30
GP	1965	Grâu de toamnă	-	-
GP+ÎOM		Grâu de toamnă	30	60-30-30
PP		Porumb	-	-
PP+ÎOM		Porumb	30	60-30-30
OP	1984	Orz de toamnă	-	-
OP+ÎOM		Orz de toamnă	30	60-30-30
FSP		Floarea-soarelui	-	-
FSP+ÎOM		Floarea-soarelui	20	30-20-20
SP		Sfeclă pentru zahăr	-	-
SP+ÎOM		Sfeclă pentru zahăr	40	60-30-30
AE1	1989	Grâu de toamnă/sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/orz de toamnă/porumb+ lucernă+ raigras la masa verde/lucernă+ raigras al 2-lea an la masa verde/ lucernă+ raigras al 3-lea an la masa verde	-	-
AE1+ÎO			11.4	-
AE1+ÎOM			11.4	48-10-16
AE3		Grâu de toamnă/sfeclă pentru zahăr/porumb pentru boabe/orz de toamnă/ porumb pentru boabe/floarea-soarelui/borceag de primăvară	-	-
AE3+ÎO			15.7	-
AE3+ÎOM			15.7	61-10-29

* ONP – ogor negru permanent; AC – asolament convențional de 10 câmpuri; AE – asolament ecologic de 7 câmpuri; GP – grâu de toamnă permanent; PP – porumb permanent; OP – orz de toamnă permanent; FSP – floarea-soarelui permanentă; SP – sfeclă pentru zahăr permanentă; +ÎO și +ÎOM – variante cu îngrășăminte organice și organominerale.

Conținutul substanțelor organice în sol a fost determinat prin oxidare cu bicromat de potasiu [12]. Biomasa microbiană a solului a fost determinată prin metoda Respirația Indusă cu Substrat [13]. Respirația solului a fost măsurată cu ajutorul cromatografului de gaze Chrom-5 [13]. Coeficientul metabolic [14] a fost calculat din datele biomasei microbiene și ale respirației solului și a fost exprimat în micrograme de C-CO₂ emise de un gram de biomasă microbiană pe oră.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Valoarea absolută a parametrilor biomasa microbiană (BM) și respirația solului (RS) a variat substanțial în funcție de an (tabelul 2). De exemplu, în 2014, indiferent de varianta experimentală BM și RS, aceștia au scăzut în medie cu 26,0±3,1% și 28,2±6,8% față de anul 2013. Astfel de schimbări presupun prezența diversilor factori (externi sau interni) care nu depind de specificul impactului agrotehnic și pot influența activitatea microbiologică în sol în diferită măsură de la an la an. În același timp, în pofida acestor factori, parametrii BM și RS au indicat clar diferențele relative între diverse variante experimentale studiate.

Pe parcursul anilor, parametrul BM a evidențiat în mod consistent atât impactul agrotehnic negativ asupra calității solului, cât și cel pozitiv, și anume: (1) impactul relativ cel mai negativ în ogorul negru permanent și neputința îngrășămintelor organomi-

nerale de a contracara acest impact – valorile BM au fost în majoritatea cazurilor cele mai scăzute anume în variantele ogorului negru permanent; (2) impactul relativ cel mai pozitiv al asolamentelor ecologice cu includerea lucernei și îngrășămintelor organice (AE1+ÎO), sau, într-o măsură mai mică, organominerale (AE1+ÎOM) – valorile BM au fost practic întotdeauna cele mai sporite anume în aceste variante; (3) avantajul includerii lucernei în cadrul asolamentelor ecologice fertilizate, unde în 2013 – 2014 BM a fost sporită cu 21-48% pe fundalul îngrășămintelor organice și cu 23-27% pe fundalul îngrășămintelor organominerale (față de variantele corespunzătoare ale asolamentului ecologic fără lucernă); (4) dezavantajul aplicării îngrășămintelor strict minerale în cadrul asolamentelor convenționale – varianta AC2 în anii 2013 – 2014 a avut cea mai scăzută BM comparativ cu alte asolamente convenționale și ecologice, inclusiv cele fără fertilizare; (5) impactul pozitiv relativ sporit și stabil de la îngrășămintele organice și/sau organominerale în variantele: porumb permanent (+30,3±13,2% la BM față de controlul nefertilizat), asolamente ecologice cu includerea lucernei (+24,2±4,2% în varianta AE1+ÎO, și +15,6±6,7% în varianta AE1+ÎOM), grâu de toamnă permanent (+21,4±16,7%) și ogor negru permanent (+20,6±11,4%); (6) impactul pozitiv relativ scăzut și/sau nestabil de la îngrășămintele organice și/sau organominerale aplicate în restul variantelor.

