

Fundusze Europejskie

dla Polski Wschodniej



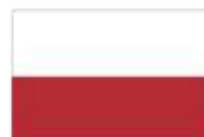
Czy nowe formułacje herbicydów zmieniają funkcjonowanie mikrobiomu gleby? Od herbicydowych cieczy jonowych po mikroplastiki

Łukasz Chrzanowski

16 06 2026



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Środki ochrony roślin są koniecznością — i ich zużycie nadal rośnie



4.5 mln ton

środków ochrony roślin rocznie
na świecie (2022)



Stabilność plonów

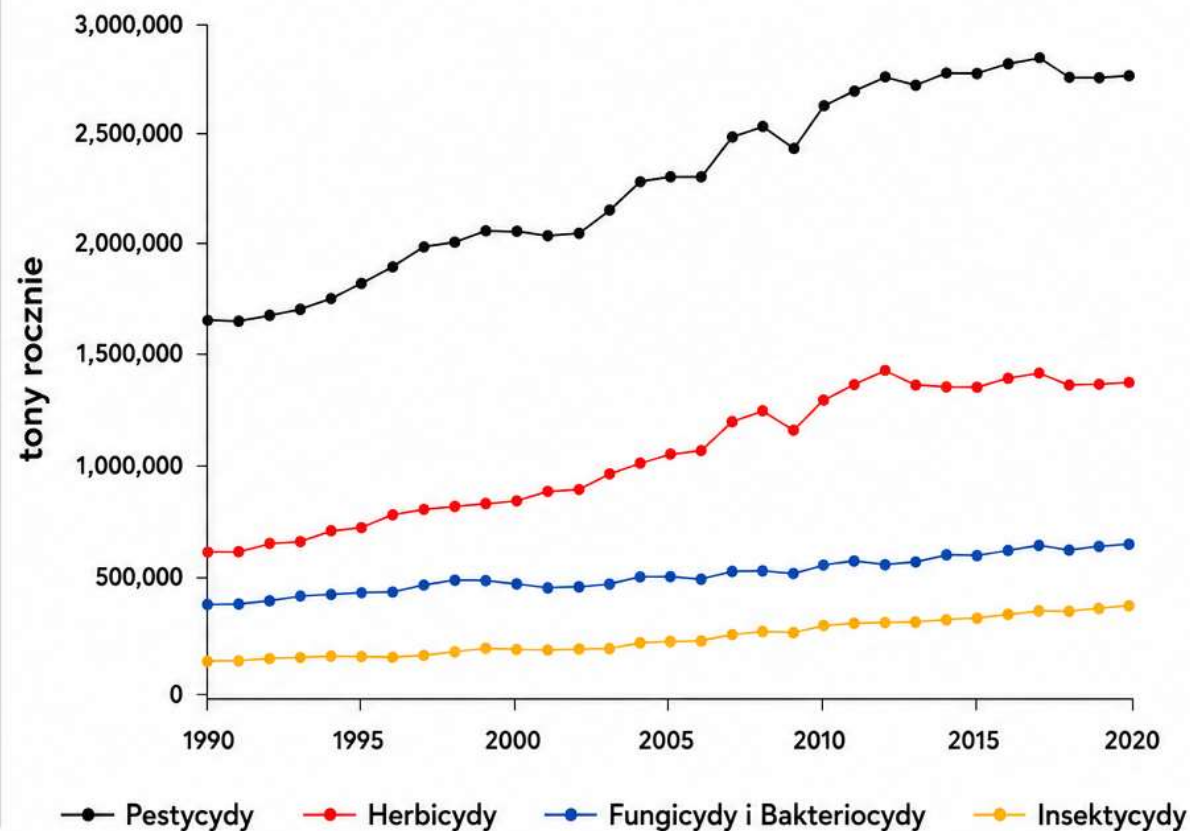
ochrona przed chwastami,
szkodnikami i patogenami



~10 mld ludzi

do wyżywienia do 2050 r.
wymaga stabilnej produkcji żywności

Globalne zużycie środków ochrony roślin



Pytanie nie brzmi „czy stosować?” lecz „jak ograniczyć koszt środowiskowy?”



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Dlaczego w ogóle potrzebujemy adiuwantów?



Liść jest hydrofobowy

Kropla spływa z powierzchni liścia.



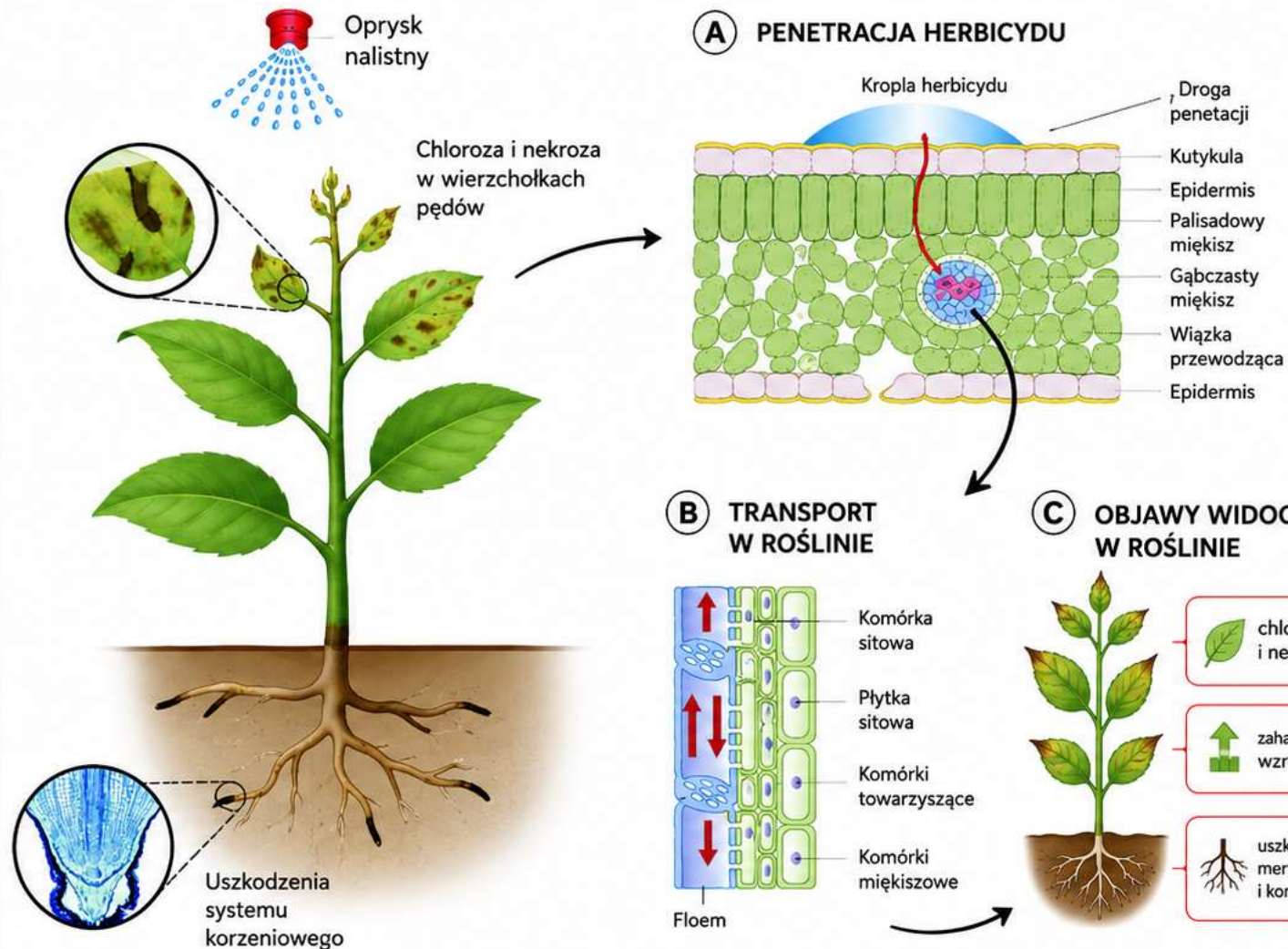
Kutykula ogranicza penetrację

Naturalna bariera ochronna roślin.



Herbicyd musi dotrzeć do merystemów i korzeni

Wymaga transportu w całej roślinie.



Bez penetracji → brak transportu → brak skuteczności herbicydu



Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita Polska

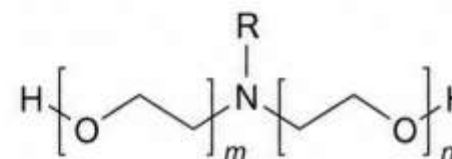
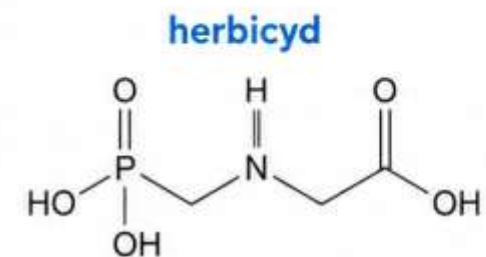
Dofinansowane przez Unię Europejską



Adiuwanty

- Wszystkie komercyjne herbicydy zawierają adiuwanty:

- poprawa rozpuszczalności w wodzie,
- zwiększona przyczepność do powierzchni roślin,
- zwiększona penetracja w głąb tkanek roślinnych,
- szereg dodatkowych funkcji.



adiuwant

STARA WPADKA

POEA ~3500x
bardziej toksyczne
niż glifosat sam
w sobie!



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

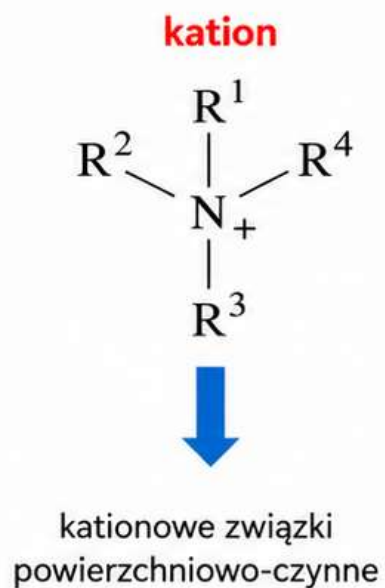


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Ciecze jonowe o aktywności herbicydowej



połączenie **surfaktantu jako kationu**
i **herbicydu jako anionu**

↓

dobre właściwości
powierzchniowo-czynne

↓

eliminacja adiuwantów



Ionic liquids with herbicidal anions

Juliusz Pernak^{a,*}, Anna Syguda^a, Dominika Janiszewska^a, Katarzyna Materna^a, Tadeusz Praczyk^b

^a Department of Chemical Technology, Poznań University of Technology, Poznań 60-965, Poland

^b Institute of Plant Protection—National Research Institute, Poznań 60-318, Poland



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



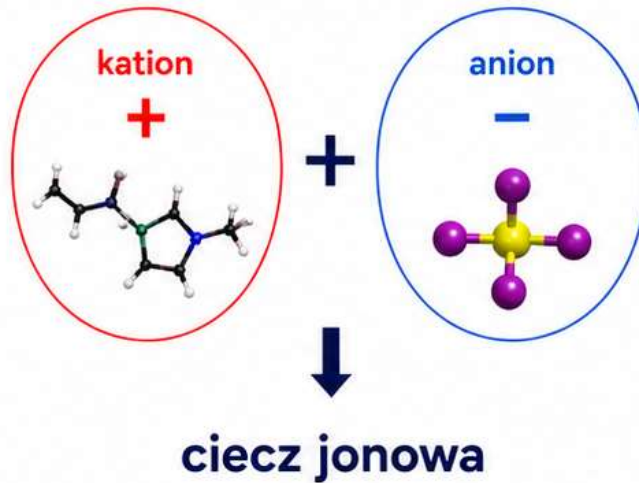
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Czym są ciecze jonowe (ILs)?

Podstawowa idea



sole o temperaturze
topnienia < 100 °C

Dlaczego są niezwykłe?



Projektowalne
właściwości

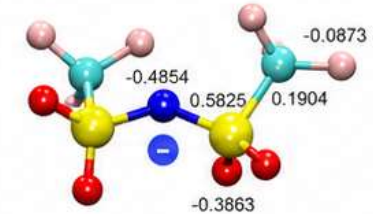
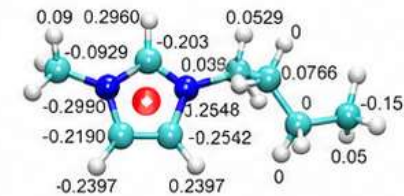
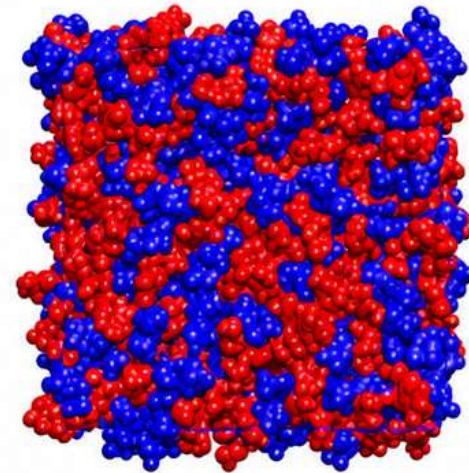


Niska
lotność



Modyfikowalna
aktywność
biologiczna

Przykładowa struktura i oddziaływania



A co jeśli anionem
stanie się **herbicyd**?



Ciecze jonowe (ILs) to sole o jonowej naturze, zawierające zarówno kationy jak i aniony i z definicji posiadające temperaturę topnienia **poniżej 100 °C**.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

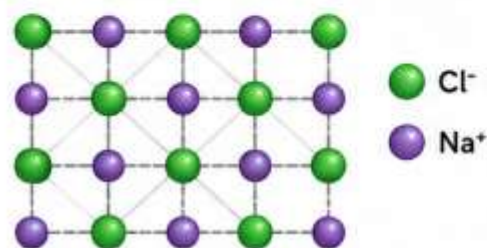


Dlaczego ciecze jonowe są cieczą?

Organiczny charakter jonów wnosi inny charakter do kryształu.

Sól kuchenna (NaCl)

✓ małe, symetryczne jony



✓ dobrze uporządkowana sieć krystaliczna

silne oddziaływania jonowe

801 °C

wysoka temperatura topnienia



Wprowadzenie dużych fragmentów organicznych zaburza regularną sieć krystaliczną soli.

słabsza organizacja sieci krystalicznej

niższa temperatura topnienia

Ciecz jonowa (IL)

✓ duże, asymetryczne jony organiczne



zaburzona sieć krystaliczna – brak regularnego upakowania

słabsze oddziaływania między jonami

< 100 °C

niska temperatura topnienia



Ciecze jonowe (ILs) to sole z jonami organicznymi, które dzięki swojemu charakterowi pozostają w stanie ciekłym w temperaturze **poniżej 100 °C**.

DZIURY NA DRODZE = BRAK STABILNOŚCI
PASAŻEROWIE PODSKAKUJĄ – CZYTANIE GAZETY JEST NIEMOŻLIWE



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską





hipoteza naukowa

synteza

identyfikacja

właściwości

greenhouse

analiza statystyczna

badania polowe

analiza statystyczna

Instytut Ochrony Roślin Stacja Polowa – Winna Góra



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Eksperymenty polowe



1 tydzień po oprysku
pierwsze objawy stresu roślin



2 tygodnie po oprysku
pełny efekt biologiczny



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską





Cite this: RSC Adv., 2015, 5, 65475

Received 18th June 2015
Accepted 24th July 2015
DOI: 10.1039/c5ra11710k
www.rsc.org/advances



Two Herbicides in a Single Compound: Double Salt Herbi Liquids Exemplified with Glyphosate, Dicamba, and MCPA

Hemant Choudhary,[†] Juliusz Pernak,^{*,†} Julia L. Shamshina,[§] Michał Niemczak,^{‡,§} Rafał Łukasz Chrzanowski,[‡] Tadeusz Praczyk,^{||} Katarzyna Marcinkowska,^{||} O. Andreea Cojo and Robin D. Rogers^{*,†,§,||,⊥}

[†]Department of Chemistry, McGill University, 801 Sherbrooke St. West, Montreal, QC H3A 0B8, Canada

[‡]Department of Chemical Technology, Poznan University of Technology, Poznan 60-965, Poland

[§]S2S Solutions, Inc., 720 Second Street, Tuscaloosa, Alabama 35401, United States

^{||}Institute of Plant Protection – National Research Institute, Poznan 60-318, Poland

[⊥]Department of Chemistry, The University of Alabama, Tuscaloosa, Alabama 35487, United States

^{*} Supporting Information

ABSTRACT: Herbicidal ionic liquids (HILs) have been demonstrated to have potential as highly effective herbicides that may also have different modes of action than their neutral precursors. Here, double salt herbicidal ionic liquids (DSHILs) containing at least two herbicidal anions selected from glyphosate, dicamba, or 4-chloro-2-methylphenoxyacetate (MCPA) paired with ammonium or phosphonium cations are reported along with their post-emergence herbicidal activity against several plant species, from both greenhouse and field study-based bioassays. The novel DSHILs were shown to integrate the advantages of two different herbicides into a single HIL, enhance herbicidal efficacy, and reduce the

PAPER

View Article Online
View Journal | View Issue



Cite this: New J. Chem., 2015, 39, 5715

Herbicidal ionic liquids based on esterquats[†]

Juliusz Pernak,^{*,†} Kamil Czerniak,[‡] Michał Niemczak,[‡] Łukasz Chrzanowski,[‡] Łukasz Ławniczak,[‡] Przemysław Fochtman,[‡] Katarzyna Marcinkowska[‡] and Tadeusz Praczyk[‡]

Novel herbicidal ionic liquids (HILs) containing different anions and cations derived from ammonium esterquats were prepared by employing a simple, inexpensive pathway. The basic physicochemical properties of the synthesized salts (such as density, viscosity, refractive index, solubility and thermal stability) were determined. Additionally, their herbicidal efficacy was evaluated under greenhouse and field conditions with a subsequent assessment of biodegradability and toxicity (acute oral toxicity towards rats and rainbow trout, the growth inhibition test of green algae and the acute immobilization test using water flea). The results of greenhouse and field experiments revealed that the herbicidal activity of HILs comprising long alkyl chains has exceeded that of commercial plant protection products. The HIL containing the di(tallowyloxyethyl)dimethylammonium cation exhibited notable biodegradability (63% after 28 days) and various toxicity classifications depending on the tested organism: category V towards rats with $LC_{50} > 2000$ mg, category II towards fish with $LC_{50}/96$ h at 10.62 mg L^{-1} , category I towards algae and daphnids with $EC_{50}/72$ h at 1.73 mg L^{-1} and EC_{50} at 0.28 mg L^{-1} , respectively. These findings provide evidence that the synthesis of HILs with a specifically designed structure may be successfully employed for obtaining novel, efficient and environmentally friendly plant protection agents.

Received (in Porto Alegre, Brazil)
11th March 2015,
Accepted 18th May 2015
DOI: 10.1039/c5nj00609k

www.rsc.org/njc



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Dodatkowe eksperymenty



Contents lists available at ScienceDirect
Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Influence of oligomeric herbicidal ionic liquids with MCPA and Dicamba anions on the community structure of autochthonic bacteria present in agricultural soil

Ł. Ławniczak^{*,‡}, A. Syguda[‡], A. Borkowski[‡], P. Cyplik[‡], K. Marcinkowska[‡], Ł. Wolko[‡], T. Praczyk[‡], Ł. Chrzanowski[‡], J. Pernak[‡]

^{*} Department of Chemical Technology, Poznan University of Technology, 60-965 Poznan, Poland

[‡] Faculty of Geology, University of Warsaw, 02-089 Warsaw, Poland

[‡] Department of Biotechnology and Food Microbiology, University of Life Sciences in Poznan, 60-627 Poznan, Poland

[‡] Institute of Plant Protection – National Research Institute, Poznan 60-318, Poland

[‡] Department of Biochemistry and Biotechnology, Poznan University of Life Sciences in Poznan, 60-632 Poznan, Poland

HIGHLIGHTS

- Impact of herbicidal ionic liquids on bacterial community structure was studied.
- Oligomeric herbicidal ionic liquids were effective but not readily biodegradable.
- Next generation sequencing was used to evaluate shifts in bacterial abundance.
- Treatment during field trials resulted in changes at class and species level.
- Use of herbicidal ionic liquids affects the structure of autochthonic soil bacteria.

