

CZU: 631.461.6:[633.34 + 633.35]

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7442702>**FITOREMEDIEREA TERENURILOR POLUATE CU PLASTIC NERECICLABIL***Serghei CORCIMARU, Vasile TODIRAȘ, Svetlana PRISACARI, Ina RASTEMEȘINA**Institutul de Microbiologie și Biotehnologie*

În cadrul experimentelor vegetaționale în condiții de laborator a fost testată capacitatea plantelor de soia și mazărice de a stimula degradarea polietilenei de densitate scăzută (low-density polyethylene – LDPE) în sol. A fost demonstrat că prezența benzilor de LDPE în sol nu a avut efecte toxice pentru ambele plante, iar în cazul cu soia ea a stimulat creșterea plantelor. S-a stabilit că soia și mazăricea pot stimula degradarea LDPE în dependență de particularitățile solului și de prezența factorilor de stimulare a creșterii plantelor. Plantele de mazărice au fost relativ mai eficiente în ce privește stimularea degradării LDPE în condițiile solului nepoluat, colectat din pădurea raionului Orhei. Plantele de soia au fost relativ mai eficiente în condițiile solului poluat, colectat din gunoiștea de lângă Slobozia-Dușca, și au cauzat cea mai mare degradare a LDPE (2,3% în 39 zile) – în varianta cu bacterizarea semințelor cu *Rhizobium japonicum* RB-06. Capacitatea de a asigura degradarea semnificativă a LDPE în condițiile toxice reale ale solului poluat a evidențiat un avantaj semnificativ al plantelor de soia, ce ține de elaborarea procedeelelor de fitoremediere a terenurilor poluate cu plastic nereciclabil și cu alți contaminanți.

Cuvinte-cheie: polietilenă de densitate scăzută, LDPE, plastic nereciclabil, poluarea solului, fitoremedierea solului, soia, mazărice, bacterii de nodozități.

PHYTOREMEDIATION OF LAND POLLUTED WITH NON-RECYCLABLE PLASTIC

The ability of soybean and vetch plants to stimulate the degradation of low-density polyethylene (LDPE) in soil was tested in the vegetative experiments under laboratory conditions. It was shown that the presence of LDPE strips in the soil had no toxic effects on both plants, and that, in the case of soybeans, it stimulated the plant growth. It has been shown that soybeans and vetch can stimulate the degradation of LDPE depending on the particularities of the soil and the presence of plant growth stimulating factors. The vetch plants were relatively more effective in stimulating the LDPE degradation under the conditions of the unpolluted soil, collected from the forest of the Orheidistrict. Soybean plants were relatively more efficient under the conditions of the polluted soil, collected from the landfill near Slobozia-Dușca, and caused the highest LDPE degradation (2.3% in 39 days) – in the variant with seed bacterization by *Rhizobium japonicum* RB-06. The ability to ensure a significant degradation of LDPE, under the toxic conditions of the real polluted soil, highlighted the perspective of soybean plants for the development of phytoremediation procedures of lands polluted by non-recyclable plastic and other contaminants.

Keywords: low density polyethylene, LDPE, non-recyclable plastics, soil pollution, soil phytoremediation, soybeans, vetch, rhizobia.

Introducere

În majoritatea țărilor, precum și în Republica Moldova, persistă problema poluării mediului ambiant cu produse de plastic nereciclabil, printre care și polietilena de densitate scăzută (low-density polyethylene – LDPE). Doar în fiecare an în Republica Moldova se produc 100-300 mii tone de deșeuri plastice, care în mare parte sunt aruncate în mediul ambiant (inclusiv la cca 1050 de depozite) fără nicio prelucrare [1-2].

Nimerind în sol materialele de plastic se descompun, sub acțiunea factorilor biotici și abiotici, în particule mai mici, care exercită un impact negativ asupra sănătății solului, dezvoltării plantelor și productivității lor [3-8]. Microplasticul din sol și apă pătrunde în plante prin fisurile pe rădăcinile laterale [9]. Acumularea plasticului de către plante are consecințe negative asupra recoltei și calității nutritive a producției obținute [8,9] și, ca rezultat, pune în pericol securitatea alimentară și dezvoltarea durabilă a agriculturii [4,6,7,9]. Consecințele negative ale poluării solului cu plastic impun necesitatea elaborării măsurilor de remediere.

