

IMPACTUL MULCELUI DE POLIETILENĂ CU DENSITATE SCĂZUTĂ ASUPRA PROCESELOR DE CREȘTERE ȘI DEZVOLTARE LA SOIA

Todiraș Vasile, *doctor în științe agricole, conferențiar cercetător*, Corcimaru Serghei, *doctor în științe biologice, conferențiar cercetător*, Prisacari Svetlana, *cercetător științific*, Lungu Angela, *cercetător științific, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, MEC*.

As a result of the investigation of the impact of soil contamination of the typical low-humus chernozem soil with polyethylene (LDPE, 1-5 g / kg) it was established that the amount of 5 g / kg is toxic both for the growth and development of the soybean and for the formation of rhizobio-bacterial apparatus in the soil. Also, bacterization of soybeans with microbial preparation based on nitrogen-fixing symbiotrophic bacteria *Rhizobium japonicum* RD2 contributed to the development of tolerance of the soybean to the toxic action of LDPE - after all plant development parameters and the number of root nodules no statistically significant differences were observed, compared to the control variant with bacterization and without introducing LDPE into the soil. As a result, the possibility of using the soybean in phytoremediation technologies of land contaminated with plastic waste was highlighted, as well as the importance of further research in order to practically implement the revealed potential.

Key words: *low density polyethylene, soybean, rhizobia, seed bacterialization, plant, root, plastic waste.*

INTRODUCERE

Rezidurile de plastic au devenit o problemă gravă de mediu în regiunile cu utilizare intensivă a mulciului din plastic. Chiar dacă mulciul de plastic este utilizat pe scară largă, efectele reziduurilor macro și microplastice asupra sistemului sol-planta și agroecositemului sunt în mare măsură necunoscute.

Materialele plastice, în special polietilena, sunt utilizate intensiv ca folie de mulci în agricultură, cu scopul de a îmbunătăți climatul solului, făcându-l mai benefic pentru creșterea plantelor și creșterea eficienței utilizării apei în regiunile(semi-aride) [5].

Utilizarea globală actuală a foliilor de mulci din plastic este enormă și a crescut foarte mult în ultimii ani [2, 20]. Cel mai mare utilizator a foliei de mulci din plastic la nivel mondial este China, care ocupă o suprafață de 19,8 milioane de hectare de teren agricol acoperite cu folie de mulci din plastic [3, 16]. În pofida faptului, că utilizarea mulciului din plastic are numeroase beneficii economice, un efect secundar devastator este că plasticul este lăsat în sol după recoltare [2]. Orice încercare de reciclare a reziduurilor de plastic a fost împedicată de deficultăți practice și de costuri ridicate [2, 14, 24]. An de an, noi reziduuri de plastic sunt adăugate în sol și această acumulare constant, cuplată cu particule tradiționale de prelucrare a solului, are ca rezultat încorporarea unei cantități uriașe de mega, macro și microparticule de plastic în solurile agricole [3, 17, 21, 24]. Preocupările de mediu care decurg din filmul de mulci residual a stârnit interesul oamenilor de știință, iar studiile au arătat că reziduurile de peliculă de mulci pot reduce calitatea solului și productivitatea plantelor agricole [4, 13, 26, 27, 28].

Poluarea mediului este o problemă globală. În Republica Moldova persistă problema poluării mediului ambiant cu produse plastice, inclusiv cu polietilenă de densitate scăzută. Polietilena de joasă densitate joacă un rol vital în viața noastră de zi cu zi, simultan producând probleme drastice de mediu. Ele sunt reciclabile și, prin urmare, inerte la degradare. Unele microorganisme au capacitatea de a degrada materialele din polietilenă cu densitate redusă (LDPE) și unele materiale plastice aflate în mediul natural [23].