GRAPHICAL ABSTRACT



FULL PAPER

WILEY-VCH

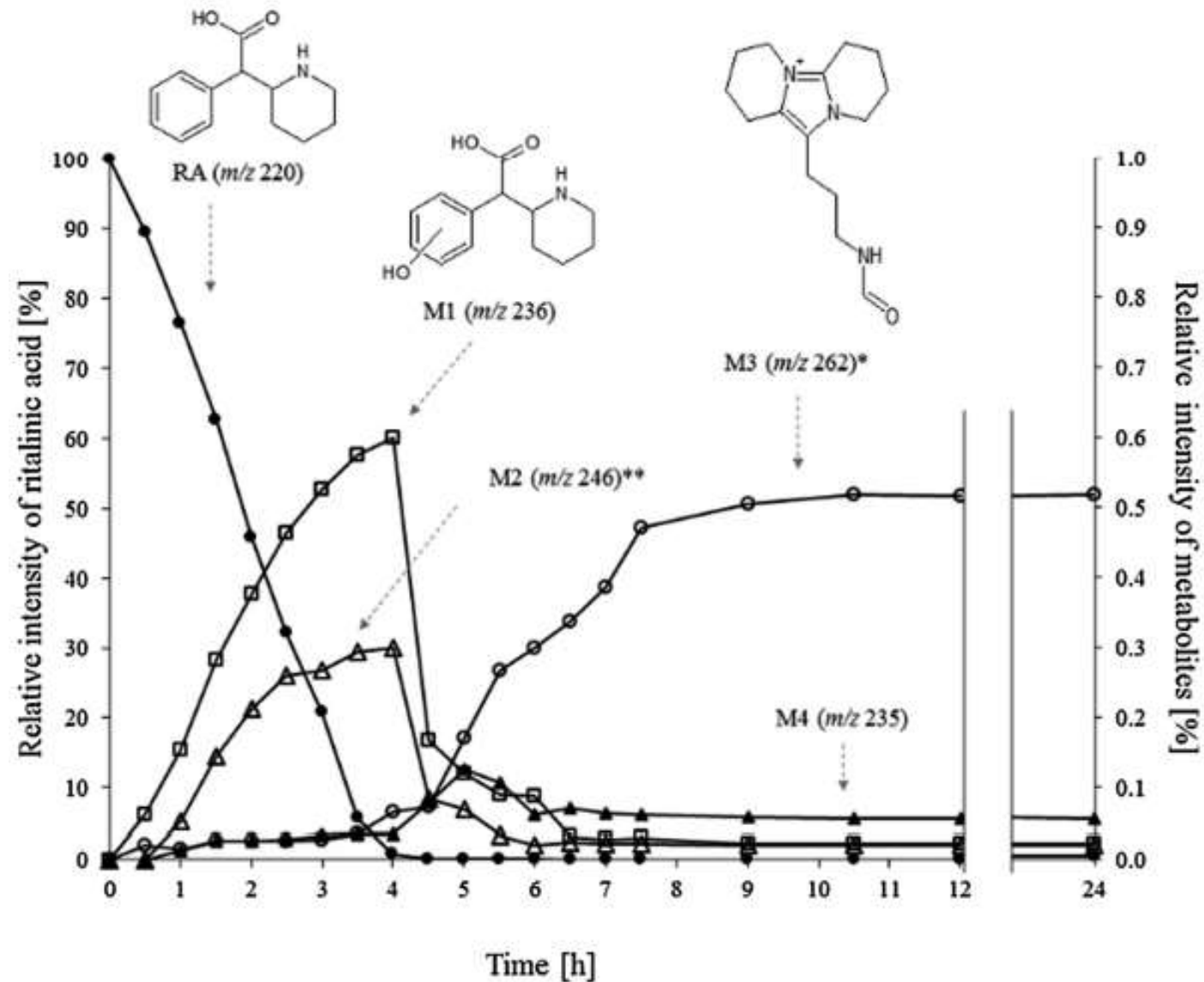
Betaine and carnitine derivatives as herbicidal ionic liquids

Juliusz Pernak^{†,‡}, Michał Niemczak^{||}, Łukasz Chrzanowski^{||}, Łukasz Ławniczak^{||}, Przemysław Fochtman^{||}, Katarzyna Marcinkowska^{||}, Tadeusz Praczyk^{||}

Abstract: This study was focused on the synthesis and subsequent characterization of herbicidal ionic liquids based on betaine and carnitine, two derivatives of amino acids, which were used as cations. Four commonly used herbicides (2,4-D, MCPA, MCPP and Dicamba) were used as anions in simple (single anion) and oligomeric (two anions) salts. The obtained salts were subjected to analyses regarding physicochemical properties (density, viscosity, refractive index, thermal decomposition profiles and solubility) as well as evaluation of their herbicidal activity, toxicity towards rats and biodegradability. The obtained results suggest that the synthesized herbicidal ionic liquids displayed low toxicity (classified as category 4 compounds) and displayed similar or improved efficacy against weed compared to reference herbicides. The highest increase was observed during field trials for salts containing 2,4-D as the anion, which also exhibited the highest biodegradability (> 75%).

immunity of plants to pathogenic factors, such as viral diseases^[14] or fungi^[15], by structural modifications which induce plant systemic acquired resistance. Furthermore, improved biodegradability and lower toxicity may be achieved by incorporation of specific cations.^[16] Phenoxy acids, such as 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid (MCPA), 2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propionic acid (Mecoprop) and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), are presently among the most commonly used herbicides. These compounds are synthetic versions of auxins – natural plant hormones, which stimulate the plant growth at lower concentrations but disrupt the plant tissue and cause lethal damage at higher concentrations. These herbicides are used in commercial formulations in the form of sodium, potassium or ammonium salts or as esters.

Degradacja a mineralizacja



Biodegradation of ritalinic acid by *Nocardioide* sp. – Novel imidazole-based alkaloid metabolite as a potential marker in sewage epidemiology

Marta Woźniak-Karczewska^{a,c,d}, Daniel Baranowski^b, Grzegorz Framski^b, Łukasz Marczak^b, Monika Čvančarová^c, Philippe F.-X. Corvini^{c,d}, Łukasz Chrzanowski^a

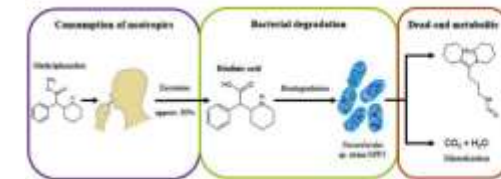
^a Institute of Chemical Technology and Engineering, Poznań University of Technology, Berdychowa 4, 60-605 Poznań, Poland

^b Institute of Biogeochemistry, Polish Academy of Sciences, Wolanowski 132-134, 51-794 Poznań, Poland

^c Institute for Environmental Science, School of Life Sciences, University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, Grödenstrasse 40, 4132 Muttenz, Switzerland

^d State Key Laboratory for Pollution Control and Resource Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210096, PR China

GRAPHICAL ABSTRACT



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

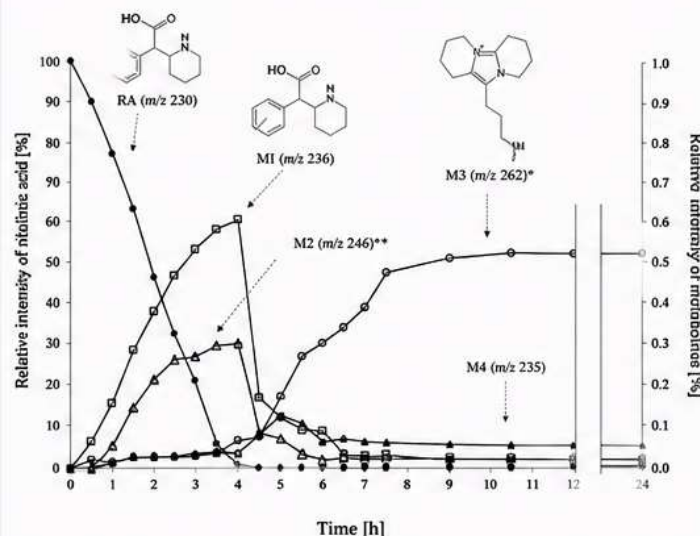
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Czy wiemy co naprawdę ulega biodegradacji?

1. CHROMATOGRAFIA / METABOLITY

Przykład: degradacja kwasu nikotynowego



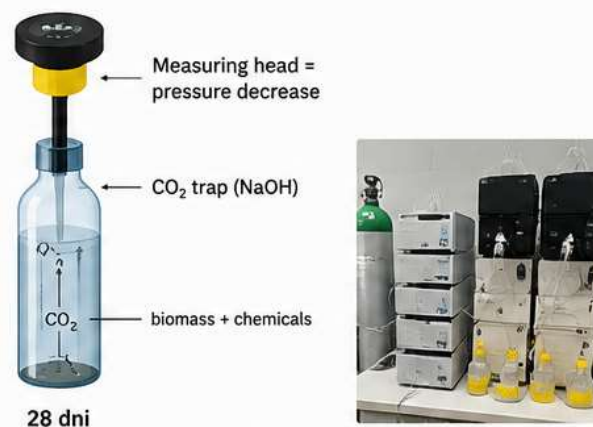
- ✓ związek „znika”
- ✓ pojawiają się metabolity

czy to mineralizacja?

➔ Metabolity mogą pozostawać w środowisku

2. TESTY RESPIROMETRYCZNE (CO₂)

OECD 301F – złoty standard



✓ rzeczywista mineralizacja (CO₂)

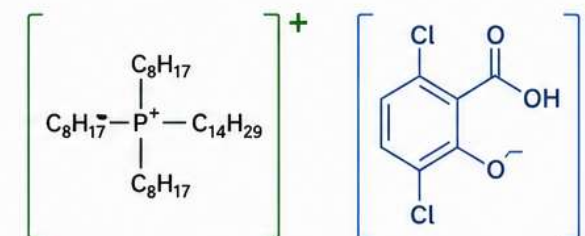
CO JEST DEGRADOWANE?

kation ? anion ? oba ?

CO₂ nie mówi, który komponent HIL ulega biodegradacji

3. PROBLEM HILs

Herbicydowa ciecz jonowa (HIL)



KATION
SURFAKTANTOWY

ANION
HERBICYDOWY



HIL = jeden związek?

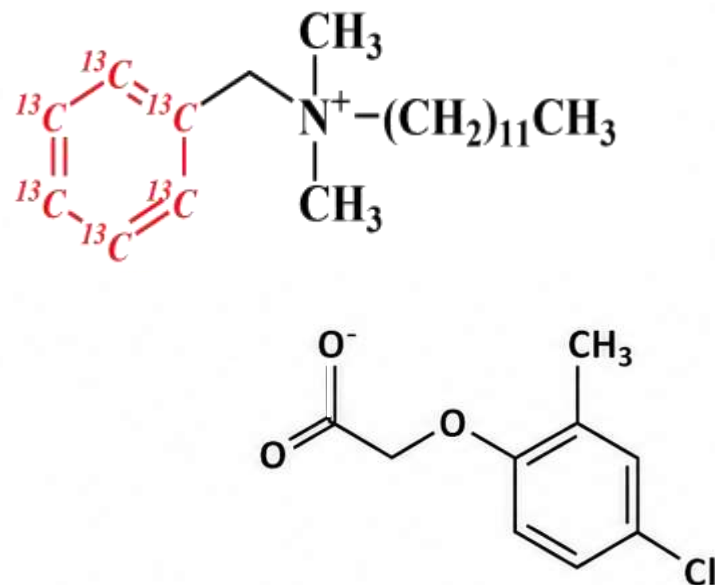
czy

2 niezależne komponenty?

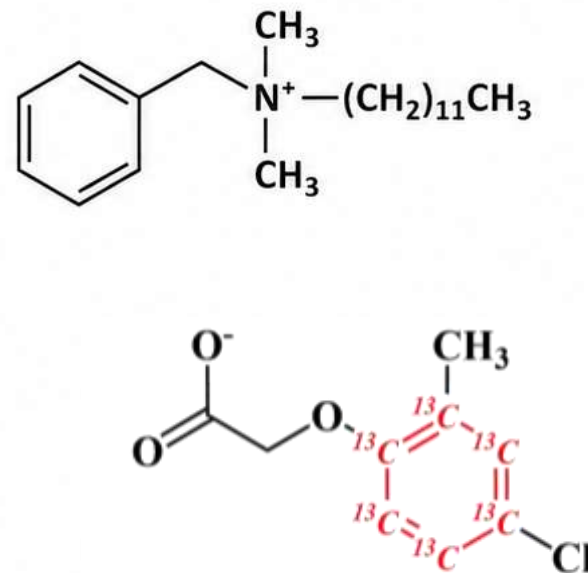


KLASYCZNE TECHNIKI NIE POZWALAJĄ ROZDZIELIĆ LOSU KATIONU I ANIONU HIL

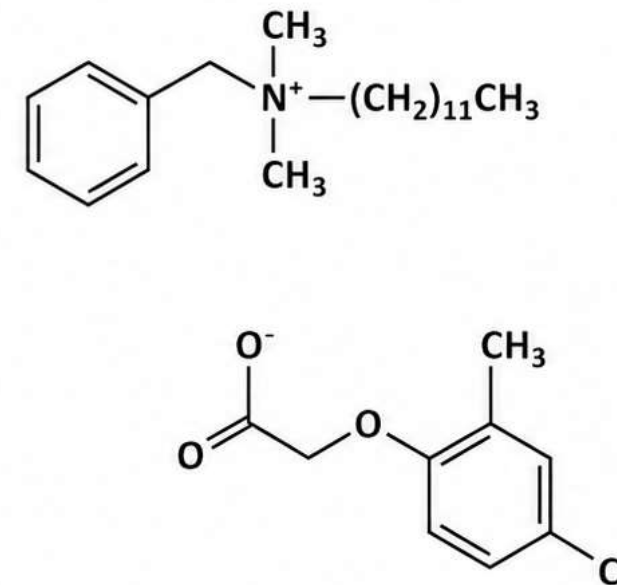
Znakowane ciecze jonowe



kation znakowany izotopowo



anion znakowany izotopowo



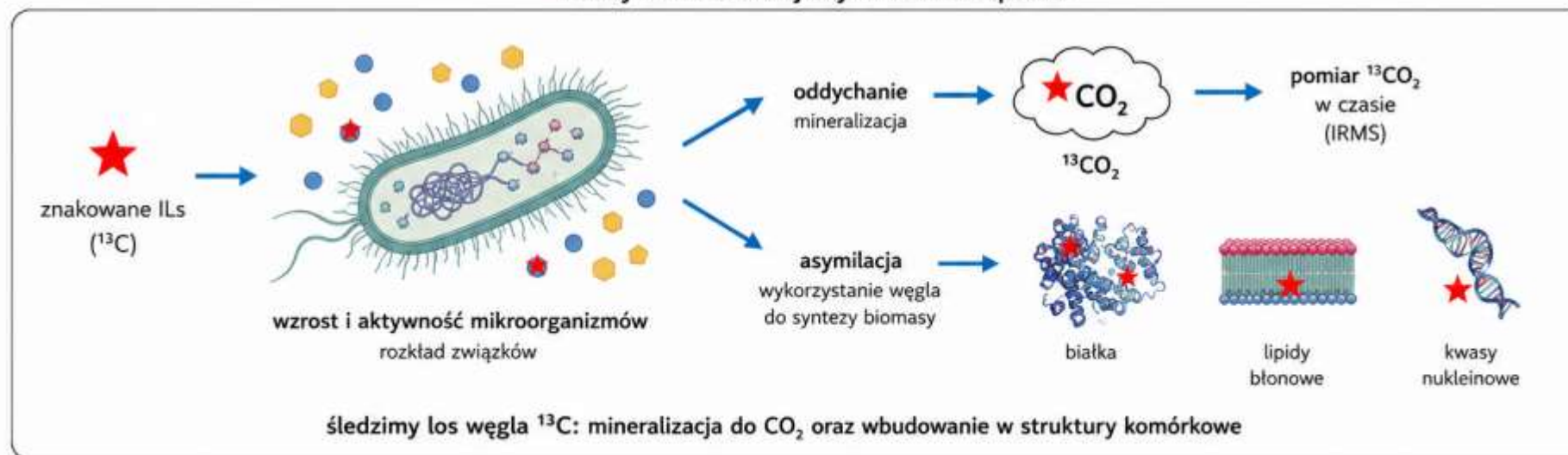
związek nieznakowany

Metodyka

Aby analizować los kationu i anionu HIL, prowadziliśmy **trzy doświadczenia równoległe**



Każdy układ analizujemy w ten sam sposób



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



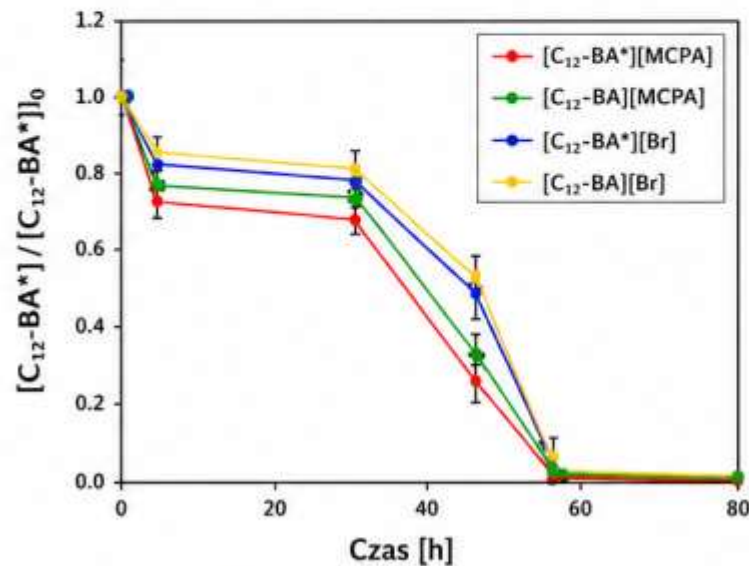
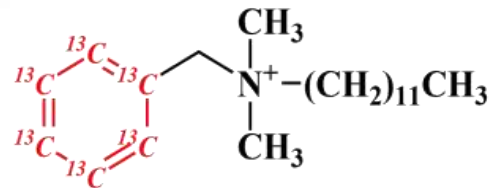
Biotransformacja = biodegradacja pierwotna

zanik sygnału znakowanego komponentu HIL w czasie

UKŁAD WODNY

kation

zanik sygnału znakowanego kationu



🕒 czas w godzinach (h)

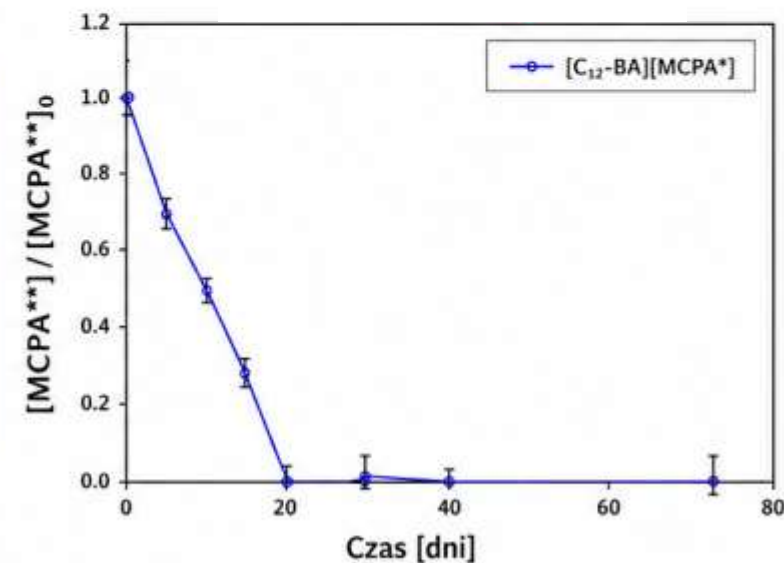
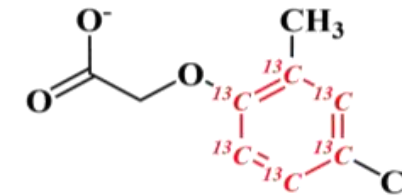
Biotransformacja
≠
mineralizacja

zanik sygnału
nie oznacza
pełnego rozkładu
do CO_2

UKŁAD GLEBOWY

anion herbicydowy

zanik sygnału znakowanego anionu



📅 czas w dniach (dni)



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Mineralizacja = ilość wytworzonego $^{13}\text{CO}_2$

Wartości $\delta^{13}\text{CO}_2$ [‰] wydzielone w próbkach wodnych i glebowych.