Din lipsa metodelor chimice și fizice de distrugere eficientă a plasticului și altor poluanți toxici din sol, în ultimul timp atenția este îndreptată spre elaborarea procedeelelor de degradare biologică [10-14], inclusiv cu aplicarea fitoremedierii [15-18].

Fitoremedierea înseamnă utilizarea plantelor, microorganismelor de rizosferă asociate cu aceste plante, a adausurilor pentru sol și a procedeelelor agronomice pentru înlăturarea, detoxicarea și distrugerea poluanților nocivi din mediul ambiant. Fitoremedierea este tot mai activ studiată ca un mijloc de restabilire a solurilor

poluate cu diferite substanțe organice și neorganice (poluanți organici persistenți, metale grele etc.) [9,19] și deja este utilizată cu succes în practica purificării terenurilor agricole și apelor subterane, orășenești, agricole și industriale [15,18]. Totodată, la momentul dat practic nimic nu se știe despre posibilitățile practice de utilizare a fitoremedierii pentru solurile poluate cu materiale de plastic.

În lucrarea noastră precedentă [20] a fost demonstrat că plantele leguminoase de soia și mazărice bacterizate cu tulpini de rizobii specifici și crescute în condițiile cernoziomului tipic slab humifer au avut o rezistență sporită față de acțiunea toxică a LDPE introdus în sol în concentrații de până la 5 g/kg. Mai mult decât atât, în unele cazuri creșterea lor în prezența LDPE a fost semnificativ stimulată.

Reieșind din cele expuse, în prezenta lucrare a fost testată capacitatea plantelor de soia și mazărice de a stimula degradarea LDPE în sol.

Materiale și metode

Testarea capacității plantelor de soia și mazărice de a stimula degradarea LDPE în sol a fost efectuată conform metodelor aprobate [21-23] în condiții de laborator în cadrul experimentelor vegetaționale. Au fost selectate, standardizate și caracterizate probe de sol din două terenuri contraste – nepoluat, sol virgin de pădure din raionul Orhei, și sol poluat cu deșeuri de plastic (inclusiv LDPE) și alți contaminanți din gunoiștea din Slobozia-Dușca.

Tabelul 1

Proprietățile solurilor din experimentele vegetaționale

Nr. d/o	Terenul	CSO, %	pH	W, %	BMS, $\mu\text{g C/g}$	RS, $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g/oră}$	$q\text{CO}_2$, $\text{C-CO}_2/\text{mg biomasa/oră}$
1.	Pădurea din raionul Orhei	6,71 \pm 0,02	6,9	28,1	914,2 \pm 22,4	0,39 \pm 0,03	0,42 \pm 0,03
2.	Gunoștea din Slobozia-Dușca	4,88 \pm 0,03	7,9	19,7	33,8 \pm 8,3	1,42 \pm 0,09	41,96 \pm 3,05

Notă: CSO – conținutul substanțelor organice, W – umiditatea solului la 40% din capacitatea de reținere a apei, BMS – biomasa microbiană a solului, RS – respirația solului, $q\text{CO}_2$ – coeficientul metabolic. Analiza statistică este arătată cu ajutorul intervalului de încredere, $P=0,95$.

Analiza comparativă a proprietăților solurilor selectate (Tab.1) a evidențiat condițiile de stres ecologic profund în solul din terenul poluat. Spre deosebire de varianta solului nepoluat, biomasa microbiană a fost de 27 ori mai mică, iar coeficientul metabolic (indicatorul stării de stres ecologic pentru microorganismele din sol) – de 99 ori mai mare.