Conform datelor statistice, în lume, anual se produc cel puțin 300 milioane tone de plastic, din care o parte destul de mare ajunge în mediu, unde persistă de-a lungul deceniilor, dăunând biotei și intră în lanțul alimentar. Cu toate acestea nu se știe aproape nimic despre poluarea cu plastic a solului [1]. În Republica Moldova în fiecare an se acumulează deșeuri plastice în volum de până la 300 mii tone, iar ponderea plasticului din volumul deșeurilor în ca și în întreaga lume, este 10-30%. Deșeurile doar pe bază de polietilenă, se acumulează în mediu cu viteza de 25 mln tone/an, nimerind în mediul ambiant provocând diverse schimbări la plante, la animale etc. [7, 8, 32].

La momentul de față microplasticele au fost găsite (identificate) în solurile multor ecosisteme terestre [29], inclusiv în câmpurile agricole [19, 2], în orașe și în zonele industriale [6]. Cercetările privind efectele produse de microplastice în ecosistemele terestre sunt în curs de desfășurare. Rezultatele inițiale au arătat, că microplasticul poate afecta negativ biota solului, cum ar fi rămele [11, 12], de asemenea, poate schimba proprietățile biofizice ale solului, inclusiv agregarea solului, densitatea în vrac și capacitatea de păstrare a apei [18, 25, 29]. Materialele plastice sub acțiunea factorilor biotici și abiotici descompunându-se în particule mai mici (nanoparticule), nimerind în sol, apă și aer exercită un impact negativ asupra sănătății ecosistemelor și solului, dezvoltării plantelor și productivității lor [9, 10, 18, 22, 26, 27].

Reieșind din cele expuse, **scopul investigației noastre** la prima etapă a fost de a studia impactul mulcelui din polietilenă cu densitate scăzută (LDPE) asupra proceselor de creștere și dezvoltare la plantele de soia.

MATERIALE ȘI METODE

În calitate de obiecte pentru investigații au servit bacteriile simbiotrof fixatoare de azot *Rhizobium japonicum* RD2, semințele de soia și polietilena cu densitate scăzută (LDPE).

Experimentele vegetaționale au fost efectuate în condiții de laborator, în vase cu sol cernoziom tipic cu humus scăzut (conținut de materie organică - 3,4%, 300 g sol/vas), în 3 repetiții, în climocameră cu respectarea factorilor de iluminare (de zi), umiditate, ventilare și temperatură (24-26°C). Plantele au fost crescute până la fazele de butonizare-înflorire. În total au fost studiate următoarele variante: „*Martor – sol nepoluat (fără LDPE) însămânțat cu soia ne bacterizată*”; „*RZ*” – *sol nepoluat însămânțat cu soia bacterizată cu tulpina Rhizobium japonicum RD2*; „*PE₁*” – *sol tratat cu LDPE în concentrația 1 g/kg și însămânțat cu soia ne bacterizată*; „*RZ+PE₁*” – *sol tratat cu LDPE (1 g/kg) și însămânțat cu soia bacterizată*; „*PE₅*” – *sol tratat cu LDPE în concentrația 5 g/kg și însămânțat cu soia ne bacterizată*; „*RZ+PE₅*” – *sol tratat cu LDPE (5 g/kg) și însămânțat cu soia bacterizată*.

Influența bacteriilor a fost estimată în baza măsurării înălțimei plantelor, lungimei medie a plantelor, masei brute și uscate, numărului de nodozități formate pe rădăcini.

Bacterizarea semințelor de soia a fost efectuată în modul următor: tulpina *Rhizobium japonicum* RD2 a fost crescută pe mediul nutritiv agarizat solid cu pulbere din plantule de mazăre timp de 14 zile în termostat la temperatura de 28° C, apoi 3 zile – în condiții de agitare în mediul lichid cu fiertură din mazăre la aceeași temperatură [31]. Bacterizarea s-a efectuat reieșind din calculul: 1 mln de celule la 1 sămânță [15].