Związek \ Dni	0	5	10	20	30	40	73
układ wodny							
[C ₁₂ -BA*][MCPA]	-7.2	9022.2 ^a	9265.3	>10 000	>10 000	>10 000	>10 000
[C ₁₂ -BA][MCPA*]	-17.2	-14.5	-22.7	-17.3	-18.1	-17.2	-10.8
[C ₁₂ -BA][MCPA]	-19.5	-27.4	-30.7	-28.6	-30.7	-30.0	-27.6
[C ₁₂ -BA*][Br]	-18.8	6545.2	>10 000	>10 000	>10 000	>10 000	>10 000
[C ₁₂ -BA][Br]	-19.6	-24.1	-31.6	-30.1	-28.8	-28.3	-26.3
układ glebowy							
[C ₁₂ -BA*][MCPA]	6.2	45.8	86.8	40.3	32.7	37.0	83.5
[C ₁₂ -BA][MCPA*]	-2.8	453.7	5914.7	>10 000	>10 000	>10 000	>10 000
[C ₁₂ -BA][MCPA]	-18.3	-21.8	-24.9	-24.2	-24.9	-23.9	-24.9
[C ₁₂ -BA*][Br]	-16.8	24.8	9.4	2.4	4.6	10.5	47.3
[C ₁₂ -BA][Br]	-16.7	-32.2	-26.6	-26.7	-26.6	-25.3	-24.0

$^{13}\text{CO}_2$ pokazuje mineralizację znakowanego komponentu,
a nie tylko zanik sygnału chromatograficznego.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



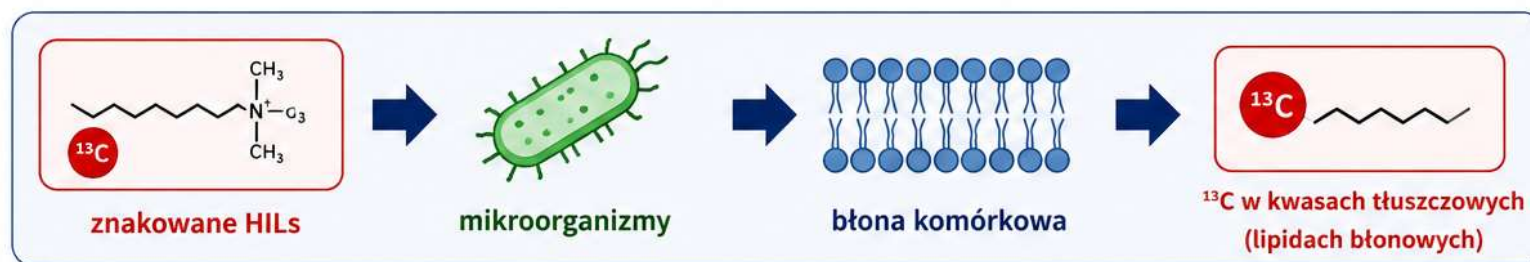
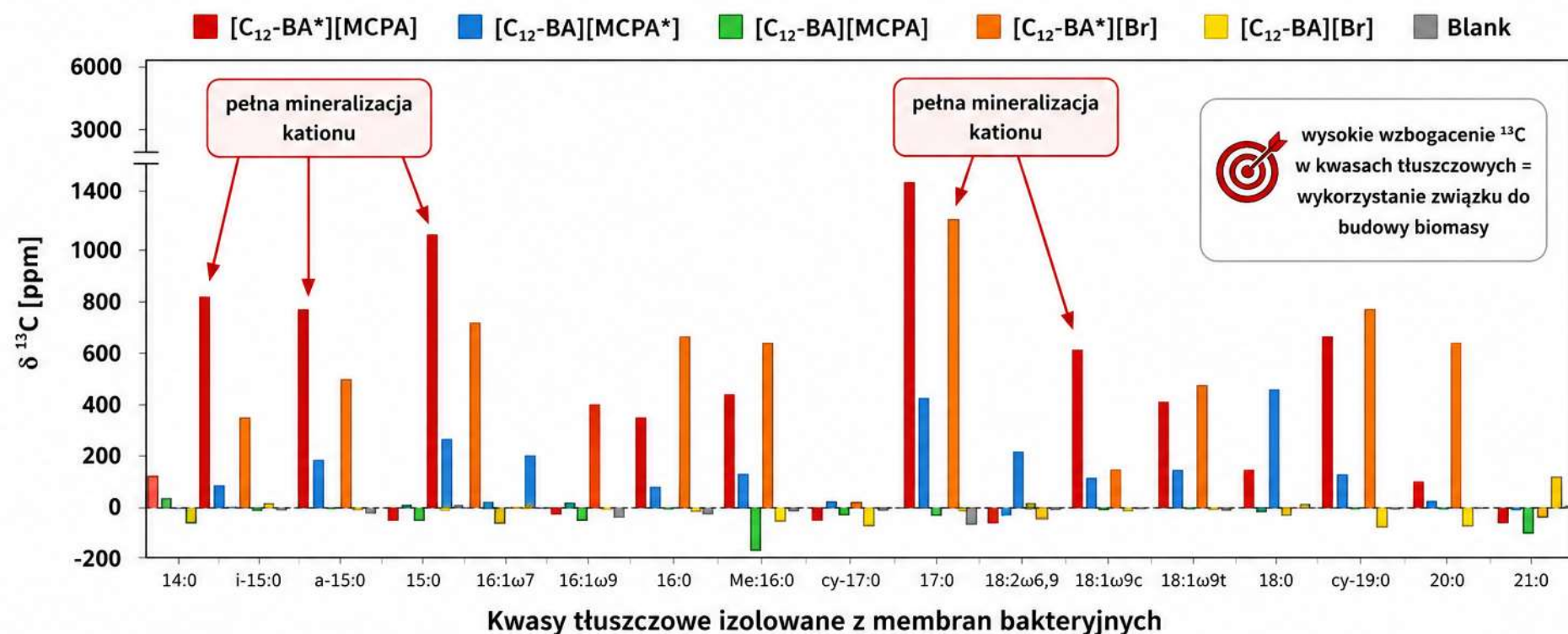
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Asymilacja ^{13}C przez mikroorganizmy – układ wodny

Znakowany węgiel trafia do błon komórkowych mikroorganizmów



★ Dowód na asymilację znakowanego węgla do biomasy mikroorganizmów



Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej

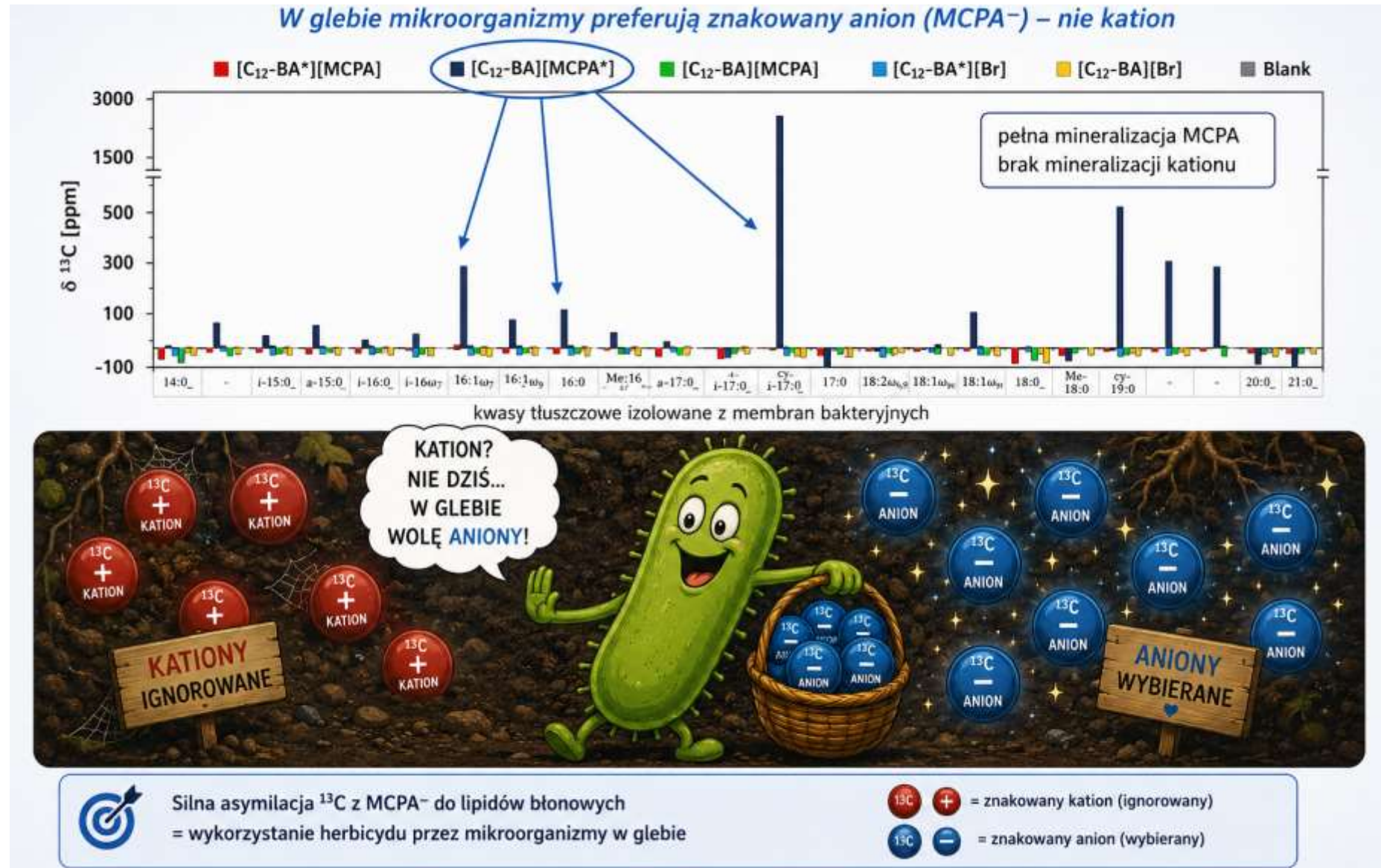


Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską



Asymilacja ^{13}C przez mikroorganizmy – glebowy



Wnioski



Testy OECD 301F z osadem czynnym
nie pozwalają na zrozumienie losów HILs w środowisku.



UKŁAD WODNY (osad czynny)

Kation (surfaktant) jest bardziej podatny na mineralizację przez osad czynny z oczyszczalni ścieków.



UKŁAD GLEBOWY (gleba)

Mikroorganizmy glebowe preferencyjnie mineralizują **aniony** herbicydowe, natomiast surfaktanty są w glebie częściowo biotransformowane i ulegają sorpcji, przez co stają się mniej dostępne dla biodegradacji.



≠



NAJWAŻNIEJSZY WNIOSEK

Degradacja/mineralizacja kationu lub anionu
przebiega niezależnie od siebie
i jest odmienna dla **środowiska wodnego** i **glebowego**.



HIL to nie jeden związek – **kation** i **anion** mają różne losy w środowisku!



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



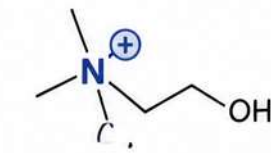
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



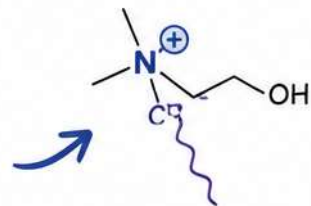
Modyfikujemy kation ... coraz bardziej hydrofobowy !

KATION (na bazie choliny)



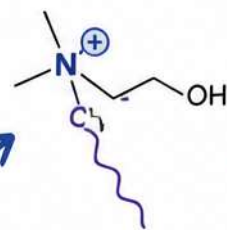
cholina
(najmniej hydrofobowa)

C8



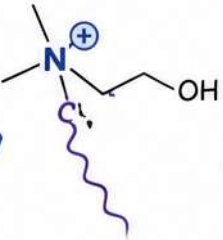
(średnio hydrofobowa)

C10



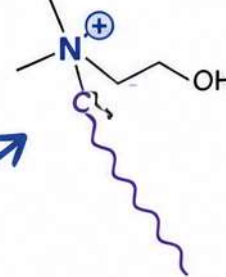
(bardzo hydrofobowa)

C12

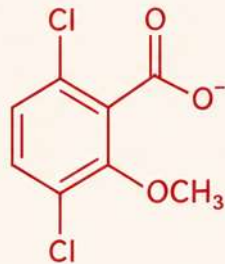


(ekstremalnie hydrofobowa)

C14



A ANION (DICAMBA)?



ZAGADKA!

CZY JESTEM
WCIĄŻ Z NIM
ZWIĄZANY?

CZY KATION
MNIĘ
PRZYTRZYMA?

CZY UCIEKNĘ
DO WODY?

CZY MOGĘ BYĆ
PROJEKTOWANY?

PARA JONOWA
CZY NIE?



blisko? | daleko?
razem? | osobno?

JAK SIĘ ZACHOWAMY W ŚRODOWISKU?

JA ZOSTAJĘ!
LUBIĘ GLEBĘ
I ORGANICZNE
KLIMATY

- ✓ sorpcja do gleby
- ✓ akumulacja
- ✓ wpływ na mikroorganizmy

VS.

JA PŁYNĘ DALEJ!
WODA TO MOJA
AUTOSTRADA

- ✓ mobilność
- ✓ biodostępność
- ✓ migracja do wód

CZY MOŻNA PROJEKTOWAĆ MOBILNOŚĆ ANIONU POPRZECZ DOBÓR KATIONU?



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Czy herbicydowe ciecze jonowe są nowym herbicydem?

Journal of Environmental Chemical Engineering 11 (2023) 111008

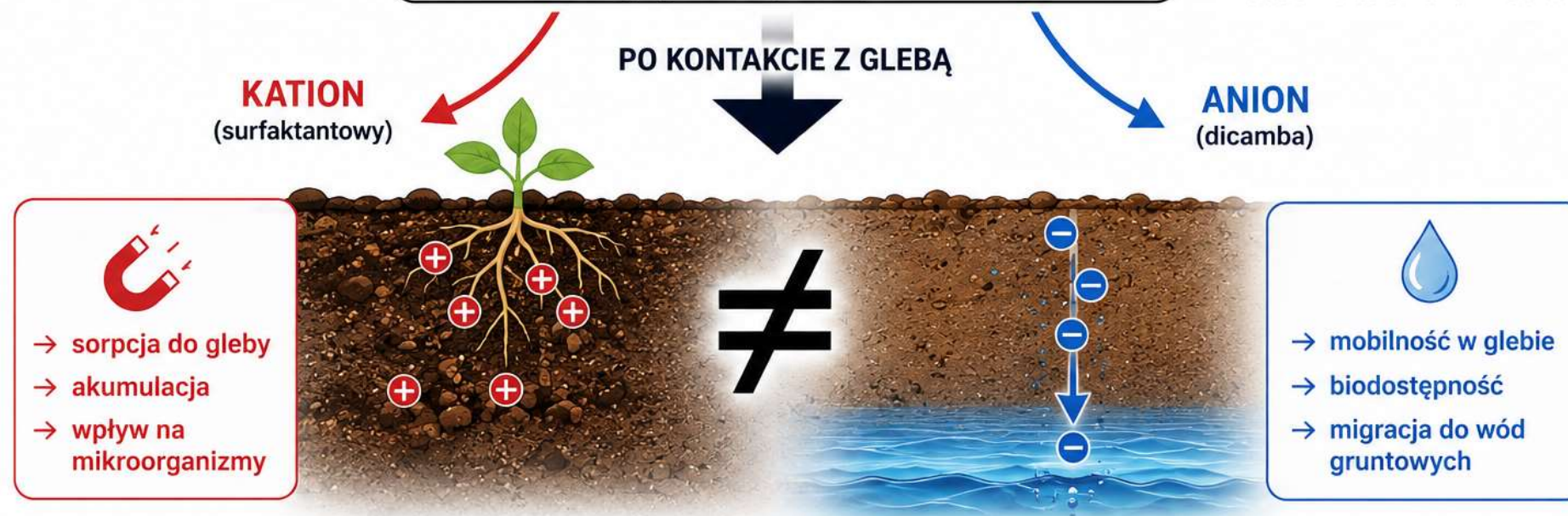
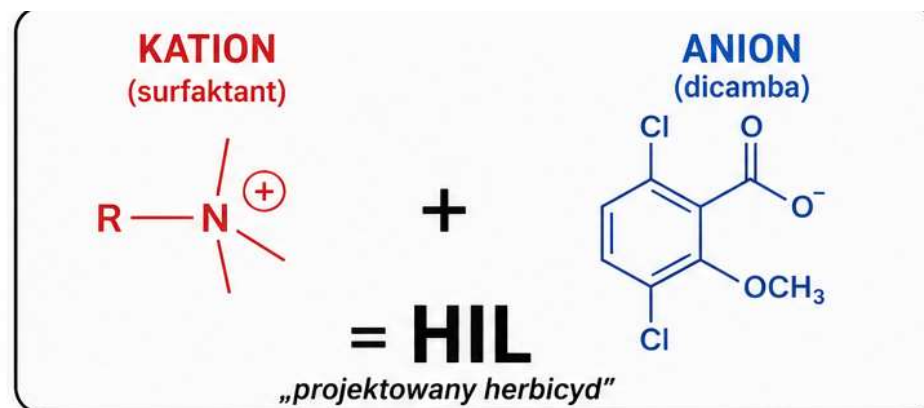
Contents lists available at ScienceDirect



Journal of Environmental Chemical Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jece

Effect of cation hydrophobicity in dicamba-based ionic liquids on herbicide accumulation and bioavailability in soil



W środowisku HIL zachowuje się jak **mieszanina kationu i anionu**.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



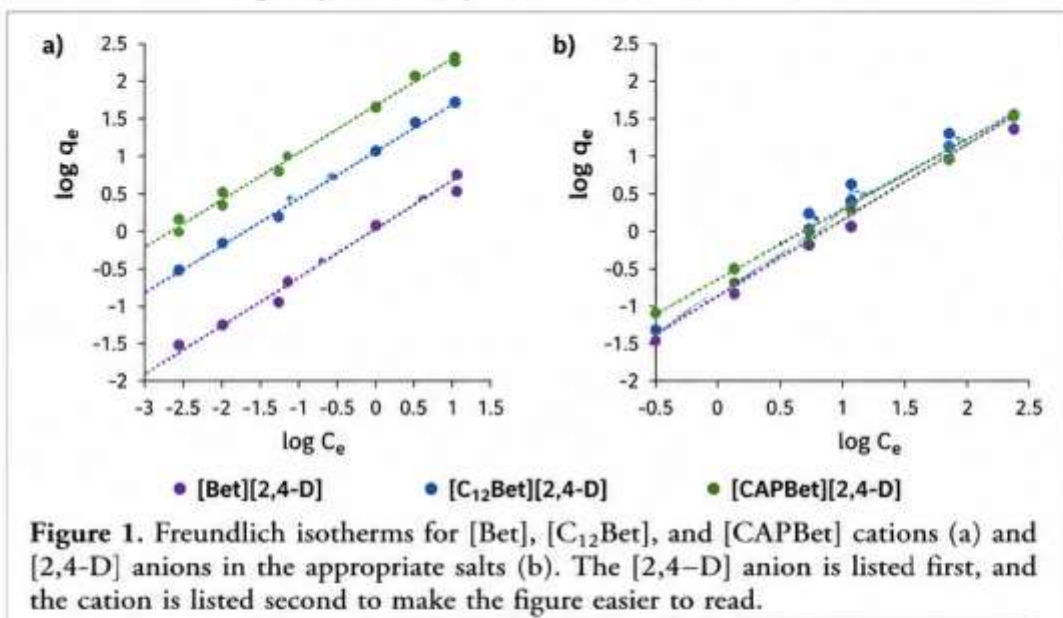
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Czy można sterować losem anionu poprzez dobór kationu?