Tabelul 2

Biomasa microbiană și respirația solului în probele de sol din diferite experiențe de câmp studiate în anii 2011 – 2014 (± interval de încredere, P ≤ 0.05)

N	Varianta*	Biomasa microbiană, mg C/g _{sol}		Respirația solului, mg C _{CO2} /g _{sol} /ora	
		2011	2012	2011	2012
Variante studiate în 2011 – 2012					
1	ONP	146,6 (±11,3)	140,6 (±10,7)	0,12 (±0,02)	0,11 (±0,01)
2	ONP+ÎOM	163,2 (±13,6)	196,4 (±38,8)	0,13 (±0,04)	0,08 (±0,01)
3	GP	245,0 (±25,1)	238,6 (±51,0)	0,18 (±0,02)	0,14 (±0,02)
4	GP+ÎOM	278,8 (±15,0)	293,9 (±48,3)	0,28 (±0,02)	0,20 (±0,03)
5	PP	131,5 (±22,3)	193,8 (±27,0)	0,15 (±0,01)	0,10 (±0,01)
6	PP+ÎOM	156,8 (±12,1)	299,2 (±26,2)	0,19 (±0,02)	0,13 (±0,02)
7	OP	254,3 (±32,9)	179,3 (±26,8)	0,17 (±0,01)	0,17 (±0,03)
8	OP+ÎOM	264,3 (±45,8)	234,1 (±40,9)	0,22 (±0,02)	0,11 (±0,04)
9	FSP	260,1 (±21,3)	243,6 (±31,8)	0,15 (±0,02)	0,12 (±0,02)
10	FSP+ÎOM	193,7 (±23,7)	264,7 (±21,3)	0,28 (±0,05)	0,11 (±0,01)
11	SP	231,7 (±56,9)	169,6 (±31,5)	0,16 (±0,01)	0,10 (±0,02)
12	SP+ÎOM	256,3 (±20,8)	199,9 (±70,5)	0,18 (±0,03)	0,15 (±0,02)
13	AC3	119,9 (±8,9)	291,5 (±21,9)	0,23 (±0,02)	0,14 (±0,02)
14	AC7	122,3 (±9,2)	281,9 (±17,5)	0,24 (±0,03)	0,14 (±0,01)