REZULTATELE CERCETĂRII

Introducerea polietilenei (LDPE) în sol în concentrații de 1 și 5 g/kg a avut efecte doar toxice asupra dezvoltării soi și formării nodozităților pe rădăcinile acesteia (tab. 1, fig. 1): plantele variantelor PE₁ și PE₅ spre deosebire de altele, au pierdut totalmente capacitatea de a forma nodozitățile de rădăcină (de a dezvolta simbioza cu rizobiile autohtone din sol), și au avut cele mai scăzute lungimea rădăcinilor și masa uscată (în ultimele două cazuri diferența față de alte variante aproape întotdeauna a fost statistic ne semnificativă). În același timp, bacterizarea semințelor soi cu tulpina *Rhizobium japonicum* RD2 practic a înlăturat toxicitatea de la LDPE, mai ales, la concentrația de 1 g/kg: nodozitățile în varianta RZ+PE₁ nu numai că au fost formate, dar și numărul lor a depășit de 13 ori cel din varianta martorului absolut, devenind statistic nedeosebit de cel din varianta RZ, unde soia bacterizată a fost însămânțată în sol netratat cu LDPE. Varianta RZ+PE₁ a fost cea mai apropiată (și statistic nedeosebită) față de RZ și după parametrii dezvoltării a plantei (tab. 1).

Tabelul 1. *Influența LDPE* asupra proceselor de creștere, dezvoltare și formare a nodozităților la soia*

Varianta	Lungimea rădăcinii, cm	Înălțimea plantei, cm	Masa uscată a plantei, g	Numărul nodozităților
Martor	20,71±3,61	67,18±7,04	4,65±0,07	0,67±0,65
RZ	27,20±5,27	75,87±7,58	4,81±0,22	10,00±2,26
PE ₁	21,19±2,73	70,48±10,93	4,48±0,12	0,00±0,00

RZ+PE ₁	21,72±2,94	71,88±6,81	4,66±0,08	8,67±2,61
PE ₅	15,62±2,88	69,00±10,20	4,57±0,09	0,00±0,00
RZ+PE ₅	18,77±6,63	69,23±14,69	4,43±0,26	4,33±5,58

* Polietilena de densitate scăzută (LDPE) a fost introdusă în sol sub forma de particule tocate mărunț.

** Statisticile sunt date folosind intervalul de încredere la P = 0,95.

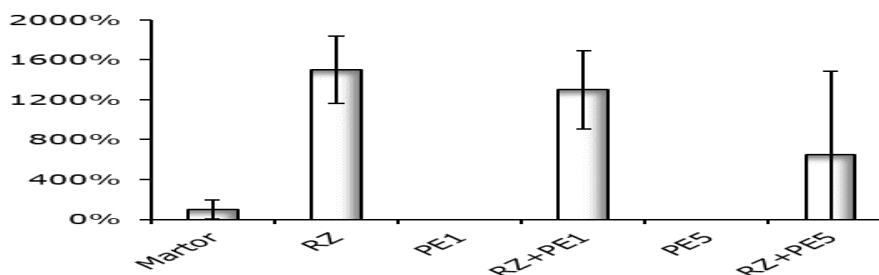


Fig. 1. Influența diferitelor concentrații de LDPE asupra capacității soi de a forma nodozități pe rădăcinile plantelor. Statisticile sunt date folosind intervalul de încredere la P = 0,95.

În baza rezultatelor obținute este evident, că pentru plantele de soia anume numărul nodozităților de rădăcină a fost cel mai sensibil și eficient indicator al impactului LDPE – atât prin direcția cât și prin diapazonul schimbărilor în valori. Se știe foarte bine, că formarea complexului rizobio-radicular este importantă pentru dezvoltarea leguminoaselor și productivitatea lor. Mai mult decât atât, fixarea azotului atmosferic în nodozitățile leguminoaselor este factorul important care îmbunătățește și calitatea solului (prin stimularea creșterii plantelor, exsudărilor radiculare, activității microbiologice generale a solului, etc.).