Z gleby rolniczej (Freundlich isotherm)



1. Hydrofobowość kationu zwiększa jego sorpcję w glebie ([Bet] $\ll$ [C₁₂Bet] > [CAPBet])



2. Sorpcja anionu 2,4-D pozostaje praktycznie niezmienna (~6–11%) — niezależnie od kationu



3. HIL w glebie nie zachowuje się jak trwała para jonowa — kation i anion funkcjonują niezależnie

ACS
Sustainable
Chemistry & Engineering

Effect of Cation Sorption on 2,4-D Mobility of Herbicidal Ionic Liquids in Agricultural Soil Combined with Diversity of the Bacterial Community



Dobór kationu $\neq$ kontrola mobilności anionu



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

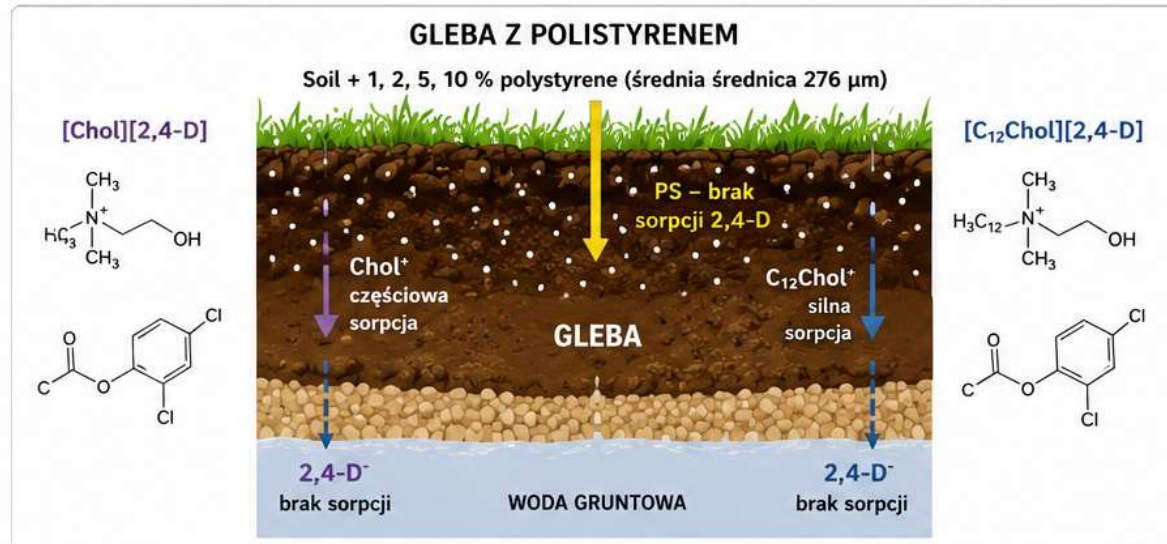


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



A co jeśli w glebie są mikroplastiki?



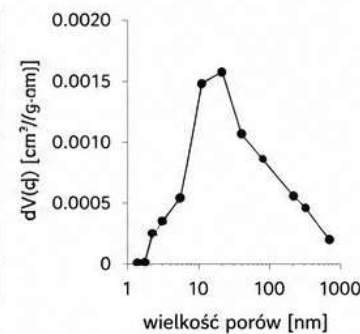
Tab. 4. Adsorpcja kationów [Chol] i [C₁₂Chol] oraz anionu [2,4-D] w glebie OECD z dodatkiem PS.

System	[Chol][2,4-D]		[C ₁₂ Chol][2,4-D]	
	[Chol]	[2,4-D]	[C ₁₂ Chol]	[2,4-D]
	Adsorpcja [%]			
1% PS	16.8 ± 0.4	0.0 ± 0.0	20.6 ± 0.5	0.0 ± 0.0
2% PS	16.1 ± 0.5	0.0 ± 0.0	18.9 ± 0.6	0.0 ± 0.0
5% PS	17.5 ± 0.6	0.0 ± 0.0	18.9 ± 0.4	0.0 ± 0.0
10% PS	18.1 ± 0.4	0.0 ± 0.0	20.8 ± 0.4	0.0 ± 0.0
OECD (bez PS)	14.8 ± 0.9	0.0 ± 0.0	94.8 ± 1.3	0.0 ± 0.0

PS – polistyren; OECD – gleba OECD.

¹ Średnia ± odchylenie standardowe z trzech niezależnych eksperymentów.

Rys. 5. Dystrybucja porów PS.



1. PS zwiększa pojemność sorpcyjną gleby o **~18–23%** ale tylko nieznacznie zwiększa sorpcję kationów **(+3–5%)**



2. Hydrofobowy kation nadal silnie sorbuje **[C₁₂Chol] ≈ 95–98%** w glebie



3. Anion 2,4-D: **0% sorpcji** nawet w obecności polistyrenu



Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere

Sorption of ionic liquids in soil enriched with polystyrene microplastic reveals independent behavior of cations and anions



MIKROPLASTIKI NIE „SKLEJAJĄ” PARY JONOWEJ – KATIONY I ANIONY ZACHOWUJĄ SIĘ NIEZALEŻNIE W GLEBIE.



Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej

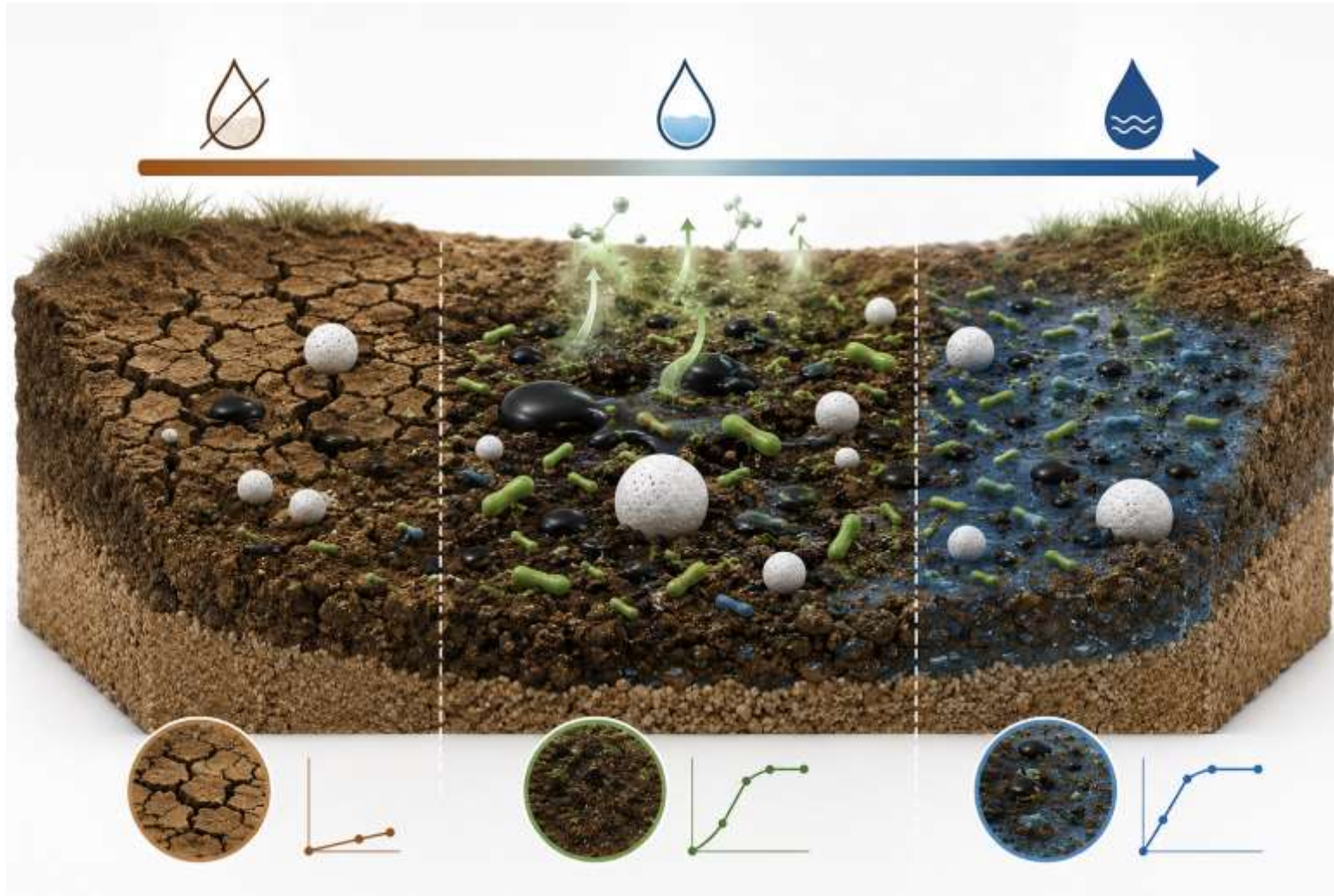


Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską



Wpływ mikropolimerów i wilgotności na procesy biodegradacji



Moisture governs diesel biodegradation in sand soil – polystyrene microplastic have a negligible impact



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



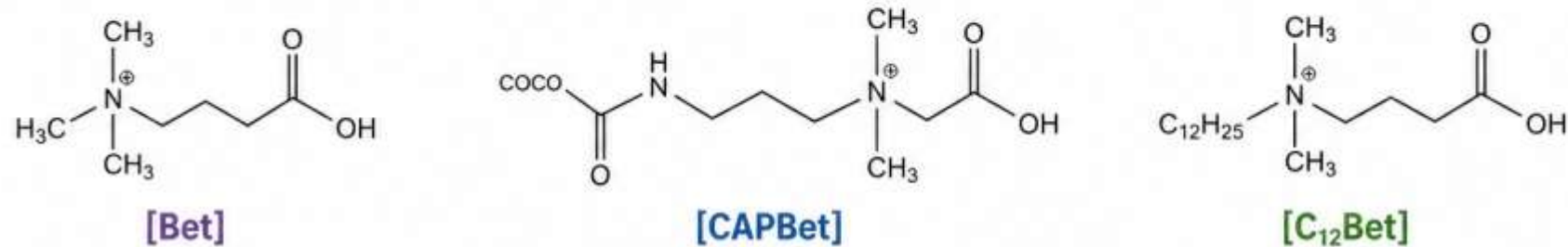
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Hydrofobowość kationu determinuje los HILs

Zmieniamy kation – zmieniamy jego los w glebie. Anion działa niezależnie.



NISKA
HYDROFOBOWOŚĆ

WYSOKA
HYDROFOBOWOŚĆ



SORPCJA
W GLEBIE



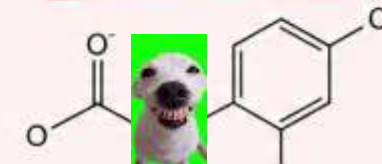
TOKSYCZNOŚĆ



BIODOSTĘPNOŚĆ
BIOLOGICZNA



A JA I TAK
DZIAŁAM PO SWOJEMU!



ANION 2,4-D

SORPCJA W GLEBIE: ~6–11%
NIEZALEŻNIE OD KATIONU
I OBECNOŚCI MIKROPLASTIKU



MOŻNA PROJEKTOWAĆ ZACHOWANIE KATIONU – NIE ANIONU.

KATION I ANION FUNKCJONUJĄ NIEZALEŻNIE W ŚRODOWISKU.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

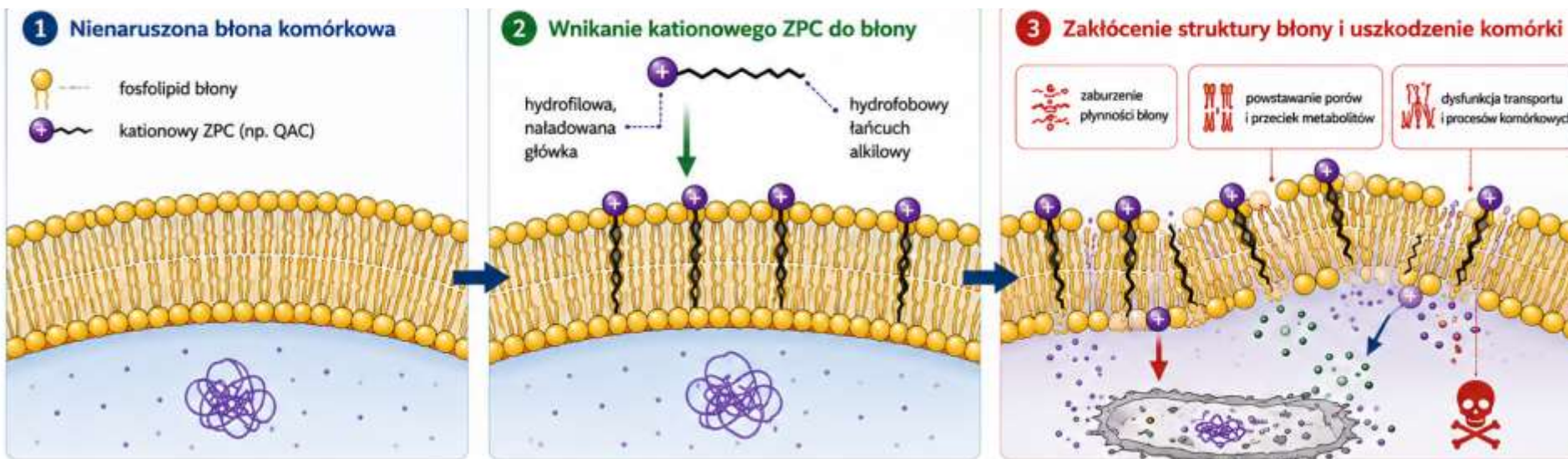


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Jak kationowe związki powierzchniowo czynne oddziałują z błoną komórkową?

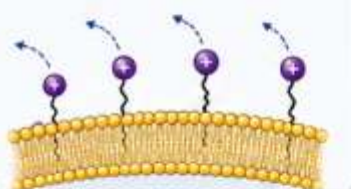


Na czym polega cut-off effect?

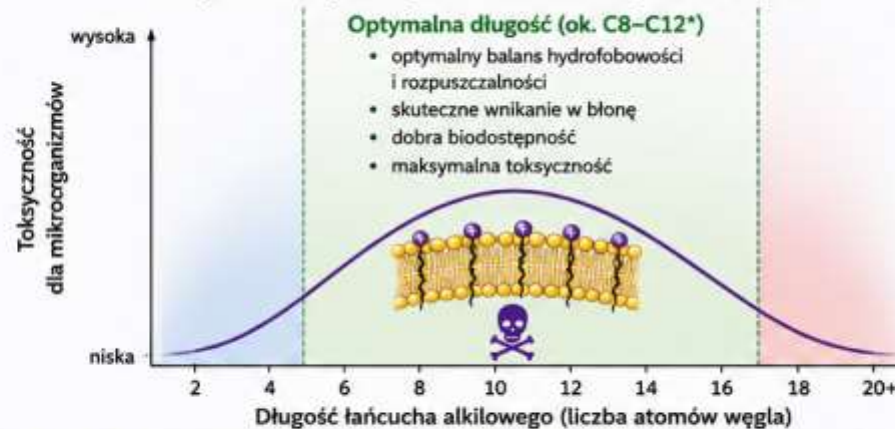
Toksyczność zależy od długości łańcucha alkilowego kationowego ZPC

Za krótki łańcuch (C2–C4)

- zbyt mało hydrofobowy
- słabo wnika w błonę
- słaba interakcja z komórką
- niska toksyczność



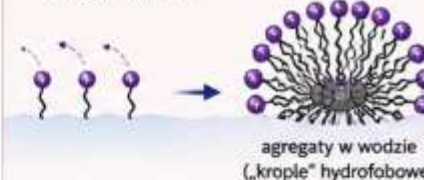
NISKA TOKSYCZNOŚĆ



Cut-off effect: toksyczność najpierw rośnie wraz z długością łańcucha alkilowego, osiąga maksimum dla optymalnej długości, a następnie spada do zera, ponieważ związki stają się nierozpuszczalne i niedostępne dla komórek.