15	AE1	201,7 ($\pm 23,8$)	284,4 ($\pm 5,9$)	0,21 ($\pm 0,01$)	0,14 ($\pm 0,02$)
16	AE1+ÎO	265,4 ($\pm 31,1$)	357,5 ($\pm 23,8$)	0,28 ($\pm 0,02$)	0,15 ($\pm 0,02$)
17	AE1+ÎOM	212,4 ($\pm 26,4$)	353,0 ($\pm 39,9$)	0,23 ($\pm 0,02$)	0,18 ($\pm 0,02$)
Variante studiate în 2013 – 2014					
		2013	2014	2013	2014
1	ONP	191,8 ($\pm 7,7$)	128,1 ($\pm 2,7$)	0,12 ($\pm 0,01$)	0,072 ($\pm 0,003$)
2	ONP+ÎOM	206,4 ($\pm 8,8$)	136,9 ($\pm 3,0$)	0,19 ($\pm 0,01$)	0,118 ($\pm 0,008$)
3	AC1	348,5 ($\pm 11,8$)	239,0 ($\pm 6,9$)	0,18 ($\pm 0,02$)	0,160 ($\pm 0,004$)
4	AC2	300,2 ($\pm 14,6$)	224,3 ($\pm 6,3$)	0,19 ($\pm 0,02$)	0,138 ($\pm 0,004$)
5	AC3	350,2 ($\pm 25,4$)	260,3 ($\pm 1,6$)	0,26 ($\pm 0,02$)	0,139 ($\pm 0,009$)
6	AC5	346,9 ($\pm 23,5$)	290,1 ($\pm 4,3$)	0,22 ($\pm 0,01$)	0,186 ($\pm 0,009$)
7	AC7	324,4 ($\pm 19,5$)	251,0 ($\pm 2,7$)	0,17 ($\pm 0,01$)	0,141 ($\pm 0,002$)
8	AC8	369,8 ($\pm 18,8$)	284,5 ($\pm 9,4$)	0,21 ($\pm 0,01$)	0,170 ($\pm 0,005$)
9	AE1	334,0 ($\pm 17,7$)	277,3 ($\pm 9,2$)	0,16 ($\pm 0,02$)	0,142 ($\pm 0,002$)
10	AE1+ÎO	413,7 ($\pm 18,5$)	329,4 ($\pm 10,2$)	0,30 ($\pm 0,02$)	0,147 ($\pm 0,006$)
11	AE1+ÎOM	409,4 ($\pm 15,4$)	302,7 ($\pm 3,0$)	0,24 ($\pm 0,01$)	0,183 ($\pm 0,008$)
12	AE3	373,3 ($\pm 11,1$)	275,0 ($\pm 15,6$)	0,20 ($\pm 0,00$)	0,133 ($\pm 0,007$)
13	AE3+ÎO	340,7 ($\pm 9,0$)	223,3 ($\pm 2,8$)	0,17 ($\pm 0,01$)	0,106 ($\pm 0,010$)
14	AE3+ÎOM	334,0 ($\pm 17,7$)	238,1 ($\pm 1,6$)	0,16 ($\pm 0,02$)	0,124 ($\pm 0,001$)

* vezi tabelul 1

A fost observat, că în linii generale estimările de la parametrii BM și RS au coincis frecvent cu cele de la CSO – în multe cazuri BM și RS au corelat semnificativ cu CSO (figura 1). Aceste corelații au fost relativ vizibile în funcție de an, dar de fiecare dată cel puțin unul din parametri a corelat cu CSO în mod semnificativ. Mai mult decât atât, sporirea sau scăderea

semnificației corelației între BM și CSO (de la an la an) în majoritatea cazurilor a coincis cu schimbarea inversă a semnificației corelației între RS și CSO. Acest fenomen fusese cel mai pronunțat în anii 2011 – 2012. Atunci schimbările BM au corelat semnificativ și invers proporțional cu schimbările coeficientului metabolic (figura 2).

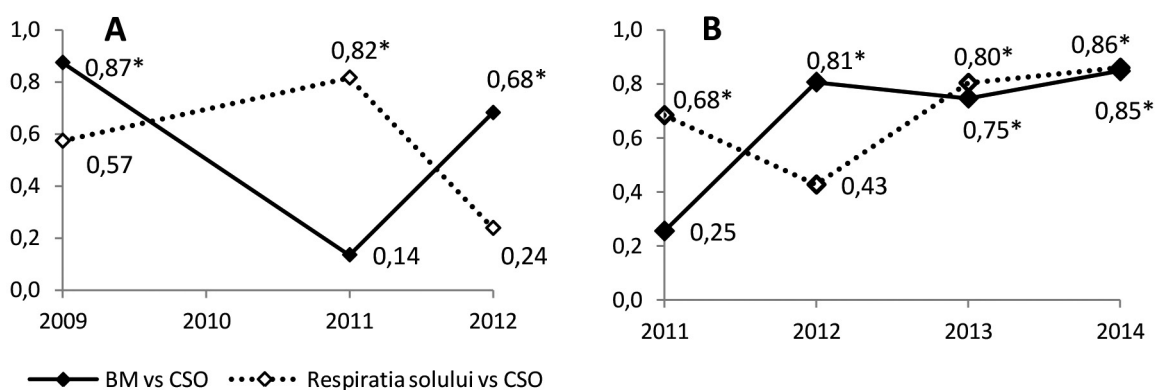


Figura 1. Coeficientul R² a corelațiilor între biomasa microbiană (BM), respirația solului și conținutul substanțelor organice în sol (CSO): (A) pentru ogor negru și culturi permanente fertilizate și nefertilizate; (B) pentru ogor negru și asolamente AC3, AC7, AE1, AE1+ÎO și AE1+ÎOM (* – marchează corelațiile statistice semnificative, P ≤ 0,05).