Experimentele vegetaționale au fost efectuate în vase cu sol (300 g/vas) în 3 repetări, în climocameră cu respectarea factorilor de iluminare, umiditate, ventilare și temperatură. Plantele de soia și mazărice au fost crescute până la faza de butonizare-înflorire. În total au fost prevăzute următoarele variante: (1) Martor – sol însămânțat cu semințe nebacterizate; (2) RZ – sol însămânțat cu soia sau mazărice bacterizate respectiv cu *Rhizobium japonicum* RB-06 și cu *Rhizobium leguminosarum* RB-02; (3) LDPE – sol cu LDPE introdus sub formă de 2 benzi tăiate longitudinal și 2 benzi tăiate transversal pentru fiecare variantă-repetare, însămânțat cu semințe nebacterizate; (4) RZ+LDPE – sol cu LDPE însămânțat cu semințe bacterizate. La sfârșitul experimentelor vegetaționale în fiecare variantă au fost determinate (unde a fost posibil) gradul de germinare, lungimea rădăcinilor, înălțimea plantelor (părțile aeriene), masa uscată a plantelor (împreună cu rădăcinile), numărul și masa uscată a nodozităților de rădăcină, gradul degradării a LDPE (diminuarea masei la sfârșitul experimentului).

Rezultate și discuții

Introducerea LDPE în ambele soluri în majoritatea variantelor nu a cauzat schimbări semnificative în creșterii plantelor și formarea nodozităților pe rădăcinile lor în condițiile ambelor soluri studiate (Tab.2-3). Schimbări semnificative au fost observate doar în varianta cu soia bacterizată în solul poluat din Slobozia-Dușca, unde lungimea rădăcinii a crescut față de martor absolut cu 56,4%, și în a doua variantă cu mazărice fără bacterizare, unde masa uscată a plantei a scăzut cu 28,1% (în condițiile solului nepoluat), numărul nodozităților de rădăcină a fost redus la zero (în condițiile solului poluat). Aceste schimbări au arătat că plantele

de mazărice sunt destul de rezistente față de acțiunea toxică a LDPE, iar soia poate fi și stimulată în prezența poluantului dat. Plantele de soia, spre deosebire de mazărice, au fost mult mai rezistente față de condițiile nefavorabile ale solului poluat – din cei 6 parametri măsurați schimbări consistente și semnificativ negative au fost doar după înălțimea plantei (care a scăzut în medie cu 59,2%). Pentru comparație, la plantele de mazărice în condițiile solului poluat înrăutățirea semnificativă a fost observată după toți parametrii – lungimea rădăcinii, înălțimea și masa uscată a plantelor au scăzut, respectiv, de 2,7, 1,5 și 1,7 de ori în medie, iar numărul nodozităților de rădăcină a scăzut de 21-55 de ori și într-un caz, cum deja s-a spus, a coborât până la zero.

Tabelul 2

Influența LDPE asupra proceselor de creștere a plantelor de soia și de formare a nodozităților pe rădăcinile lor în condițiile solului poluat și nepoluat cu plastic nereciclabil și cu alți contaminanți

Varianta	Germinarea semințelor, %	Lungimea rădăcinii, cm	Înălțimea plantei, cm	Masa uscată a plantelor, g	Numărul nodozităților	Masa uscată a nodozităților, mg
Sol de pădure din raionul Orhei (nepoluat)						
Martor	66,67±24,66	19,70±3,75	85,72±6,91	3,97±0,38	0,00	0,00
RZ	80,93±24,72	22,37±4,92	96,83±16,19	5,45±2,25	23,67±7,95	16,37±5,07
LDPE	66,67±24,66	18,96±4,24	80,56±14,70	4,21±1,17	0,00	0,00
RZ+LDPE	71,40±16,18	19,37±1,53	95,89±13,43	4,95±1,12	14,67±6,91	8,70±3,43
Sol din gunoiștea de lângă Slobozia-Dușca (poluat)						
Martor	71,43±27,99	15,66±1,39	35,78±4,52	3,10±0,53	0,00	0,00
RZ	90,47±18,68	19,82±1,57	39,90±4,42	3,75±0,33	9,33±2,85	18,03±3,37
LDPE	66,67±24,66	21,81±1,32	36,49±5,87	3,25±0,28	0,00	0,00
RZ+LDPE	80,93±24,72	24,49±5,81	38,90±6,66	4,58±0,96	6,67±2,36	13,63±2,09

Notă: Martor – sol (fără LDPE) însămânțat cu soia nebacterizată; RZ – sol însămânțat cu semințe bacterizate cu tulpina *Rhizobium japonicum* RB-06; LDPE – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe nebacterizate; RZ+LDPE – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe bacterizate. Statisticile sunt arătate prin intervalul de încredere la P = 0,95.