Za długi łańcuch (C16–C20+)

- bardzo hydrofobowy
- praktycznie nierozpuszczalny w wodzie
- tworzy agregaty / fazę hydrofobową
- nie dociera do mikroorganizmów
- toksyczność ≈ 0



TOKSYCZNOŚĆ ≈ 0

* Zakres optymalny może różnić się w zależności od organizmu i warunków.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Hydrofobowość kationu zwiększa toksyczność HILs

Błona komórkowa = główny cel działania HILs



Toxicity evaluation of selected ammonium-based ionic liquid forms with MCPP and dicamba moieties on *Pseudomonas putida*

Aleksandra Piotrowska^{a,b}, Anna Syguda^a, Bogdan Wyrwas^b, Łukasz Chrzanowski^b, Hermann J. Heipieper^{a,b}

^a Department of Environmental Biotechnology, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Permoserstrasse 15, 04318 Leipzig, Germany
^b Faculty of Chemical Technology, Poznań University of Technology, ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, Poland



Toxicity of synthetic herbicides containing 2,4-D and MCPA moieties towards *Pseudomonas putida* mt-2 and its response at the level of membrane fatty acid composition

Aleksandra Piotrowska^a, Anna Syguda^a, Łukasz Chrzanowski^b, Hermann J. Heipieper^b

^a Faculty of Chemical Technology, Poznań University of Technology, ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, Poland
^b Department of Environmental Biotechnology, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Permoserstrasse 15, 04318 Leipzig, Germany

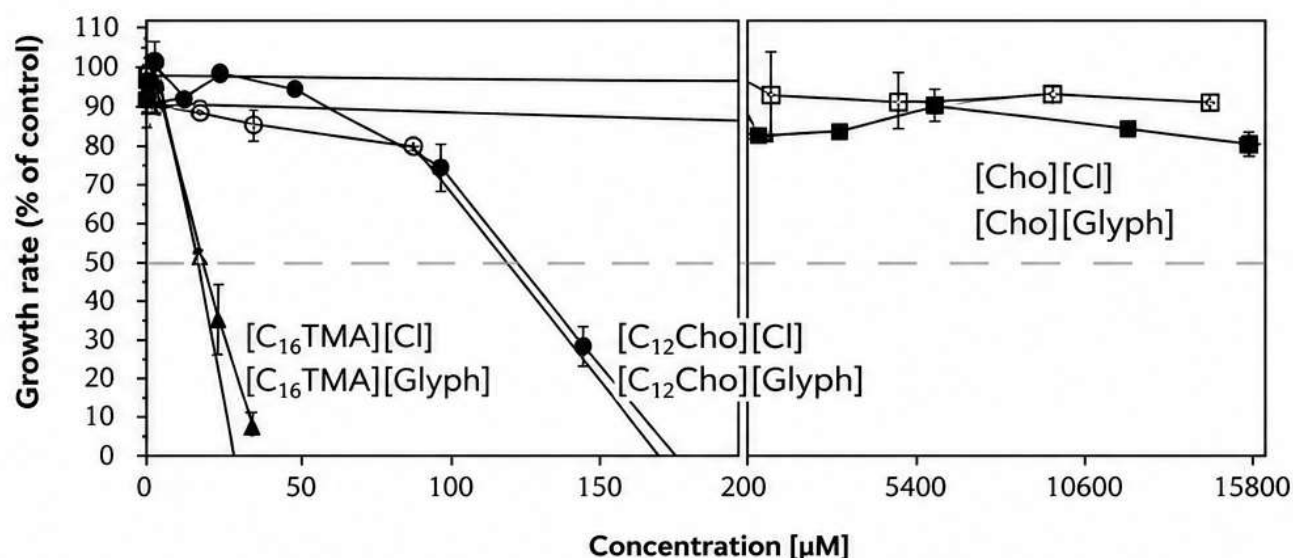


RESEARCH ARTICLE

Effects of ammonium-based ionic liquids and 2,4-dichlorophenol on the phospholipid fatty acid composition of zebrafish embryos

Aleksandra Piotrowska^{1,2}, Anna Syguda², Bogdan Wyrwas², Łukasz Chrzanowski², Tili Luckenbach³, Hermann J. Heipieper^{1*}

¹ Department of Environmental Biotechnology, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Leipzig, Germany, ² Faculty of Chemical Technology, Poznań University of Technology, Poznań, Poland, ³ Department of Bioanalytical Ecotoxicology, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Leipzig, Germany



➔ Im bardziej hydrofobowy kation, tym silniejszy efekt biologiczny (toksyczność związana z oddziaływaniem na błonę komórkową)



Mikroorganizmy modelowe
Pseudomonas putida



Zebrafish embryos
zmiany w składzie fosfolipidów



Membrany komórkowe (PLFA)
zmiany w składzie kwasów tłuszczowych



Wnioski:
Hydrofobowość kationu determinuje siłę oddziaływania biologicznego HILs



Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej

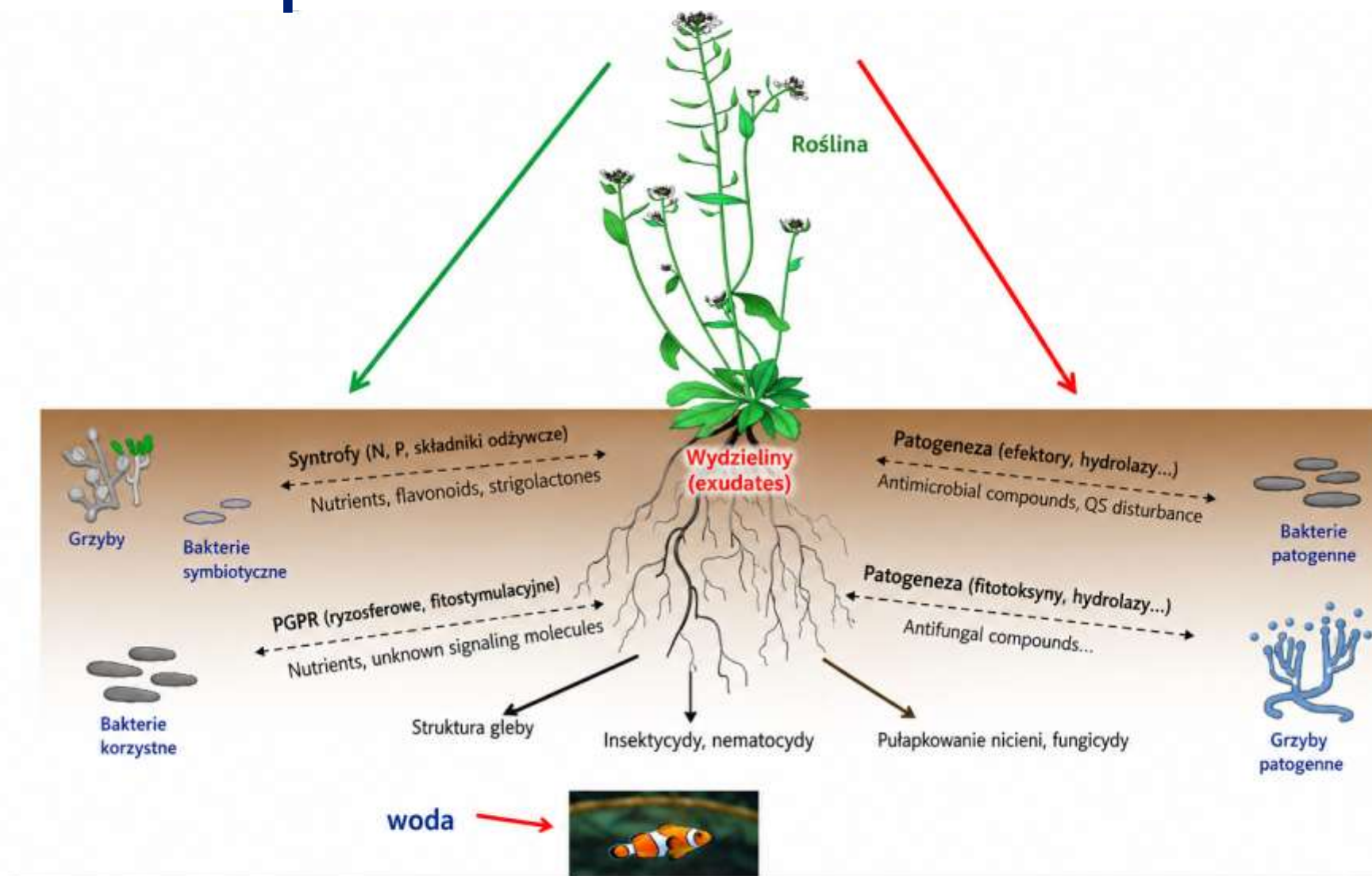


Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską



Wprowadzenie HILs do środowiska



Soil Biology and Biochemistry, 2014, 77, 69-80



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



HILs w glebie – wstępne badania

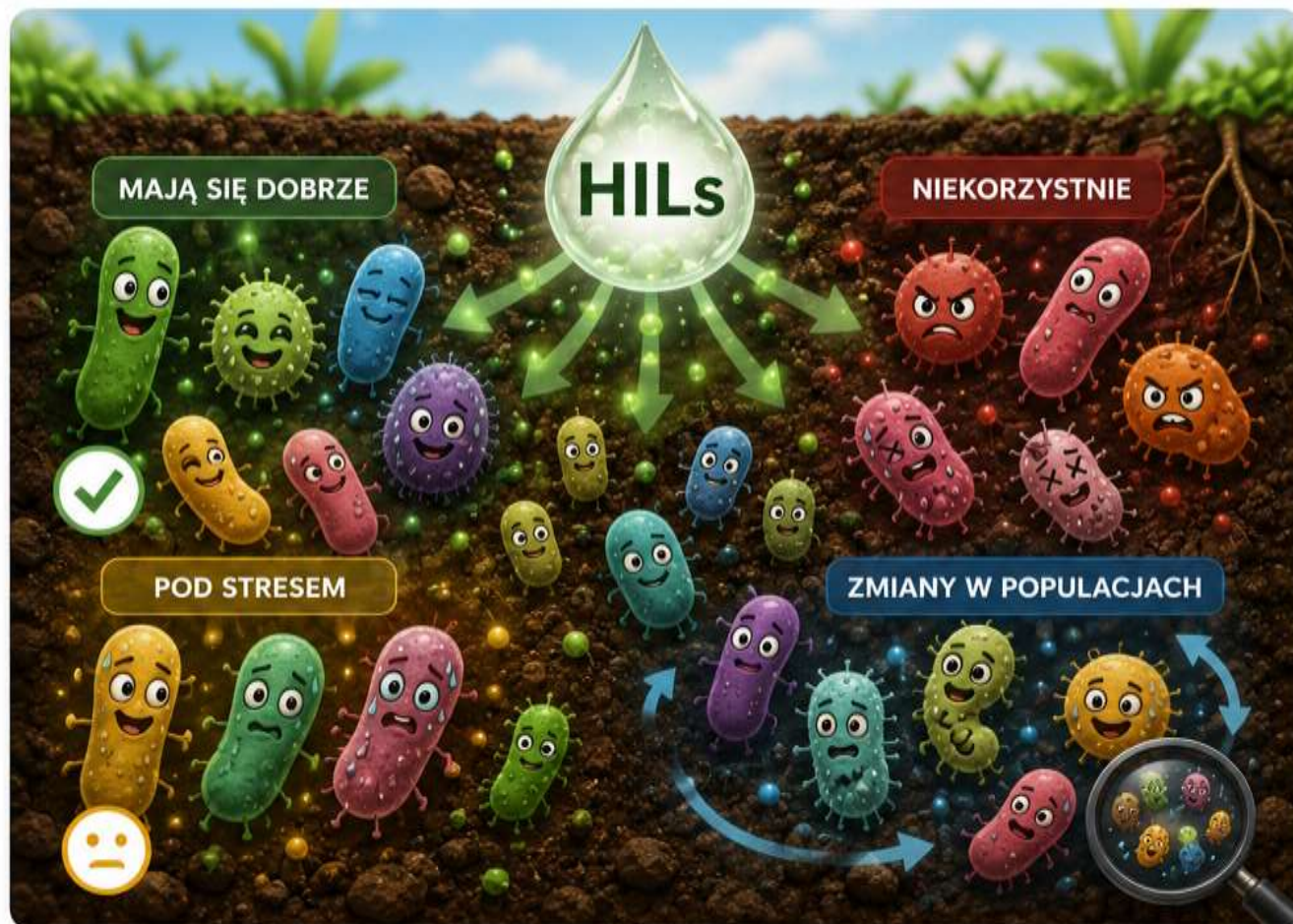
HILs mają wpływ na społeczności mikroorganizmów glebowych



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Część ma się dobrze

odporna, funkcjonuje normalnie



Część pod stresem

spowolnienie wzrostu, zmieniona aktywność



Część niekorzystnie

hamowanie, wypieranie, możliwa szkoda



Zmiany w populacjach

przebudowa struktury społeczności



Wnioski?

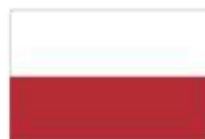
HILs wpływają na to, co dzieje się w glebie.



Kto naprawdę odpowiada za biodegradację HILs?



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



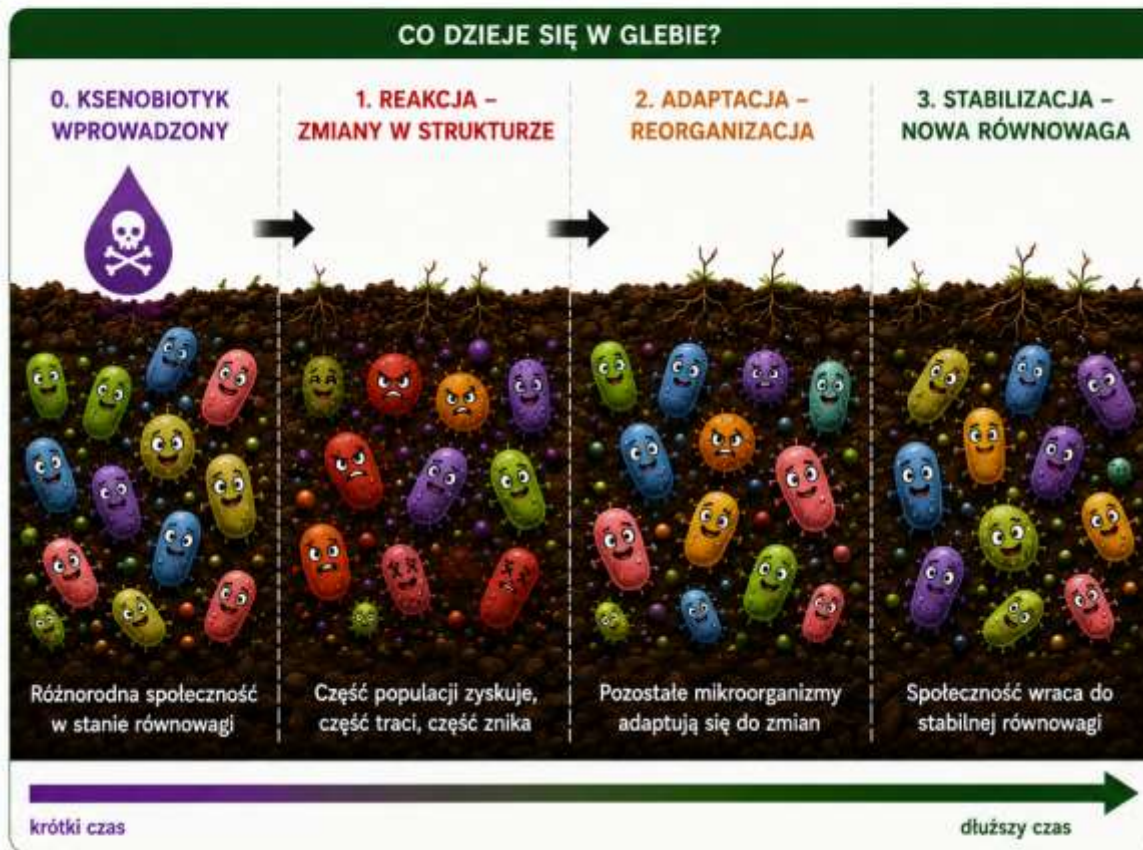
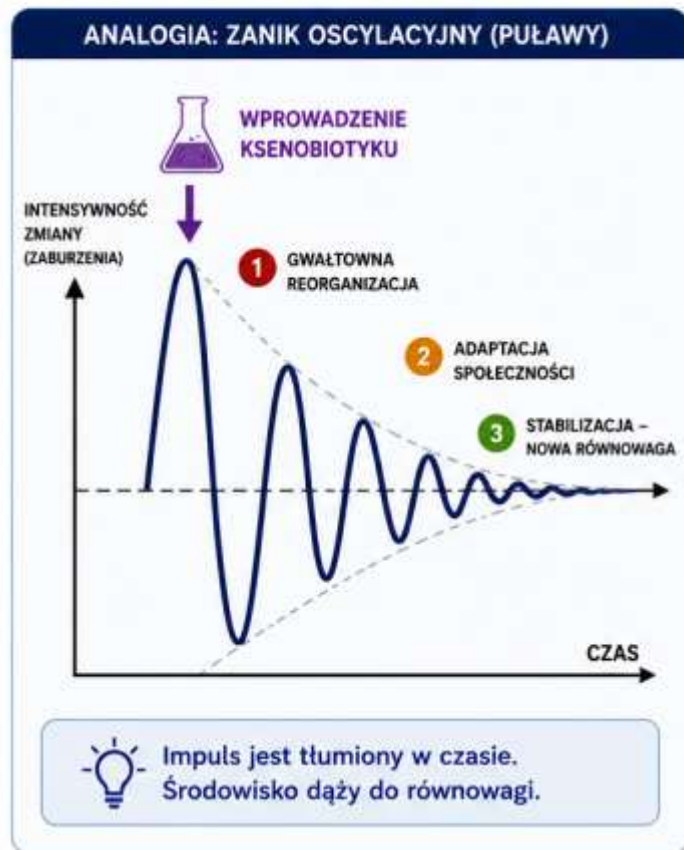
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Każdy ksenobiotyk zaburza społeczność mikroorganizmów

Zmiany są realne, ale środowisko ma zdolność ich tłumienia i powrotu do równowagi



BRAK TRWAŁYCH ZMIAN BIORÓŻNORODNOŚCI

Ksenobiotyk powoduje przejściową reorganizację społeczności mikroorganizmów, ale gleba ma zdolność samoregulacji i powraca do stabilnej równowagi.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

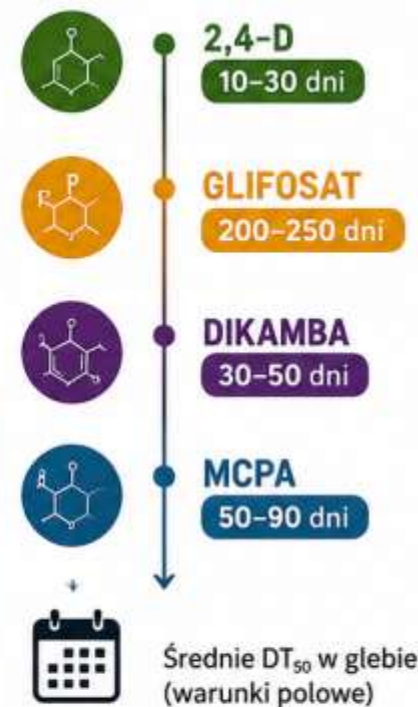
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Herbicyd?



KSENOBIOTYKI ZOSTAJĄ TYGODNIAMI – MIESIĄCAMI



**SKORO WIĘKSZOŚĆ TRAFIA DO GLEBY...
TO WŁAŚNIE TAM DECYDUJĄ SIĘ LOSY HERBICYDU**



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



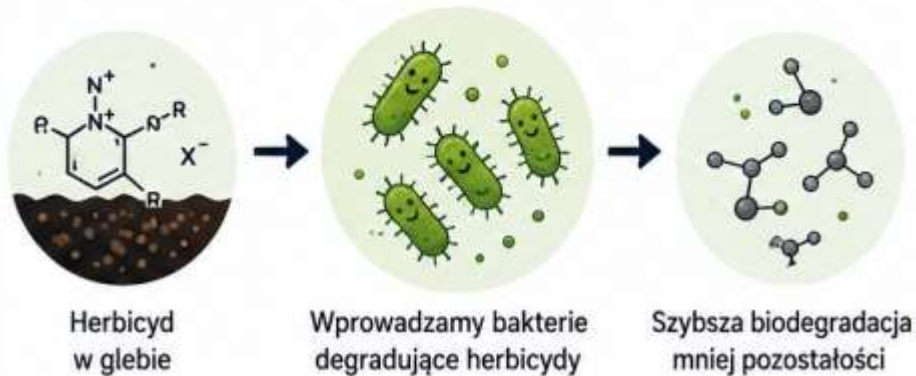
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Bioaugmentacja – logiczne rozwiązanie

Wykorzystujemy mikroorganizmy,
które potrafią degradować herbicydy w glebie.



POTENCJALNE KORZYŚCI



SZYBSZA
biodegradacja



KRÓTSZY
czas zalegania



MNIEJSZE
ryzyko migracji



**Ale czy naprawdę rozumiemy
wszystkie konsekwencje?**



HIPOTEZY BADAWCZE

H1

Herbicydowe ciecze jonowe w środowisku to **odrębne kationy i aniony**, stąd ich degradacja przypomina rozkład herbicydów w obecności kationowych środków powierzchniowo-czynnych.



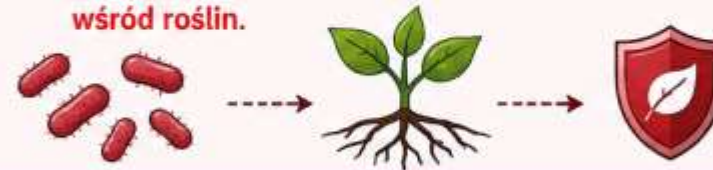
H2

Toksyczność kationów powierzchniowo-czynnych sprzyja **powstawaniu warunków odpowiednich do przekazywania genów oporności**.