Ținând cont de natura coeficientului metabolic (qCO_2) și de faptul ca el în primul rând indică adversitatea condițiilor mediului în sol [14], scăderea lui ge-

nerală în variantele anului 2012 (în medie de $1,83 \pm 0,38$ ori față de 2011) a semnalat atenuarea stresului ecologic în sol. Pentru că această atenuare nu poate

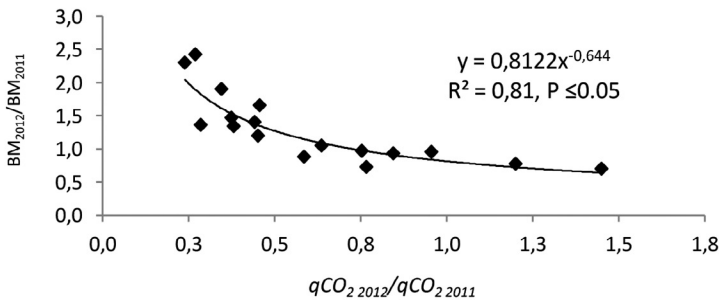


Figura 2. Corelația dintre schimbările biomasei microbiene (BM) și schimbările coeficientului metabolic (qCO_2) în variantele agrotehnologice studiate în anii 2011 – 2012.

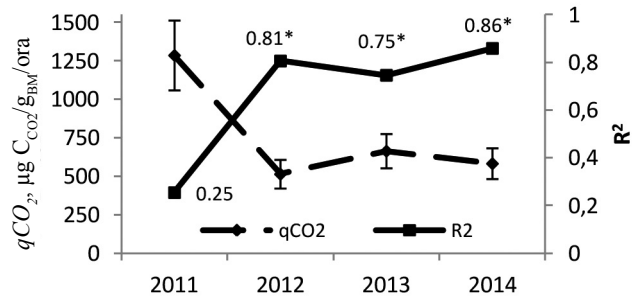


Figura 3. Coeficientul metabolic (qCO_2) și coeficientul R^2 a corelațiilor între biomasa microbiană și conținutul substanțelor organice în sol în anii 2011 – 2014 (variante incluse: ONP, ONP+ÎOM, AC3, AC7, AE1, AE1+ÎO și AE1+ÎOM; * – marchează corelațiile statistice semnificative).

fi explicată prin acțiunea factorilor agrotehnologici (care au rămas nemodificate), cu toată probabilitatea ea a fost cauzată de schimbările în factori externi (de exemplu, îmbunătățirea condițiilor meteorologice). În așa caz, și sporirea semnificativă a corelației între BM și CSO în 2012 devine explicabilă prin aceeași cauză: în lipsa stresului de la factori externi, BM a fost capabilă să crească până la valorile condiționate de accesibilitatea elementelor nutritive în sol și de alte proprietăți care determină calitatea lui (care la rândul său sunt în mare măsură determinate de managementul solului [3, 15]). Bineînțeles că în condițiile stresului ecologic al anului 2011 BM nu a avut cum să coreleze cu CSO pentru că a fost constrânsă nu doar de particularitățile solului și modului lui de prelucrare, dar și de factori externi. Explicația această este confirmată prin faptul

că de fiecare dată când qCO_2 a fost scăzut, BM a corelat semnificativ cu CSO (anii 2012 – 2014) (figura 3).