Tabelul 3

Influența LDPE asupra proceselor de creștere a plantelor de mazărice și de formare a nodozităților pe rădăcinile lor în condițiile solului poluat și nepoluat cu plastic nereciclabil și cu alți contaminanți

Varianta	Lungimea rădăcinii, cm	Înălțimea plantei, cm	Masa uscată a plantelor, g	Numărul nodozităților
Sol de pădure din raionul Orhei (nepoluat)				
Martor	33,67±6,53	81,83±6,33	0,32±0,06	14,50±5,67
RZ	24,33±6,91	73,00±1,60	0,22±0,03	9,00±2,95
LDPE	32,33±6,91	74,00±5,86	0,23±0,02	8,00±3,20
RZ+LDPE	31,83±5,48	78,67±4,77	0,37±0,12	9,50±2,41
Sol din gunoiștea de lângă Slobozia-Dușca (poluat)				
Martor	11,75±2,02	50,83±5,17	0,14±0,02	0,67±0,65
RZ	9,50±1,66	48,83±8,87	0,15±0,03	0,17±0,33
LDPE	10,00±1,34	45,50±6,00	0,13±0,03	0,00±0,00
RZ+LDPE	15,33±2,51	62,17±7,25	0,19±0,11	1,67±1,49

Notă: Martor – sol (fără LDPE) însămânțat cu semințe nebacterizate; RZ – sol însămânțat cu semințe bacterizate cu tulpina *Rhizobium leguminosarum* RB-02; LDPE – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe nebacterizate; RZ+LDPE – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe bacterizate. Statisticile sunt arătate prin intervalul de încredere la P = 0,95.

Estimarea gradului de degradare a LDPE a evidențiat în diferită măsură potențialul fitoremediator al ambelor plante. Conform rezultatelor obținute, diminuarea masei LDPE a avut loc absolut în toate variantele studiate și a constituit 0,4–2,3% în dependență de sol și de plantă (Tab.4-5). Cea mai mare diminuare a masei LDPE (-2,9 mg) a fost observată în solul poluat din Slobozia-Dușca unde a fost crescută soia bacterizată.

Această diminuare a fost semnificativ mai mare față de restul variantelor cu soia, inclusiv a celor cu sol virgin de pădure, unde diminuarea LDPE a fost de 3,5-6,5 ori mai mică. Plantele de mazărice au fost relativ mai eficiente în ce privește stimularea degradării LDPE în condițiile solului de pădure nepoluat, unde diminuarea LDPE în cea mai bună variantă a fost de 4,2 de ori mai mare decât în cea mai bună varianta cu soia. Avantajul mazărichii asupra soiei în condițiile când LDPE este introdus în sol nepoluat a fost observat și în lucrarea precedentă unde a fost implicat solul cernoziom tipic slab humifer (și nu cenușiu tipic ca în cazul dat). Atunci prezența LDPE în sol a sporit masa uscată a plantelor de mazărice (statistic semnificativ) cu 39,3-64,3% și numărul nodozităților de rădăcină – de 2,4-2,8 ori față de martorul absolut fără LDPE, iar în cazul plantelor de soia au fost observate doar semne de toleranță față de acțiunea toxică a LDPE [21].

Tabelul 4

Degradarea LDPE în cadrul experimentelor vegetaționale cu soia

Varianta	Masa inițială a benzilor de LDPE aplicate, g	Diminuarea masei benzilor de LDPE, mg	Gradul degradării LDPE, %
Sol de pădure din raionul Orhei (durata experimentului – 32 de zile)			
LDPE	0,254±0,003	0,450±0,148	0,353±0,114
RZ+LDPE	0,256±0,009	0,608±0,318	0,476±0,246
Sol din gunoiștea de lângă Slobozia-Dușca (durata experimentului – 39 de zile)			
LDPE	0,256±0,008	1,208±0,865	0,934±0,665
RZ+LDPE	0,256±0,006	2,917±0,757	2,261±0,551

Notă: LDPE – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe nebacterizate; RZ+LDPE – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe bacterizate cu tulpina *Rhizobium japonicum*RB-06. Statisticile sunt arătate prin intervalul de încredere la P = 0,95.