H3

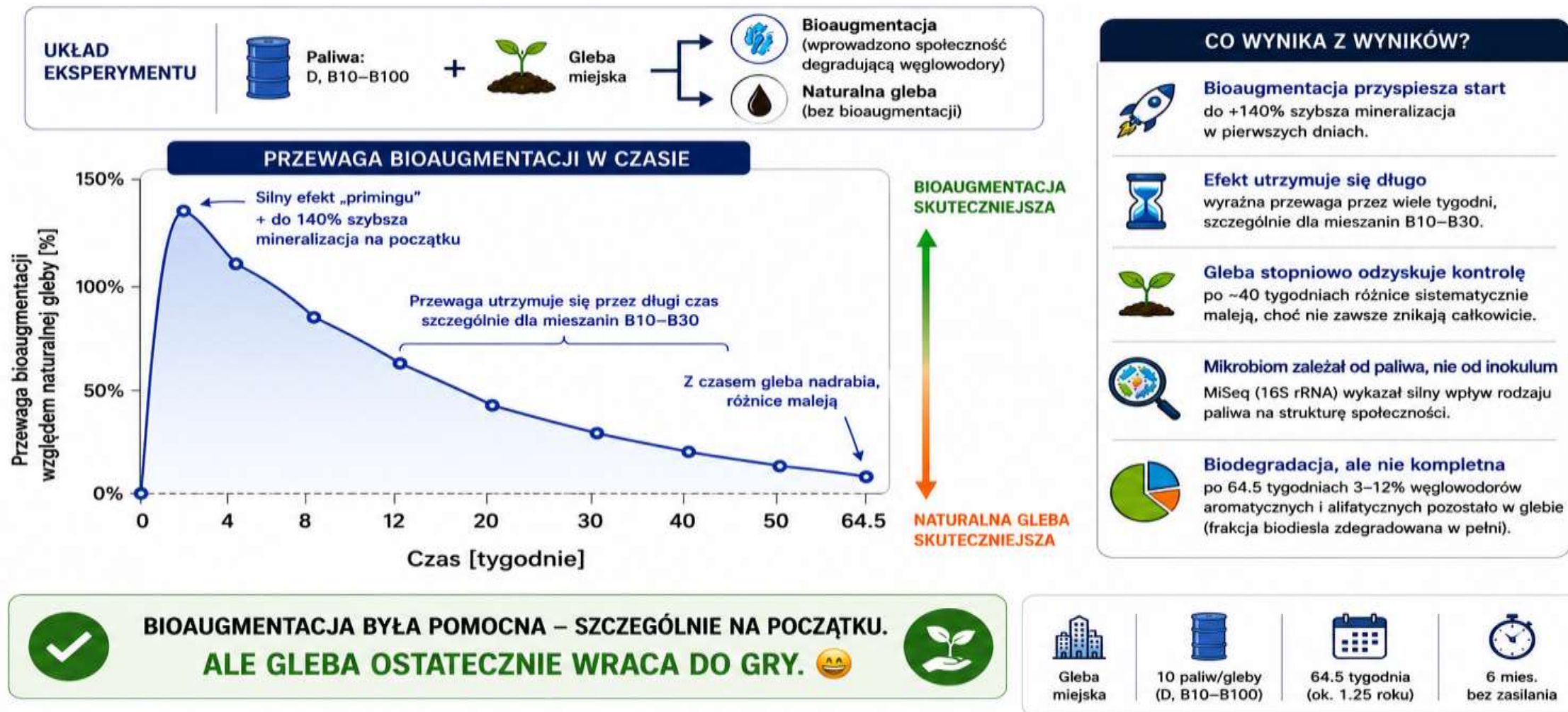
Bioaugmentacja bakteriami posiadającymi zdolność degradacji herbicydów może stanowić czynnik **szerzenia oporności na herbicydy wśród roślin**.



Odpowiedzi na te pytania pozwolą ocenić,
czy bioaugmentacja jest bezpieczna i skuteczna.



Typowa bioaugmentacja – usuwanie węglowodorów



Woźniak-Karczewska M. et al. (2019) Effect of bioaugmentation on long-term biodegradation of diesel/biodiesel blends in soil microcosms. Science of the Total Environment 671: 948–958. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.431>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



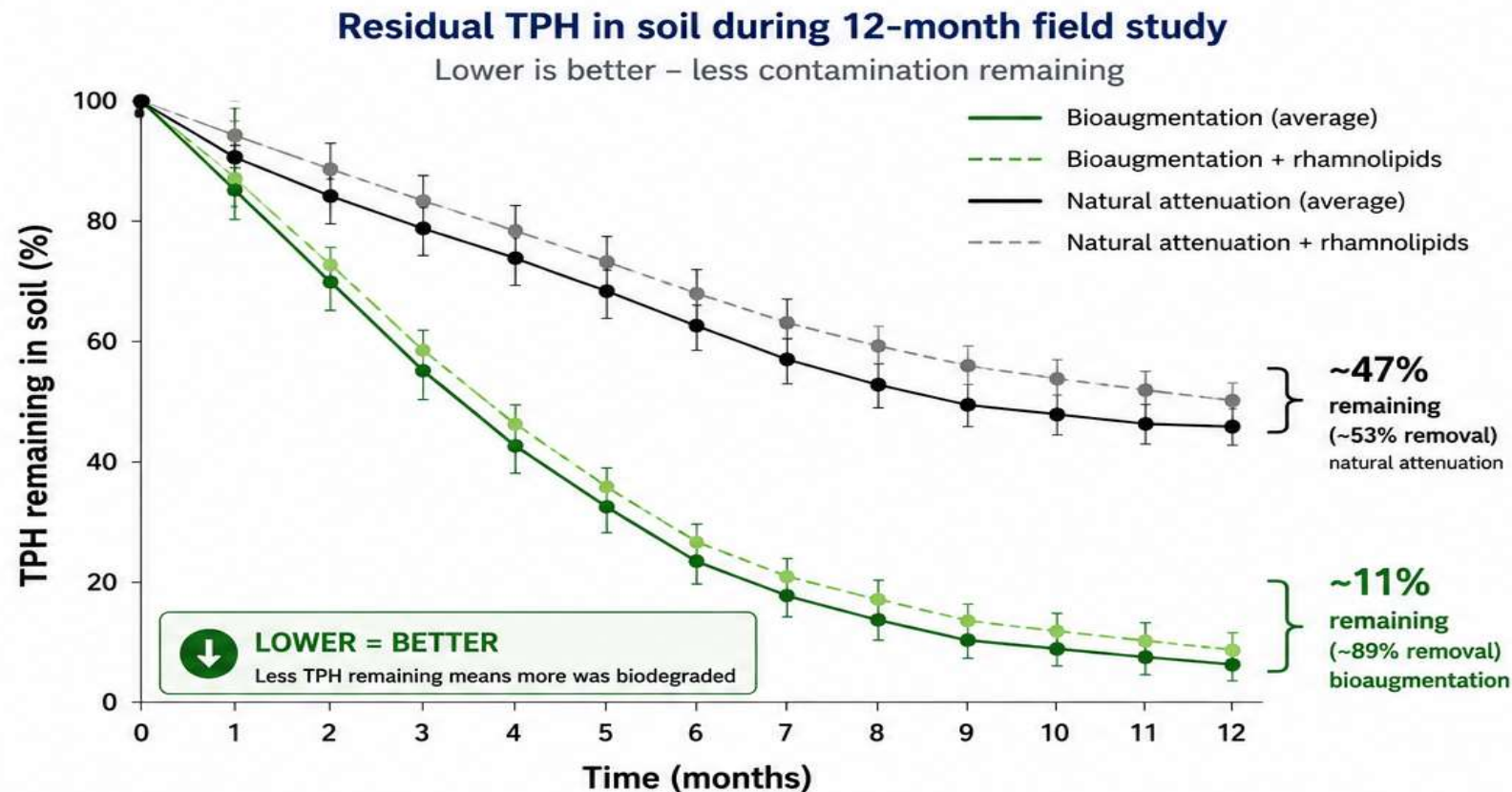
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Bioaugmentacja – idealne wyniki

Kiedy więcej nie znaczy lepiej



WHAT ACTUALLY MATTERED?



BIOAUGMENTATION

BIG EFFECT

~89% removal
(~11% remaining)



RHAMNOLIPIDS

SMALL / SHORT-TERM EFFECT

no long-term benefit
in field conditions



Study details



Field site: diesel-oil contaminated soil



Duration: 12 months



Initial TPH range: ~9,400–9,600 mg/kg soil



Treatments: 4 (see legend)



**Dodatki pomagają tylko wtedy,
gdy rozwiązują **realne ograniczenie** systemu.**



Źródło: Szulc A. et al. (2014) The influence of bioaugmentation and biosurfactant addition on bioremediation efficiency of diesel-oil contaminated soil: Feasibility during field studies. *Journal of Environmental Management* 132: 121–128.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



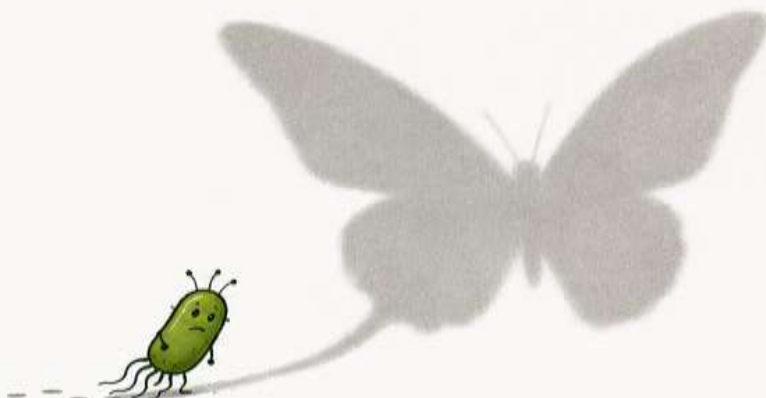
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Bioaugmentacja – efekt motyla

TAK TO SOBIE WYOBRAŻALIŚMY...



TAK WYGLĄDA RZECZYWISTOŚĆ...



**BIOAUGMENTACJA NIE BYŁA BAJKĄ O „SUPER BAKTERII”.
TO BYŁA LEKCJA POKORY WOBEC ZŁOŻONEGO SYSTEMU.**



Nie ma jednej drogi.
Każde miejsce jest inne.



Skuteczność zależy
od kontekstu i czasu.



Liczy się społeczność,
nie pojedynczy bohater.



Efekty wymagają czasu,
cierpliwości i monitoringu.



JEDNA BAKTERIA
NIE ZROBI EFEKTU MOTYLA.
ALE DOBRZE DOBRANA
SPOŁECZNOŚĆ MOŻE DAĆ
SYSTEMOWI IMPULS.



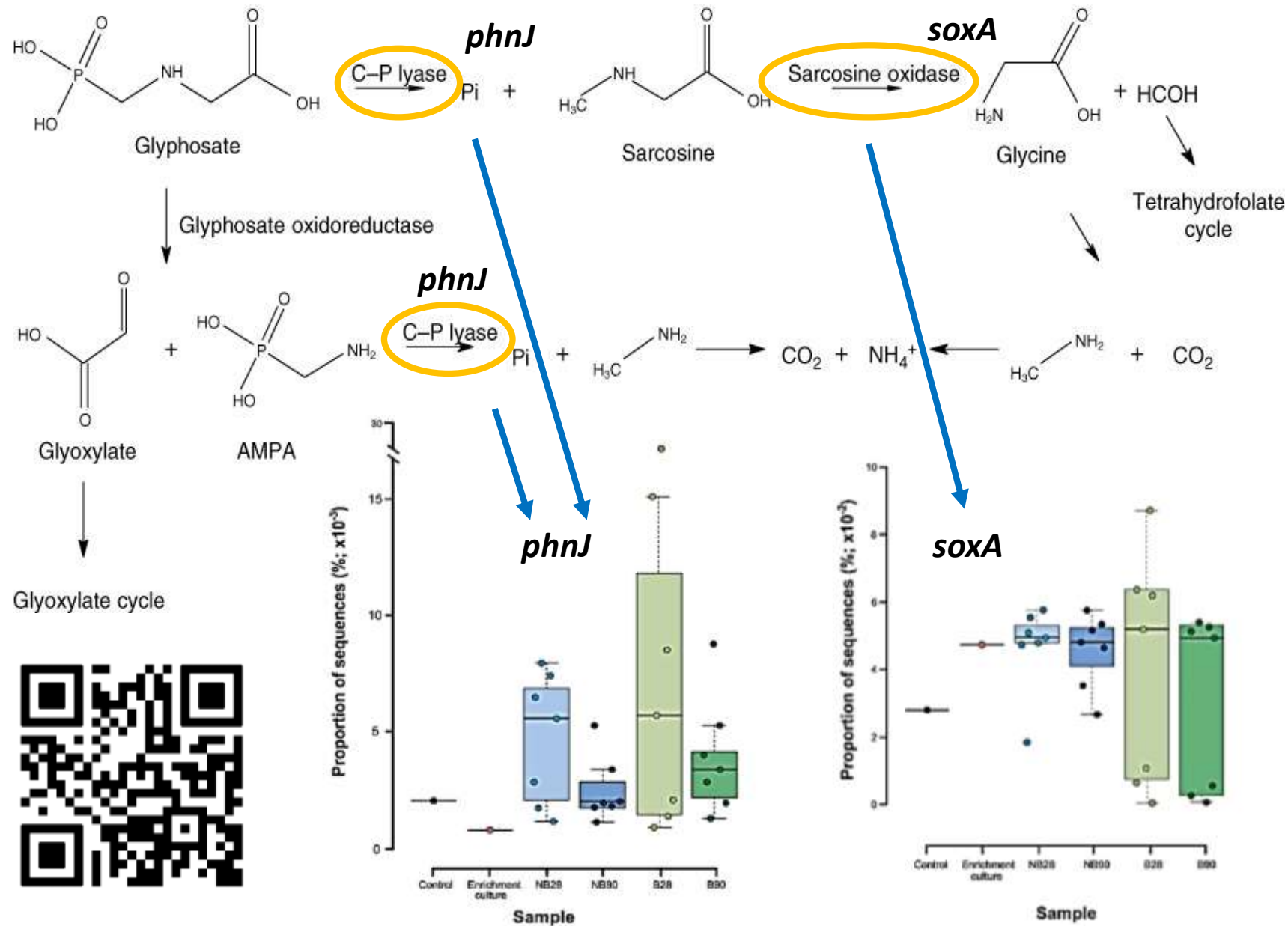
Bioaugmentacja a liczba kopii genów - glifosat

Poszukiwania genów
biorących udział
w degradacji glifosatu –
phnJ oraz *soxA*



Glyphosate versus glyphosate based ionic liquids: Effect of cation on glyphosate biodegradation, *soxA* and *phnJ* genes abundance and microbial populations changes during soil bioaugmentation

Wiktorija Wilms^a, Anna Parus^a, Jan Homa^a, Milena Batycka^a, Michał Niemczak^a,
Marta Woźniak-Karczewska^a, Artur Trzebny^b, Zembrzuska^a, Mirosława Dabert^b,
András Tancsics^c, Tomas Cajthaml^d, Hermann J. Heipieper^e, Łukasz Chrzanowski^a



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

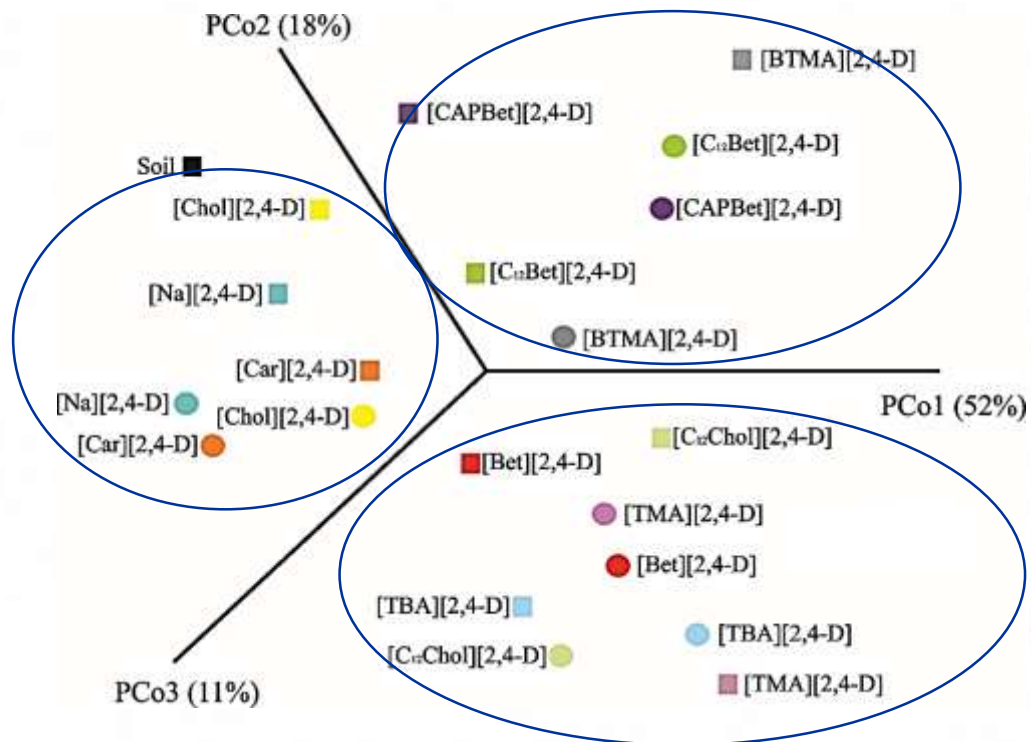
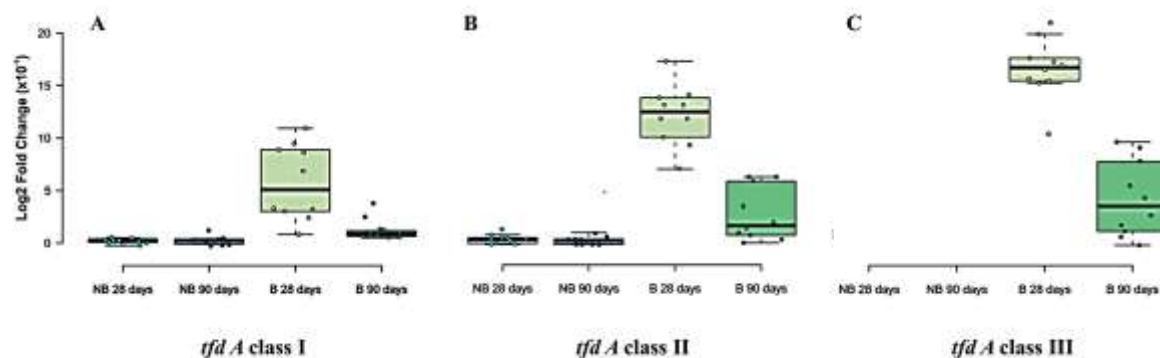
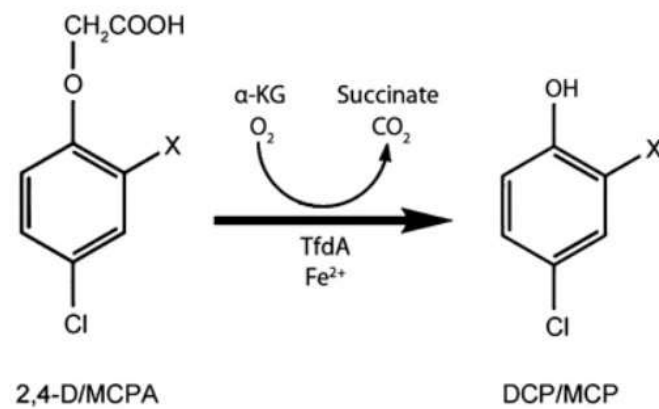


Rzeczpospolita
Polska

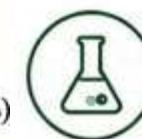
Dofinansowane przez
Unię Europejską



Co widzimy po wprowadzeniu HILs do gleby rolniczej?