Pe de altă parte, corelația sporită între RS și CSO în 2011 a fost cu mare probabilitate cauzată de stresul ecologic provocat de factori externi. Orice stres ecologic presupune cheltuieli energetice suplimentare din partea BM, necesare pentru supraviețuire. Aceste cheltuieli pot fi acoperite doar prin sporirea mineralizării substanțelor organice din sol. Cu cât stresul este mai accentuat, cu atât mai mare este necesitatea de a mineraliza suplimentar substanțele organice. În astfel de condiții, sporirea proceselor de mineralizare (reflectată prin sporirea respirației solului) este în mod direct limitată de accesibilitatea surselor de substanțe organice, care la rândul său depinde de calitatea solului (CSO).

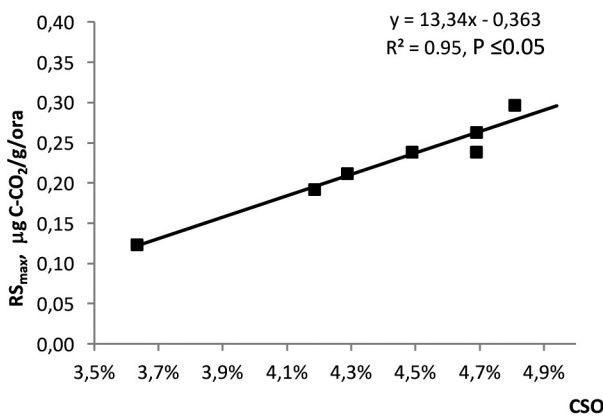
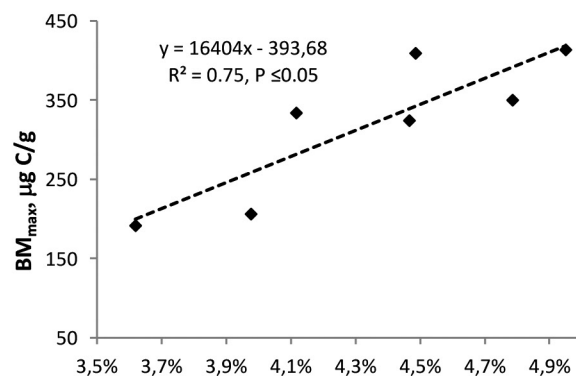


Figura 4. Corelația între CSO și cele mai mari valori ale biomasei microbiene (BMmax) și respirației solului (RSmax) pentru întreaga perioadă 2011 – 2014 (variante incluse: ONP, ONP+ÎOM, AC3, AC7, AE1, AE1+ÎO și AE1+ÎOM).

Pentru a verifica/falsifica ipoteza că vizibilitatea corelațiilor între parametrii BM, RS și CSO depinde de prezența sau absența în sol a stresului ecologic, a fost calculată corelația cu CSO a celor mai mari valori ale parametrilor BM și RS observate pe întreaga perioadă



2011 – 2014 (unde a fost posibil). Noi am presupus că datele maxime ale BM corespund momentelor când stresul ecologic a fost minimal, iar datele maxime ale RS – când stresul a fost maximal. Ca urmare, semnificația corelației între RS_{max} și CSO a atins un

nivel de $R^2=0,95$ (figura 4). Calcularea corelației între BM_{max} și CSO nu a produs un coeficient R^2 nou, deoarece toate datele BM_{max} au fost în cadrul aceluiași an 2013.

Corelațiile semnificative între conținutul substanțelor organice în sol și parametrii microbiologici dovedesc posibilitatea utilizării ultimilor în evaluarea și monitorizarea calității solului arabil. Mai mult decât atât, ele pot furniza un instrument de prognozare a CSO în sol. Având o rată de regenerare relativ mică, BM va reacționa la orice schimbare agrotehnică mult mai devreme decât CSO. Ca rezultat, va apărea o diferență între CSO real și cel care va corespunde valorilor noi ale parametrilor BM și RS (calculabil din corelațiile corespunzătoare). Această diferență va indica atât direcția, cât și amploarea schimbărilor în CSO, care se vor produce în timp dacă managementul solului va rămâne neschimbat.

CONCLUZII

1. Parametrul *biomasa microbială* posedă o putere de discriminare suficientă pentru a evidenția impactul diferitor tehnologii arabile asupra stării solului.

2. Corelațiile semnificative între conținutul substanțelor organice în sol și parametrii microbiologici studiați dovedesc posibilitatea utilizării ultimilor în

estimarea și evaluarea calității solului în urma impactului diverselor tehnologii arabile.