Conform estimărilor, fixarea simbiotică a azotului atmosferic de plantele leguminoase poate contribui anual până la 60-300 kg de azot la hectar [30]. Luând în calcul aceste momente, faptul că în condițiile solului poluat cu LDPE a fost observată capacitatea de a forma nodozitățile de rădăcină la un nivel comparabil sau mai mare decât cel în solul variantelor fără LDPE poate servi ca o dovadă a prezenței potențialului fitoremediator. Această concluzie este confirmată și prin acel fapt important, că la plantele de soia au fost observate variante unde parametrii dezvoltării a plantelor în prezența poluantului (LDPE) nu au fost statistic inferiori (cel puțin) celor în variantele martorilor fără LDPE. Astfel, rezultatele obținute indică posibilitatea utilizării soi în tehnologiile de fitoremediere a terenurilor contaminate cu deșeuri de plastic, precum și importanța unor cercetări suplimentare cu scopul implementării practice a potențialului dezvoltat.

CONCLUZII:

1. Mulciul de polietilenă cu densitate scăzută (LDPE) în concentrația de 1-5 g/kg/sol este un poluant toxic pentru procesele de creștere și dezvoltare a plantelor de soia.
2. Tratarea semințelor de soia cu bacteriile simbiotrof fixatoare de azot *Rhizobium japonicum* RD2 a contribuit la dezvoltarea toleranței plantelor față de toxicitatea de la LDPE – după toți parametrii de dezvoltare a soi și numărul nodozităților de rădăcină nu au fost observate diferențe semnificative statistic.
3. A fost evidențiată posibilitatea utilizării soi în tehnologiile de fitoremediere a terenurilor contaminate cu deșeuri de plastic, precum și importanța continuării cercetărilor cu scopul implementării practice a potențialului dezvoltat.

Notă: Datele prezentate în articol au fost obținute în cadrul proiectului de cercetare „Potențialul microbiologic pentru degradarea deșeurilor plastice nerecyclabile”, 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.

Bibliografie:

1. Blasing, Melanie; Amelung, Wulf. *Plastics in soil: Analytical methods and possible sources*. In: Review Sci. Total Environ. 2018 Jan 15;612:422-435. Doi:10.1016/j.scitotenv. 2017.08.086. Epub 2017 Sep 1.
2. Brodhagen, M.; Goldberger, J.R.; Hayes, D.G.; Inglis, D.A.; Marsh, T.L.; Miles, C. *Policy considerations for limiting unintended residual plastic in agricultural soils*. In: Environ. Sci. Pol., 2017, vol. 69, pp. 81-84.
3. Changrong, Y.; Wenqing, H.; Neil, C. *Plastic-film mulch in Chinese agriculture: importance and problems*. In: World Agric., 2014, vol. 4, pp. 32-36.
4. Dong, H.D.; Liu, T.; Han, Z.Q.; Sun, Q.M.; Li, R. *Determining time limits of continuous film mulching and examining residual effects on cotton yield and soil properties*. In: J. Environ. Biol., 2015, vol. 36, pp. 677-684.