Większa liczebność
genów *tfdA*.



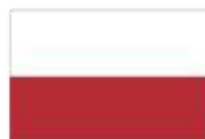
Toksyczny efekt
hydrofobowych
kationów.



Widoczne zmiany
w strukturze mikrobiomu
glebowego.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

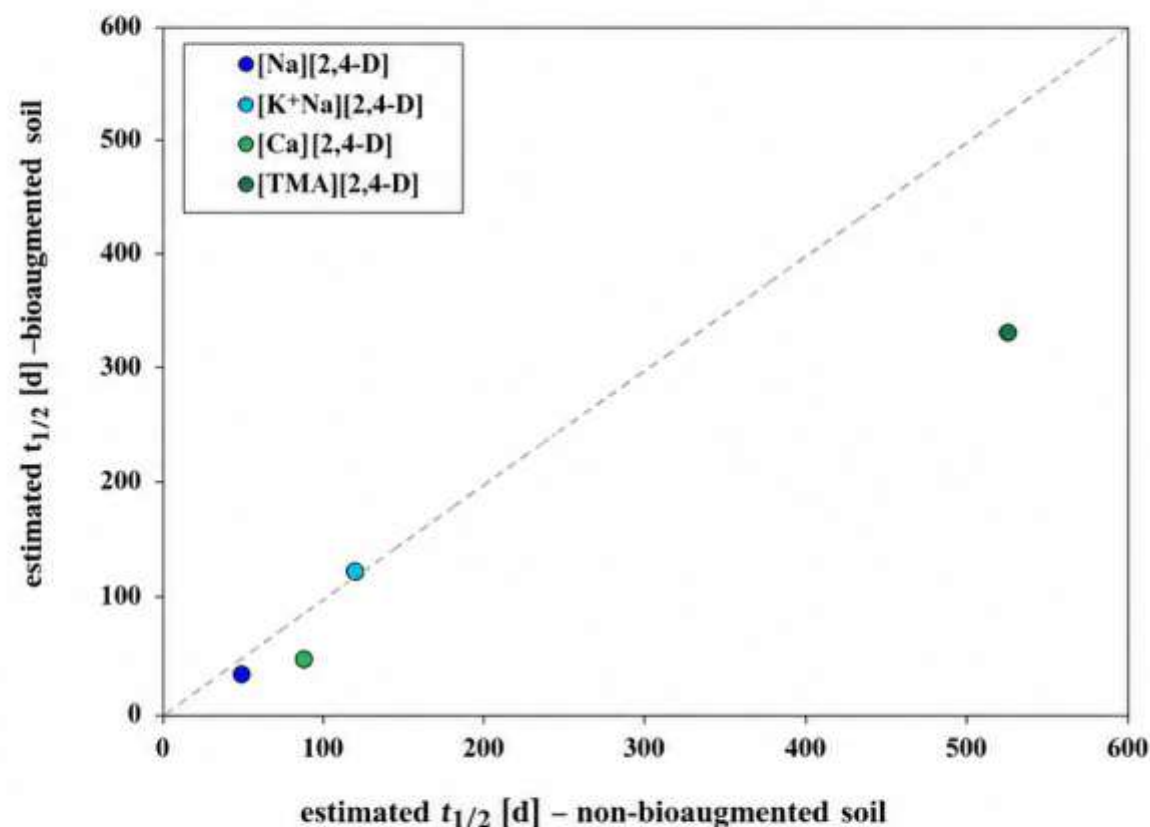


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

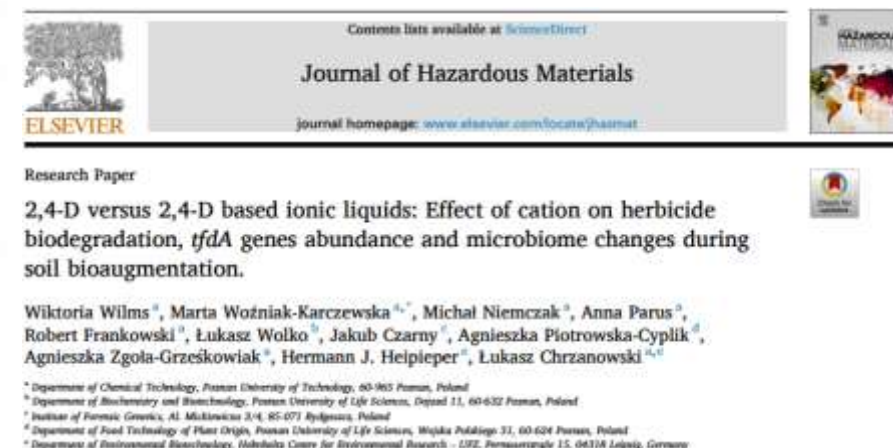


Wpływ kationu i bioaugmentacji na degradację



Średnie DT_{50} zalegania w glebie:

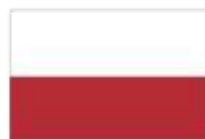
- 2,4-D: **10-30** dni
- Glifosat: **200-250** dni
- Dikamba: **30-50** dni
- MCPA: **50-90** dni



- Bioaugmentacja szczepami degradującymi 2,4-D poprawiła degradację herbicydów,
- Zaobserwowano **negatywny efekt hydrofobowych kationów** na bioaugmentację.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Teoretycznie zaadsorbowane ksenobiotyki są niedostępne dla mikroorganizmów



Dlaczego hydrofobowe kationy są toksyczne mimo sorpcji?

1. Sorpcja zatrzymuje kation w glebie...



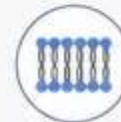
- Hydrofobowe kationy wiążą się z materią organiczną i powierzchniami minerałów.
- Zmniejsza to ich mobilność w glebie.

Dlaczego sorpcja nie oznacza braku ryzyka?

-  Kationy istnieją w dynamicznej równowadze między fazą stałą a roztworem glebowym.
-  Dostępne stężenie w wodzie glebowej, choć niskie, jest wystarczające do działania toksycznego.
-  Długotrwała obecność = przewlekła toksyczność nawet przy niskich stężeniach.

2. ...ale nie neutralizuje toksyczności

Mechanizmy toksyczności pomimo sorpcji:



Interakcja z błonami komórkowymi

Hydrofobowe kationy przenikają do błon lipidowych, zmieniając ich płynność i integralność → uszkodzenia komórek.



Denaturacja białek i enzymów

Oddziaływania hydrofobowe prowadzą do zaburzeń struktury białek i hamowania aktywności enzymów.



Stres oksydacyjny i dysfunkcja metaboliczna

Zakłócenia w łańcuchu oddechowym i wzrost reaktywnych form tlenu (ROS).



Wpływ na mikrobiom

Selektywna presja na społeczności mikroorganizmów → spadek różnorodności i funkcji degradacyjnych.



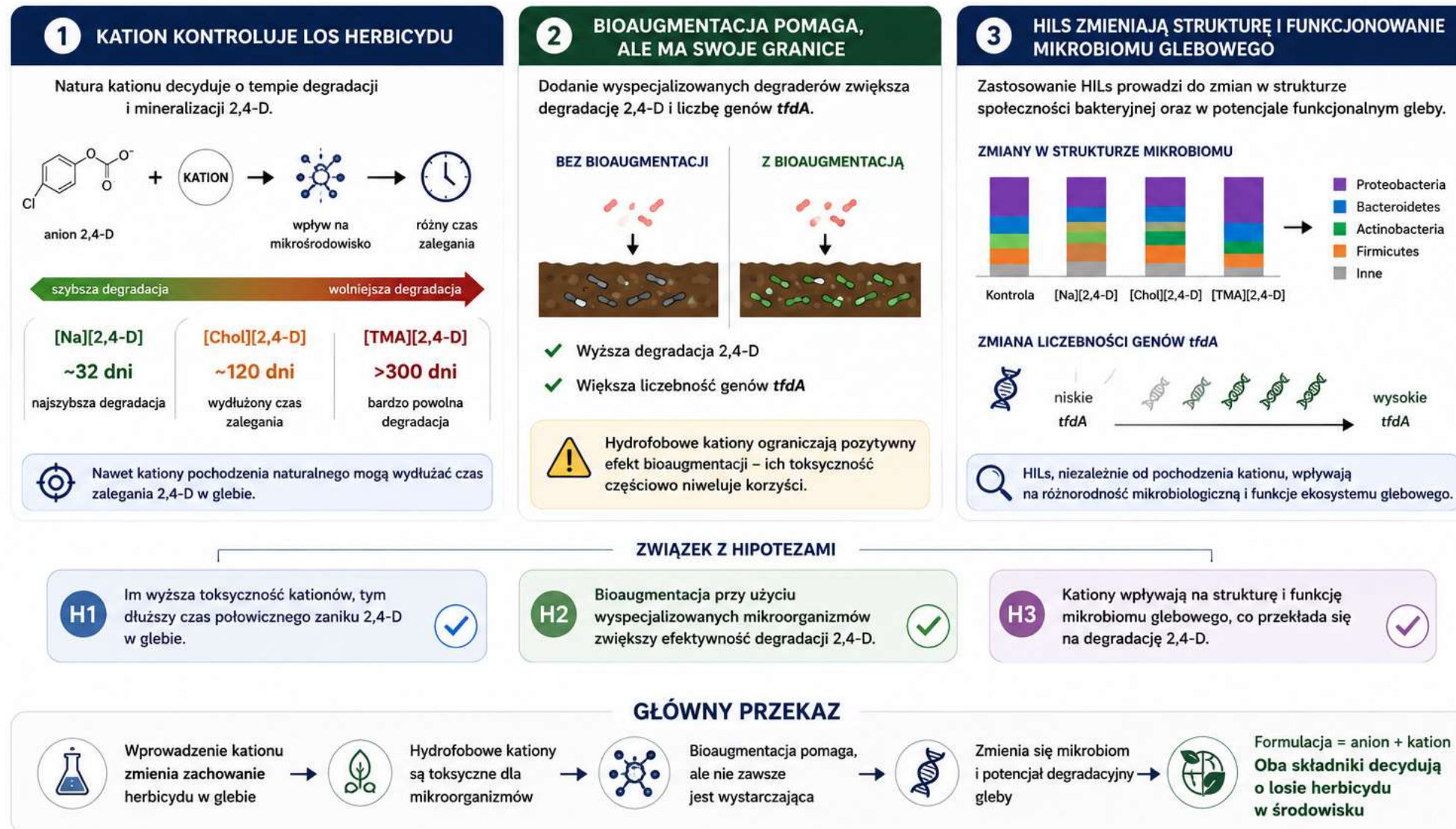
Przykład: zamrożone jeansy

- Jeansy wyglądają „nieruchomo” zamrożone.
- Ale nadal istnieją procesy – powolne, ale nieustanne.
- Podobnie kationy: „uwięzione” w glebie, ale nadal oddziałują z mikroorganizmami.



Sorpcja ogranicza ruch, ale nie eliminuje działania toksycznego hydrofobowych kationów. Ich trwała obecność w glebie wpływa na komórki, enzymy i cały mikrobiom.

Wnioski – co pokazuje praca?



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

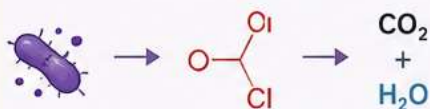
Dofinansowane przez
Unię Europejską



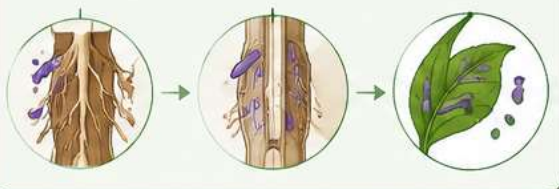
PROBLEM

Jak wprowadzone bakterie do gleby wpływają na roślinę, los herbicydu i środowisko?

1. DEGRADACJA HERBICYDU W RYZOSFERZE



2. KOLONIZACJA ROŚLINY



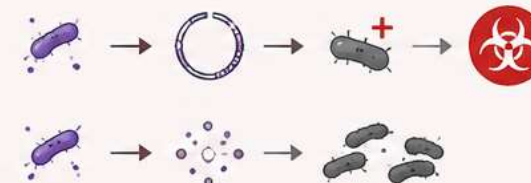
BIOAUGMENTACJA

- wprowadzane bakterie degradujące herbycyd
- mikroorganizmy gleby (native)

3. ZMIANY W ROŚLINIE



4. POTENCJALNE RYZYKA



NIEZNANE SKUTKI DLA ŚRODOWISKA



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Założenia eksperymentu – jak realizowaliśmy badania?

Bakterie dodano wyłącznie do gleby. Rośliny rosły obok – bez bezpośredniego kontaktu z bakteriami.

1. BIOAUGMENTACJA GLEBY

Glyphosate-degrading microbial community (GDMC)



- ✓ Bakterie wprowadzono do gleby
- ✓ Nie aplikowano na rośliny
- ✓ Brak bezpośredniego kontaktu bakterii z rośliną

2. WZROST ROŚLIN

Rzepak (*Brassica napus* L.)
rośnie w bioaugmentowanej glebie



3. PROFESJONALNY OPRYSK

Oprysk wykonywany robotem dozującym –
jednorodnie i precyzyjnie



[K][Glyph]
(sól potasowa
glifosatu)

[Chol][Glyph]
(hydrofilowy
kation)

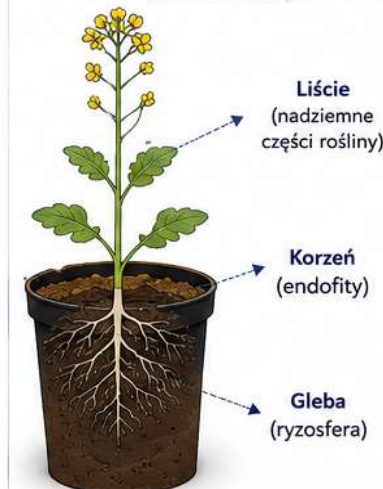
[C₁₂Chol][Glyph]
(hydrofobowy
kation)

Roundup
(komercyjna
formulacja)

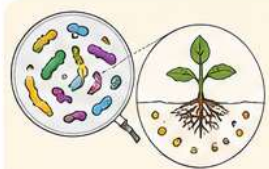
200 L/ha | TeeJet 1102 | 0.2 MPa | stała prędkość przejazdu

4. POBIERANIE PRÓBEK I ANALIZY

Próbki pobierano po oprysku
(3 i/lub 14 dni)



CO ANALIZOWALIŚMY?



MIKROBIOM (16S rRNA)

- gleba (ryzosfera)
- korzenie (endofity)
- liście (nadziemne części)

→ analiza PCoA i różnorodności



EKSPRESJA GENÓW DEGRADACJI GLIFOSATU

phnJ i *soxA* (qPCR)



POZOSTAŁOŚCI GLIFOSATU

w tkankach roślin
(LC-MS/MS)



EFEKT HERBICYDOWY

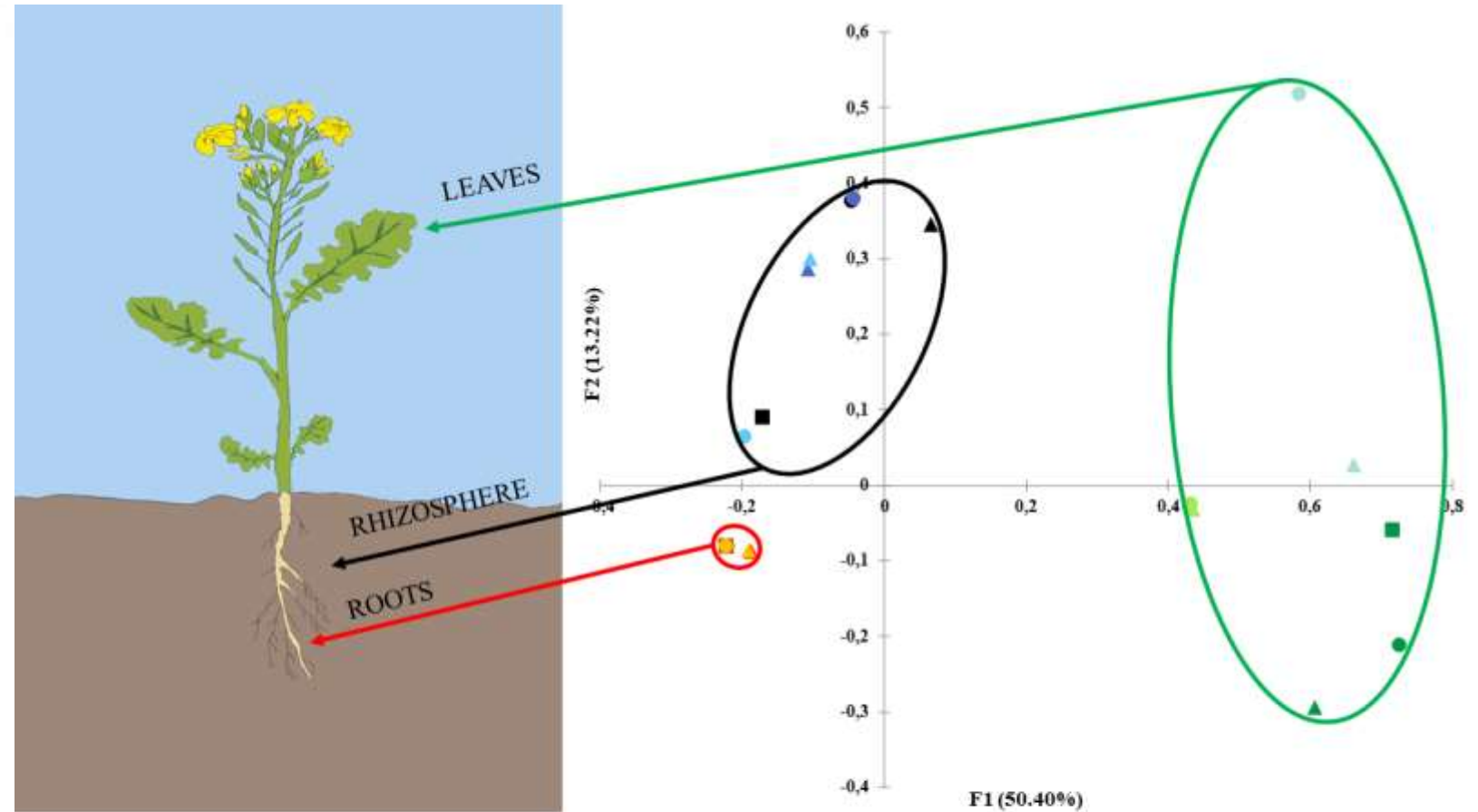
świeża masa roślin
po 3, 7 i 14 dniach
od oprysku



Sprawdzamy, czy bakterie w glebie mogą ograniczać pozostałości glifosatu w roślinach oraz czy ich obecność zwiększa ekspresję genów degradacji i w konsekwencji odporność roślin.