3. Diferența în rate de regenerare a biomasei microbiene și a substanțelor organice în sol permite utilizarea indicatorilor pedo-microbiologici pentru evidențierea timpurie a schimbărilor în calitatea solului la etapele când indicatorul bazat pe conținutul substanțelor organice nu este sensibil.

4. Această diferență în rate de regenerare, în cazul când este stabilită corelația între conținutul substanțelor organice în sol și parametrii microbiologici, deschide posibilități de prognozare cantitativă a schimbărilor în conținutul substanțelor organice în sol arabil în urma modificărilor în managementul lui.

5. Rezultatele obținute deschid posibilități importante de utilizare a indicatorilor pedo-microbiologici în așa domenii ca: evaluarea calității solului arabil, detectarea și monitorizarea degradării solului, evaluarea durabilității tehnologiilor arabile, estimarea, monitorizarea și prognozarea impactului tehnologiilor arabile asupra calității solului.

Autorul își exprimă profunda recunoștință față de dr. hab. Boris Boincean pentru posibilitatea oferită de a accede la loturile experimentale ale ICCC „Selectia” din mun. Bălți și a selecta probele necesare de sol.

BIBLIOGRAFIE

1. Doran J. W., Jones A.I. Soil quality and health: indicators of sustainability. In: Methods for assessing soil quality, 1996, SSSA Special publication, n. 49, p. 3-4.

2. Gregorich E. G., Carter M. R., Doran J. W., Pankhurst C. E., Dwyer L. M., 1997. Biological attributes of soil quality. In: Gregorich E.G., Carter M.R. (Eds.). Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Developments in Soil Science. 25, p. 81-113.

3. Christensen B.T., Johnston A.E., 1997. Soil organic matter and soil quality – lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. In: Gregorich E. G., Carter M. R. (Eds.). Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Developments in Soil Science. 25, p. 399-430.

4. Winding A., Hund-Rinkeb K., Rutgers. M., 2005. The use of microorganisms in ecological soil classification and assessment concepts. Ecotoxicology and Environmental Safety. 62, p. 230-248.

5. Bastida F., Zsolnay A., Hernandez T., Garcia C. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. In: Geoderma, 2008, V. 147, p. 159-171.

6. Gil-Sotres F., Trasar-Cepeda C., Leiros M. C., Seoane S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. In: Soil Biology & Biochemistry, 2005, V. 37, p. 877-887.

7. Stockmann U., Adams M.A., Crawford J.W., Field D.J., Henakaarchchi N., Jenkins M., Minasny B., McBratney A.B., Courcelles V.R., Singh K., Wheeler I., Abbott L., Angers D. A., Baldock J., Bird M., Brookes P.C., Chenu C.,

Jastrow J. D., Lal R., Lehmann J., O'Donnell A.G., Parton W.J., Whitehead D., Zimmermann M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2013. 164, p. 80-99.

8. Кожевин П.А. Экология почвенных микроорганизмов. В сб. Экология микроорганизмов (под ред. А.И. Нетрусова). М., Academia, 2004, с. 71-94.

9. Dalal R. C. Soil microbial biomass – what do the numbers really mean? Austrian Journal of Experimental Agriculture. 1998, 38, p. 649-665.

10. Ursu A. Clasificarea solurilor Republicii Moldova. Editia II. Chișinău: CNMSS, 2001. 38 p.

11. Боинчан Б. П. Экологическое земледелие в Республике Молдова. Chișinău: Știința, 1999, 270 с.

12. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. 1970. МГУ.

13. Корчмару С. Оценка метода субстратиндуцированного дыхания (для определения почвенной микробной биомассы) на примере почв Молдовы. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții. 2009. 1 (307), p. 134-142.

14. Wardle D.A., Ghani A. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO_2) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. Soil Biology & Biochemistry. 1995. 27, p. 1601-1610.

15. Stockdale E. A., Brookes P. C., 2006. Detection and quantification of the soil microbial biomass – impacts on the management of agricultural soils. Journal of Agricultural Science. 144, p. 285-302.