Tabelul 5

Degradarea LDPE în cadrul experimentelor vegetaționale cu mazărice

Varianta	Masa inițială a benzilor de LDPE aplicate, g	Diminuarea masei benzilor de LDPE, mg	Gradul degradării LDPE, %
Sol de pădure din raionul Orhei (durata experimentului – 32 de zile)			
LDPE	0,257±0,009	2,550±1,489	1,953±1,110
RZ+LDPE	0,256±0,007	0,558±0,382	0,432±0,290
Sol din gunoiștea de lângă Slobozia-Dușca (durata experimentului – 39 de zile)			
LDPE	0,265±0,006	0,975±0,666	0,736±0,494
RZ+LDPE	0,257±0,001	1,558±0,352	1,210±0,276

Notă: LDPE – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe nebacterizate; „RZ+LDPE” – sol tratat cu LDPE și ulterior însămânțat cu semințe bacterizate cu tulpina *Rhizobium japonicum*RB-06. Statisticile sunt arătate prin intervalul de încredere la P = 0,95.

Încheiere

Degradarea LDPE în variantele studiate a evidențiat posibilitatea utilizării plantelor leguminoase pentru stimularea biodegradării LDPE în sol. Diferența de 6,4 de ori dintre cel mai mare și cel mai mic grad de degradare a LDPE din diferite variante a dovedit posibilitatea eficientizării biodegradării LDPE în sol prin selectarea plantelor potrivite pentru condițiile specifice ale solului și prin stimularea creșterii acestor plante. Capacitatea soiei de a asigura degradarea semnificativă a LDPE anume în condițiile toxice reale ale solului poluat presupune un avantaj semnificativ al acestei plante ce ține de elaborarea procedeelor de fitoremediere a terenurilor poluate cu plastic nereciclabil și cu alți contaminanți.

Totodată, valorile relativ mici ale gradului de diminuare a masei LDPE observate în cadrul experimentelor dovedesc că ritmurile biodegradării LDPE sunt încă destul de modeste din punct de vedere practic. În cel mai bun caz, degradarea completă a LDPE ar fi fost posibilă doar peste 1725 de zile. Este evident că pentru eficientizarea procedeele de fitoremediere a terenurilor poluate cu LDPE este binevenită căutarea modalităților adăugătoare de stimulare a ritmurilor de biodegradare a LDPE.

Concluzii

1. Plantele leguminoase pot stimula biodegradarea LDPE în sol și pot fi utilizate în cadrul procedeele de fitoremediere a terenurilor poluate cu deșeuri de plastic nereciclabil.
2. Ritmurile biodegradării LDPE depind de particularitățile solului, de planta fitoremediatoare și de prezența factorilor de stimulare a creșterii și dezvoltării acestei plante în condițiile solului poluat.
3. Plantele de soia pot asigura degradarea semnificativă a LDPE în condițiile toxice reale ale solului poluat cu plastic nereciclabil și cu alți contaminanți.
4. Pentru crearea procedeele eficiente de fitoremediere a terenurilor poluate este binevenită căutarea modalităților adăugătoare de stimulare a creșterii plantelor fitoremediatoare și a ritmurilor de biodegradare a plasticului nereciclabil.

Referințe:

1. SHALINI, R., SASIKUMAR, C. Biodegradation of low-density polythene materials using microbial consortium – an overview. In: *International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 2015, vol.4 (4), p.507-514.
2. <https://ru.sputnik.md/news/20200121/28926723/delo-o-butylke-parlament-moldovy-otkazalsya-ot-plastika.html>
3. NIZZETTO, L., LANGAAS, S., FUTTER, M. Pollution: Do microplastics spill on to farm soils? In: *Nature*, 2016, vol.537, p.488.
4. ШАБАЕВ, В.П. Применение ростстимулирующих ризосферных бактерий для стимуляции роста растений при загрязнении почвы нефтью, свинцом и кадмием. В: *Агрехимия*, 2016, №8, с.82-87.
5. <https://www.activestudy.info/simbioticheskaya-azotfiksaciya/>
6. SOUZA MACHADO et al. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. In: *Global Change Biology*, 2018, vol.24, p.1405-1416.
7. WEITHMANN, N. et al. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. In: *Science Advances*, 2018, vol.4(4).Doi:10.1126/sciadv. aap 8060
8. XIAO-DONG SUN et al. Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in *Arabidopsis thaliana*. In: *Nature Nanotechnology*, 2020, vol.15, p.755-760.
9. LIANZHEN, L. et al. Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. In: *Nature Sustainability*. 2020, vol.3, p.929-937.
10. HOPEWELL, J., DVORAK, R., KOSIOR, E. Plastics recycling: Challenges and opportunities. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009, vol.364, no.1526, p.2115-2126.
11. DAS M.P., KUMAR, S. An approach to low-density polyethylene biodegradation by *Bacillus amyloliquefaciens*. In: *Biotech.*, 2015, vol.5, p.81-86.
12. AFZAL, M. Endophytic bacteria: prospects and applications for the phytoremediation of organic pollutants. In: *Chemosphere*, 2014, vol.117, p.232–242.
13. ПАХАРЬКОВА, Н.В., ПРУДНИКОВА, С.В., ГЕКК, А.С., ЛАРЬКОВА, А.Н., КОПОСТЕЛЕВА, Н.С. Оптимизация выбора растений для биоремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами в условиях Южной Сибири. В: *Вестник Крас ГАУ*, 2015, №8, с.28-32.
14. TRIBEDI, P., SIL, A.K. Low-density polyethylene degradation by *Pseudomonas* sp.AKS2 biofilm. In: *Environmental Science and Pollution Research*, 2013, vol.20, no 6, p.4146-4153.
15. DERRAIK, JOSE, G.B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. In: *Marine Pollution Bulletin*, 2002, vol.44, no.9, p.842-852.
16. KASIRAJAN, S., NGOUAJIO, M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. In: *Agron. Sustain. Dev.*, 2012, vol.32, p.501.
17. COLETTE, W., WALLACE, J.N. Editorial: Plastic Pollution: An Ocean Emergency. In: *Marine Turtle Newsletter*, 2010, vol.129, p.1-4.
18. НАЗАРОВ, А.В., ИЛАРИОНОВ, С.А. Потенциал использования микробно-растительного взаимодействия для биоремедиации. В: *Биотехнология*, 2005, №5, с.54.
19. PILON-SMITS, E. Phytoremediation. In: *Annual Review of Plant Biology*, 2005, vol.56, p.15-39.

20. CORCIMARU, S., PRISACARI, S., TODIRAȘ, V. Influența polietilenei de densitate scăzută asupra dezvoltării plantelor de soia și mazărice și asupra formării nodozităților de rădăcină. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2021, nr.2(344), p.120-125.<URL: <https://doi.org/10.52388/1857-064X.2021.2.11>
21. СЭГИ, И. *Методы почвенной микробиологии*. Москва: Колос, 1983, с.268.
22. ОНОФРАШ, Л.Ф., ЯКИМОВА, М.Ф., КОВАЛЬЖИУ, А.И., ВОЛОСКОВА, М.М. Биопрепараты клубеньковых бактерий для активизации процесса фиксации атмосферного азота. В: *Симбиотическая азотфиксация и пути ее повышения*. Кишинев.: ШТИНЦА, 1992, с.121.
23. LEGECHERIE, B. In: *Inform. techn. Cetiom*, 1978, vol.62, p.11-15.

Notă: Datele prezentate au fost obținute în cadrul proiectului de cercetare *Potențialul microbiologic pentru degradarea deșeurilor plastice nereciclabile*", înregistrat sub numărul 20.80009.7007.03 în cadrul Programului de stat pentru 2020-2023, finanțat de Agenția Națională pentru Cercetare Științifică și Dezvoltare a Republicii Moldova.

Date despre autori:

Serghei CORCIMARU, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător; LCȘ Microbiologia Solului, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al MEC.

E-mail: sergheicorcimaru@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-0099-8590

Vasile TODIRAȘ, doctor în științe agricole, conferențiar cercetător; LCȘ Microbiologia Solului, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al MEC.

E-mail: todiras.v@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3554-0512

Svetlana PRISACARI, cercetător științific; LCȘ Microbiologia Solului, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al MEC.

E-mail: prisacarisvetlana@rambler.ru

ORCID: 0000-0002-5222-7317

Inna RASTIMEȘINA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător; LCȘ Microbiologia Solului, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al MEC.

E-mail: rastimesina@gmail.com

Prezentat la 19.08.2022