Układ niebioaugmentowany



- RHIZO control T0 (NB)
- ▲ RHIZO control T7 (NB)
- RHIZO control T3 (NB)
- ▲ RHIZO Roundup T3 (NB)
- ▲ RHIZO Roundup T7 (NB)
- ▲ RHIZO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (NB)
- ▲ RHIZO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (NB)
- ▲ RHIZO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (NB)
- ▲ RHIZO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (NB)
- ▲ RHIZO Roundup T3 (NB)
- ▲ RHIZO Roundup T7 (NB)
- ▲ K-ENDO control T0 (NB)
- ▲ K-ENDO control T3 (NB)
- ▲ K-ENDO control T7 (NB)
- ▲ K-ENDO Roundup T3 (NB)
- ▲ K-ENDO Roundup T7 (NB)
- ▲ K-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (NB)
- ▲ K-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (NB)
- ▲ K-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (NB)
- ▲ K-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (NB)
- ▲ L-ENDO control T0 (NB)
- ▲ L-ENDO control T3 (NB)
- ▲ L-ENDO control T7 (NB)
- ▲ L-ENDO Roundup T3 (NB)
- ▲ L-ENDO Roundup T7 (NB)
- ▲ L-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (NB)
- ▲ L-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (NB)
- ▲ L-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (NB)
- ▲ L-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (NB)



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

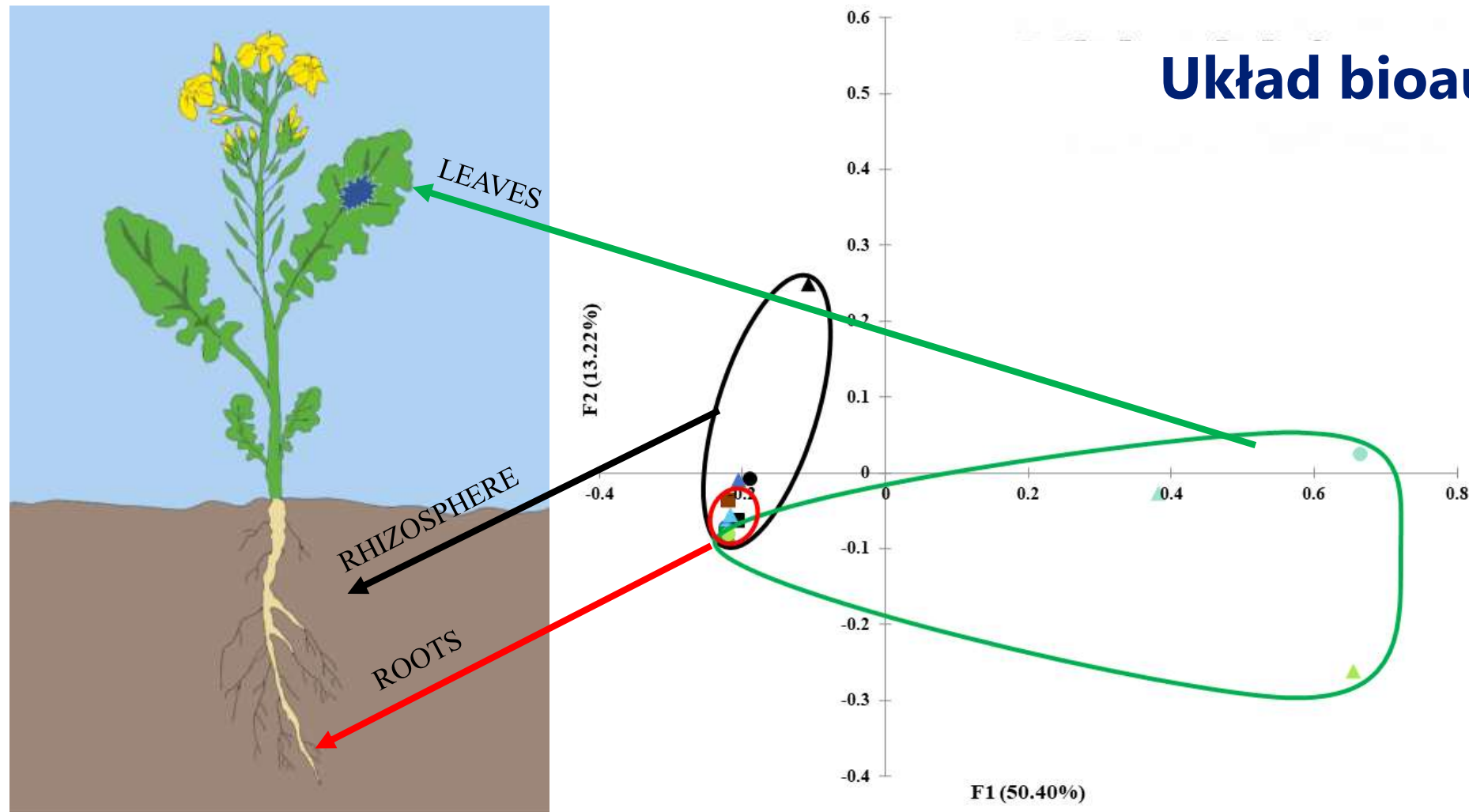


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Układ bioaugmentowany



- RHIZO control T0 (B)
- ▲ RHIZO Roundup T7 (B)
- K-ENDO control T3 (B)
- K-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (B)
- L-ENDO control T7 (B)
- L-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (B)
- RHIZO control T3 (B)
- RHIZO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (B)
- K-ENDO control T7 (B)
- K-ENDO Roundup T3 (B)
- L-ENDO control T0 (B)
- L-ENDO Roundup T3 (B)
- ▲ RHIZO control T7 (B)
- ▲ RHIZO [C₁₂Chol][Glyph] T7 (B)
- K-ENDO Roundup T7 (B)
- L-ENDO control T3 (B)
- L-ENDO [C₁₂Chol][Glyph] T3 (B)



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

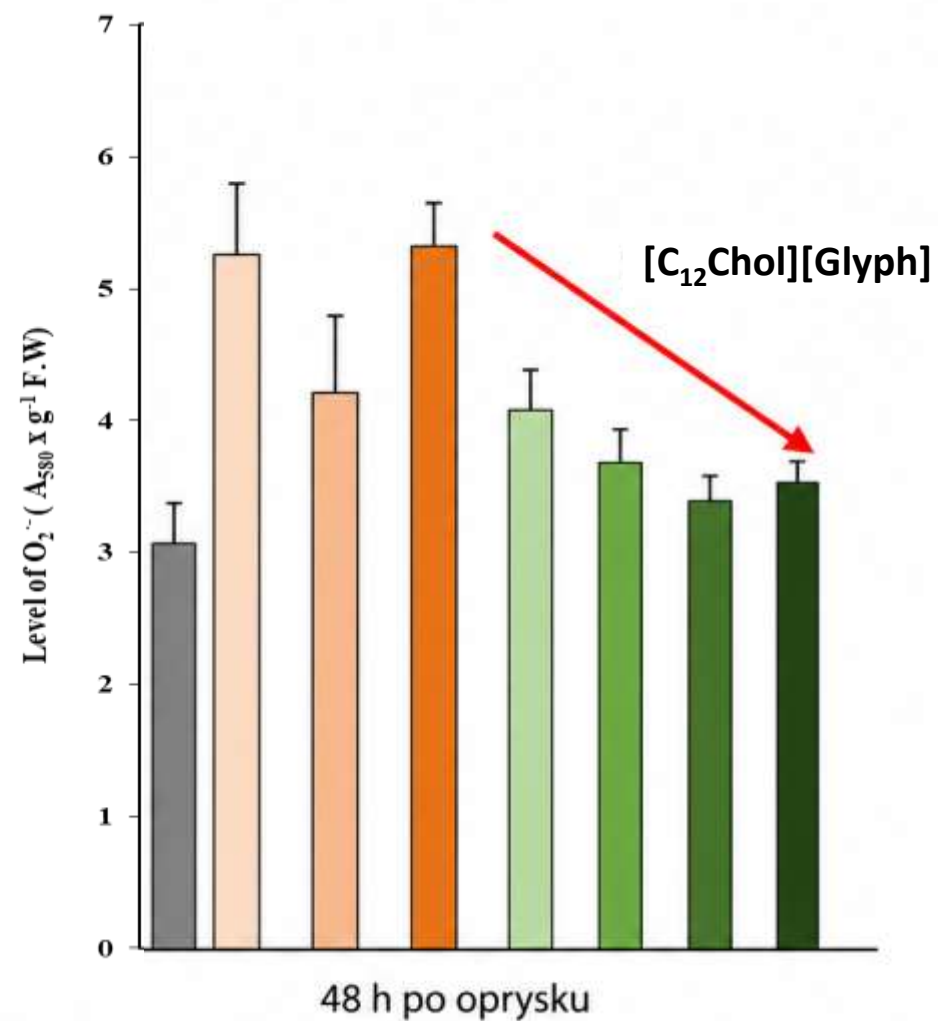


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Stres oksydacyjny



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Pozostałości herbicydu w rzepaku

Związek		Ilość glifosatu [mg/kg s.m.]	
		3 dni po oprysku	7 dni po oprysku
 Roundup 360 SL	NB ^a	54.31	50.55
	B ^b	55.17	37.17
[K][Glyph]	NB	14.77	12.78
	B	9.17	6.84
[Chol][Glyph]	NB	8.99	8.18
	B	10.08	6.08
 [C ₁₂ Chol][Glyph]	NB	52.26	44.43
	B	52.63	36.53

^a NB – próbki niebioaugmentowane, B – próbki bioaugmentowane.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

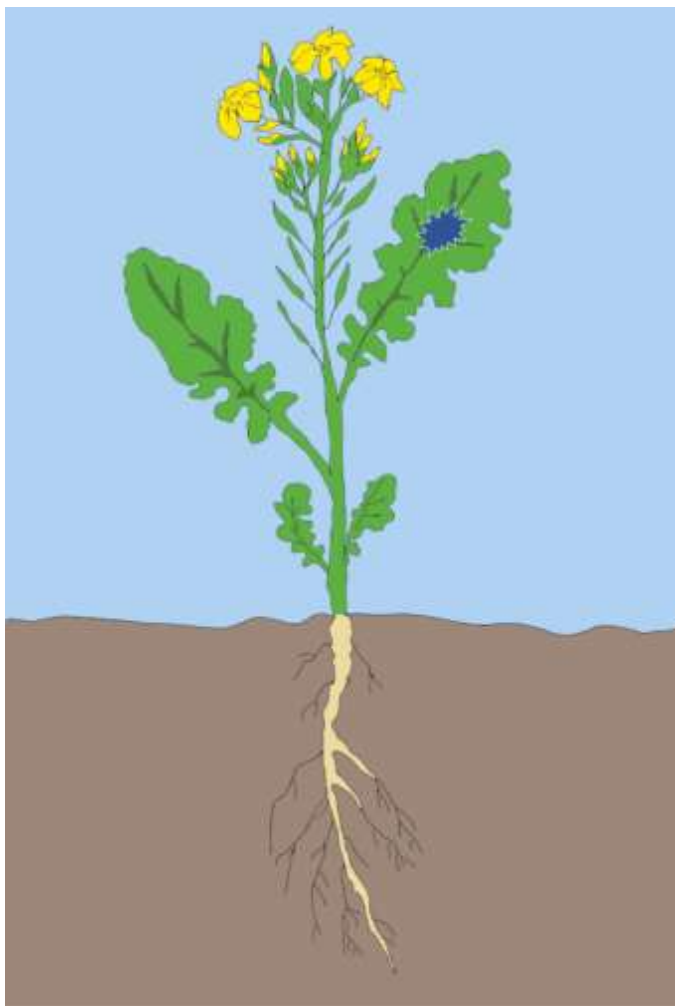


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Wnioski



1. HYDROFOBOWY KATION ZWIĘKSZAŁ POBIERANIE GLIFOSATU PRZEZ ROŚLINĘ

Formulacje z hydrofobowym komponentem ($C_{12}Chol[Glyph]$ i komercyjny Roundup 360 SL) prowadziły do najwyższych poziomów glifosatu w tkankach roślin.



2. BIOAUGMENTACJA SKUTECZNIE OGRANICZAŁA POZOSTAŁOŚCI GLIFOSATU

Po 7 dniach we wszystkich formulacjach bioaugmentacja istotnie zmniejszała ilość glifosatu akumulowanego w roślinie.



3. WPROWADZONE BAKTERIE KOLONIZOWAŁY UKŁAD ROŚLINA-GLEBA

Zaobserwowano wzrost liczby kopii genów degradujących glifosat (*phnJ*, *soxA*) oraz istotne zmiany w mikrobiomie ryzosfery i endofitów.



NIE TYLKO HERBICYD – O LOSIE GLIFOSATU DECYDUJE FORMULACJA I MIKROBIOM GLEBY.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

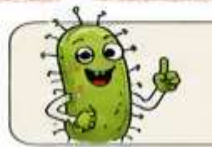
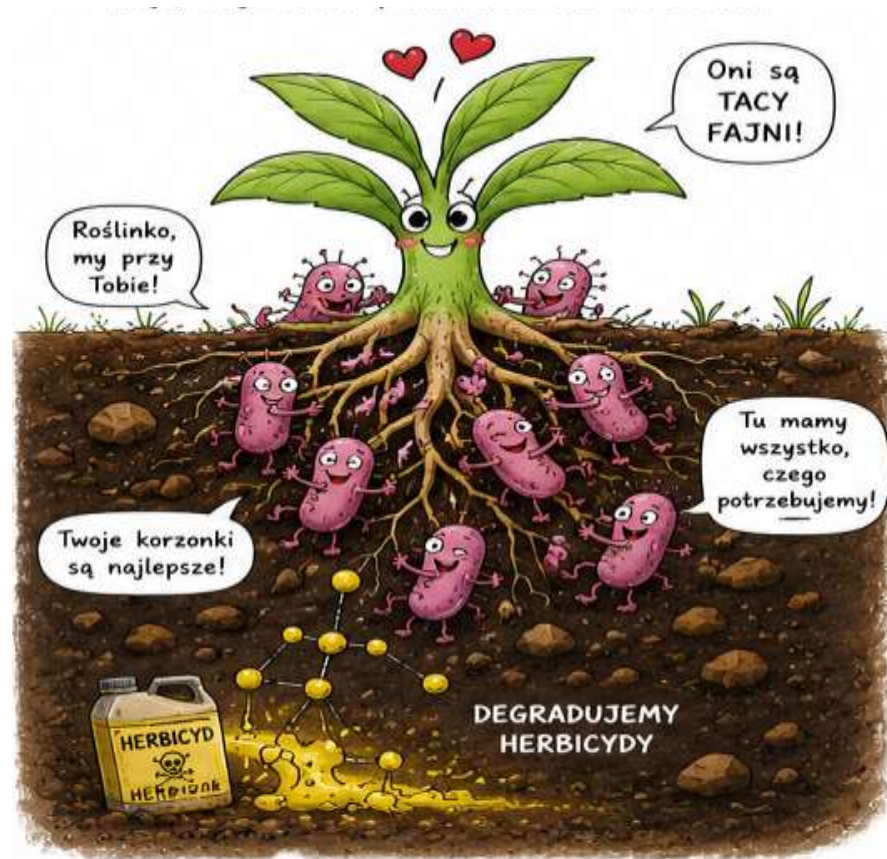


Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



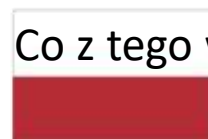
Jakie będą konsekwencje długoterminowe ?



Bakterie + Roślina = lepsze szanse „zamieszkania” w środowisku



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej

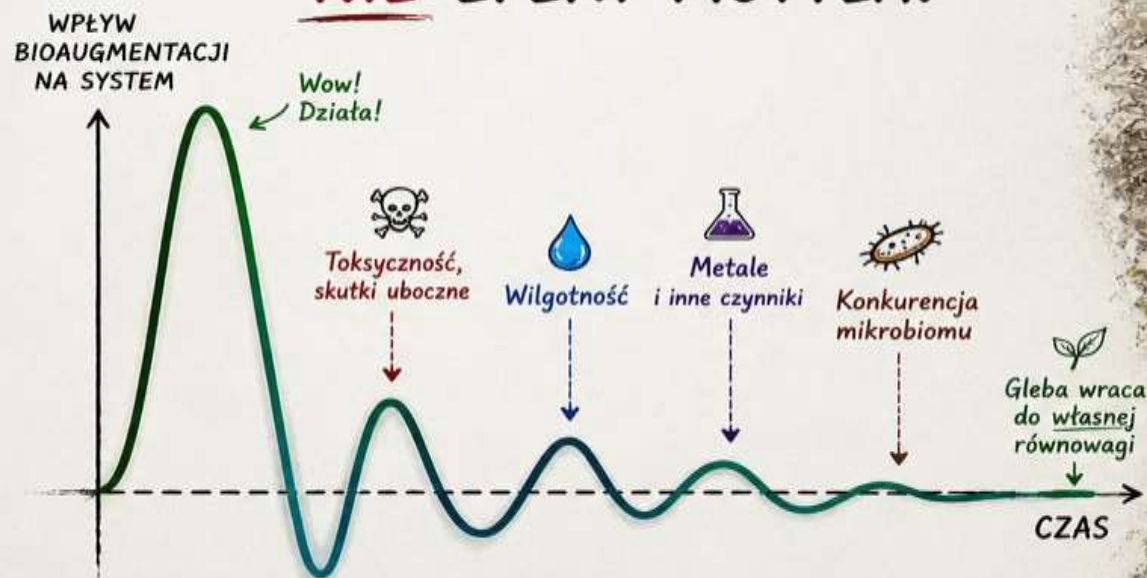


Co z tego wyniknie? Kornelia B.
Przez Polskę
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



BIOAUGMENTACJA TO **IMPULS**. **NIE** EFEKT MOTYLA.



SYSTEM MA WŁASNĄ DYNAMIKĘ.
MY DAJEMY MU TYLKO IMPULS.

DODAJESZ BARWNIK DO RZEKI...

TU JEST
IMPULS

~1 m SILNY EFEKT

~3 m ROZCIEŃCZENIE

~10 m SŁABY ŚLAD

~30 m+
RZĘKA WRACA
DO SWOJEGO
NATURALNEGO STANU

SYSTEM **NIE JEST** TABLICĄ, KTÓRĄ PRZEPISUJEMY.
TO RZĘKA, KTÓRĄ PŁYNIE PO SWOJEMU.



EFEKTY
SĄ CZASOWE



ZALEŻĄ OD SIĘCI
WZAJEMNYCH
INTERAKCJI



KAŻDY SYSTEM
JEST INNY



TO NIE SPRINT,
TO PROCES



CŁEM:
POKORA, CIERPLIWOŚĆ,
ZROZUMIENIE

NIE ZMIENIAMY NATURY.
POMAGAMY JEJ ROBIĆ
TO, CO I TAK UMIE NAJLEPIEJ.



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Najlepszy herbicyd to ten, którego nie trzeba użyć

Przyszłość ochrony roślin to precyzja, a nie chemiczna presja.



AI ROZPOZNAJE CHWASTY

Zaawansowana wizja
maszynowa identyfikuje
chwasty w czasie
rzeczywistym.



PUNKTOWE USUWANIE

Precyzyjne działanie
mechaniczne lub laserowe
tylko na chwasty.



MNIEJSZA PRESJA NA MIKROBIOM I OPORNOŚĆ

Ochrona bioróżnorodności
gleby i ograniczenie presji
ewolucyjnej.



MNIEJ CHEMII



WIĘKSZA PRECYZJA



MNIEJSZA PRESJA EWOLUCYJNA


DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską





Isodetect
Environmental Monitoring



Carsten Vogt
Anko Fischer

Roman Marecik
Katarzyna Marcinkowska
Mirośława Dabert
Artur Trzebny



CHARLES
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Hermann J. Heipieper
Andras Táncics
Tomas Cajthaml
Robin D. Rogers
Mikołaj Owsianiak



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Dziękuję za uwagę.

Zapraszamy na stronę:

<https://bioroznorodnosc.ipan.lublin.pl/>



Fundusze Europejskie
dla Polski Wschodniej



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