5. Ekebafé, L.; Ogbeifun, D.; Okieimen, F. *Polymer applications in agriculture*. In: Biokemistri, 2011, vol. 23, no. 2, pp. 81-89.
6. Fuller, S.; Gautam A. *A procedure for measuring microplastics using pressurized fluid extraction*. In: Environmental Science & Technology, 2016, vol. 50, pp. 5774-5780.
7. Hopewell, Jefferson; Dvorak, Robert; Kosior, Edward. *Plastics recycling: Challenges and opportunities*. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2009, vol. 364, no. 1526, pp. 2115-2126.
8. <https://ru.sputnik.md/news/20200121/28926723/delo-o-butylke-parlament-moldovy-otkazalsya-ot-plastika.html>
9. <http://ecofm.md/2020/06/29/experiment-microplasticul-poate-distruge-agricultura/#respond>
10. <https://hightech.fm/2020/07/14/microplastics-in-plants>
11. Huerta Lwanga, E. et al. *Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae)*. In: Environ. Sci. Technol. 2016, vol. 50, pp. 2685-2691.
12. Huerta, Lwanga, E. et al. *Incorporation of microplastics from litter into burrows of Lumbricus terrestris*. In: Environmental Pollution, 2017, vol. 220, pp. 523-531.
13. Jiang, X.J.; Liu, W.; Wang, E.; Zhou, T.; Xin, P. *Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the Minqin oasis, northwestern China*. In: Soil Tillage Res., 2017, vol. 166, pp. 100-107.
14. Kasirajan, S.; Ngouajio, M. *Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review*. In: Agron. Sustain. Dev., 2012, vol. 32, p. 501.
15. Legecherie, B. // Inform. Techn. Cetiom. 1978, vol. 62, pp. 11-15.
16. Liu, E.; He, W.; Yan, C. *'White revolution' to 'white pollution'—agricultural plastic film mulch in China*. In: Environ. Res. Lett., 2014, vol. 9, no. 9 p. 091001.
17. Machado, A.A.; Kloas, W.; Zarfel, C.; Hempel, S. & Rillig, M.C. *Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems*. In: Glob. Chang. Biol. 2018, vol. 24, pp. 1405-1416.
18. Machado A.A. et al. *Impacts of microplastics on the soil biophysical environment*. In: Environ. Sci. Technol., 2018b., vol. 52, pp. 9656-9665.
19. Piehl, M. et al. *Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland*. In: Scientific Reports, 2018, vol. 8, p. 17950.
20. Research, T.M. *Agricultural films (LDPE, LLDPE, HDPE, EVA/EBA, reclaims and others) market for greenhouse, mulching and silage applications – global industry analysis, size, share, growth, trends and Forecast*. 2013, pp. 2013-2019.
21. Rillig, M. C.; Ingraffia, R.; Machado AAD. *Microplastic incorporation into soil in agroecosystems*. In: Frontiers in Plant Science, 2017a, vol. 8, p. 1805.
22. Rillig, M.C. et al. *Microplastic effects on plants*. In: New Phytologist. 2019, vol. 223, pp. 1066-1070.
23. 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), pp. 507-514.
24. Steinmetz, Z.; Wollmann, C.; Schaefer, M.; Buchmann, C.; David, J.; Troger, J. et al. *Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation?* In: Sci. Total Environ., 2016, vol. 550, pp. 690-705.
25. Wan, Y.; Wu, C.; Cxue, Q.; Hui X. *Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil*. In: Science of the Total Environment, 2019, vol. 654, pp. 576-582.
26. Xiao-dong, Sun; Xian-Zheng, Yuan; Yuben Jia et al. *Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in Arabidopsis thaliana*. In: Nature Nanotechnology, 2020, vol. 15, pp. 755-760.
27. Yueling Qi^{ab} Xiaomei Yang^{ac} Amalia Mejia Pelaez^d Esperanza Huerta Lwanga^{ac} Nicolas Beriot^a Henny Gertsen^a Paolina Garbeva^b Violette Geissen^a *Macro- and micro-plastics in soil-plant system: Effects of plastic mulch film residues on wheat (Triticum aestivum) growth*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.229> Get rights and content
28. Zhang, D.; Liu, H.B.; Hu, W.L.; Qin, X.H.; Ma, X.W.; Yan, C.R. et al. *The status and distribution characteristics of residual mulching film in Xinjiang, China*. In: J. Integr. Agric., 2016, vol. 15, pp. 2639-2646.
29. Zhang, G.S.; Lui, Y.F. *The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China*. In: Science of the Total Environment. 2018, vol. 642, pp. 12-20.
30. Мишустин, Е.Н.; Черепков, Н.И. *Вклад биологического азота в сельское хозяйство. В: Биологическая фиксация молекулярного азота*. Киев: «Наукова думка», 1983.
31. Онофращ, Л.Ф. и др. *Биопрепараты клубеньковых бактерий для активизации процесса фиксации атмосферного азота*. В: Симбиотическая азотфиксация и пути ее повышения. Кишинев «Штиинца», 1992, с. 121.
32. *Lege privind deșeurile* Nr. 209 din 29.07.2016. Publicat: 23.12.2016 în Monitorul Oficial Nr. 459-471, art Nr: 916. <http://lex.justice.md/md/368030/> (vizitat 1.10.2019).