

dr hab. Karolina Furtak

**Możliwości wspomagania roślin uprawnych
w warunkach zmiennej wilgotności gleby i zasolenia
z wykorzystaniem mikroorganizmów**

Puławy 2026



Rzeczpospolita
Polska

NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

LIDER

Opracowanie powstało w ramach realizacji projektu OSMO-PROTECT pt. „*Opracowanie innowacyjnego preparatu mikrobiologicznego o charakterze osmoprotekcyjnym do wspomaganie oraz ochrony roślin uprawnych w warunkach stresu osmotycznego wywołanego zmienną wilgotnością gleby i zasoleniem*” nr **Lider14/0250/2023** finansowanego w ramach programu Lider XIV Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR).



OSMO-PROTECT

www.osmo-protect.pl

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa

Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

tel. (81) 4786 700

e-mail: iung@iung.pulawy.pl

www.iung.pl

Dyrektor: *prof. dr hab. Mariusz Matyka*

Zakład Mikrobiologii

Kierownik: *prof. dr hab. Anna Gałzka*

www.mikro-iung.pl

Grafika na okładce: dr hab. Karolina Furtak

Skład i korekta: Katarzyna Mikulska

ISBN 978-83-7562-447-2

Spis treści

Wprowadzenie	4
Wpływ wilgotności gleby i jej zmian na środowisko glebowe	7
Wpływ zasolenia na jakość gleby i uprawę roślin	9
Znaczenie preparatów mikrobiologicznych w rolnictwie.....	11
Metody minimalizowania wpływu zmian klimatu i zasolenia na uprawę roślin	14
Znaczenie mikroorganizmów glebowych w warunkach stresowych	17
Mikrobiologiczne metody minimalizowanie wpływu zmian wilgotności gleby na uprawę roślin	20
Mikrobiologiczne metody minimalizowanie wpływu zasolenia gleby na uprawę roślin	23
Podsumowanie	25
Literatura	26
Rozwiązanie OSMO-PROTECT.....	30

Wprowadzenie

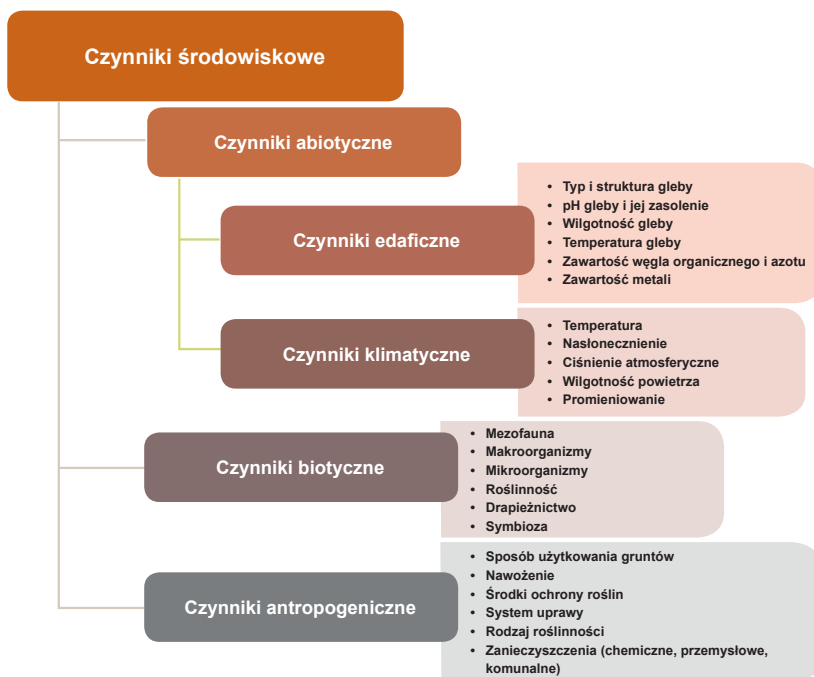
Jednym z najważniejszych zadań rolnictwa jest produkcja wystarczającej ilości żywności dla powiększającej się ciągle populacji ludzi na Ziemi. Żyzność i produktywność gleby odgrywają w tym procesie ogromną rolę. Spośród wszystkich środków wykorzystywanych w produkcji rolniczej gleba jest jedynym, który jest w pełni odnawialny. Gleba to biologicznie czynna powierzchniowa warstwa skorupy ziemskiej, która magazynuje, filtruje i przekształca substancje niezbędne dla rozwoju roślin. Zawartość materii organicznej oraz skład i liczebność mikroorganizmów glebowych to najważniejsze czynniki wpływające na rozwój roślin.

Na środowisko glebowe oraz procesy w nim zachodzące, w tym aktywność enzymatyczną, ma wpływ wiele czynników środowiskowych – naturalnych i antropogenicznych (rys. 1).

Rockström i in. (2009) [2] wyznaczyli dziewięć granic planetarnych określających progi dla bezpiecznego funkcjonowania człowieka w świecie, jaki dzisiaj znamy. Granice te dotyczą zmian klimatu, utraty bioróżnorodności, cyklu obiegu azotu i fosforu, niszczenia bariery ozonowej, zanieczyszczenia atmosfery, zakwaszenia oceanów, zużycia wody pitnej, zmian w użytkowaniu gruntów, zanieczyszczeń chemicznych. Większość tych granic odnosi się do środowiska glebowego, a co za tym idzie do upraw roślinnych.

W ciągu ostatnich lat rolnicy obserwują coraz bardziej niestabilne warunki pogodowe, tj.:

- ◆ długotrwałe okresy suszy;
- ◆ nagłe i intensywne opady prowadzące do zalewania pól;
- ◆ postępujące zasolenie gleb, szczególnie w rejonach z nawadnianiem;
- ◆ wahania temperatur wpływające na aktywność mikrobiologiczną gleby.



Rys. 1. Czynniki wpływające na środowisko glebowe (opracowanie własne na podstawie [1])

Susza i zasolenie gleb są jednymi z największych problemów rolnictwa, a powódzie/podtopienia powodują znaczące zmiany w mikrobiomie gleby i duże straty w uprawach [3]. Przyjmuje się, że 10–12% gruntów rolnych na świecie jest dotkniętych nadmierną wilgocią i/lub ograniczeniami w odwadnianiu gleby [4]. Zjawiska pogodowe znacząco wpływają na rośliny, faunę i florę glebową, a te z kolei oddziałują na globalny cykl biogeochemiczny i usługi ekosystemowe, takie jak poziom plonowania roślin w systemach rolniczych [5]. Zmiana klimatu wpływa na wszystkie aspekty: gospodarczy, energetyczny, ekosystemy i zasoby wodne. Susze i powódzie mają bardzo szeroki zakres skutków społecznych i ekonomicznych, a ich wpływ na rolnictwo wiąże się z zakłóceniem łańcuchów dostaw [6].

Dbłość o glebę daje producentom rolnym możliwość użytkowania jej w wieloletnich cyklach, co gwarantuje uzyskiwanie wysokich plonów o pożądanej jakości. Jednak utrzymywanie gleby w stanie wysokiej kultury oraz odpowiedniej dla uprawianych roślin żyzności wymaga prowadzenia produkcji z poszanowaniem zasobów naturalnych środowiska. Strategia UE w zakresie gleby na 2030 rok zakłada, że do 2050 roku wszystkie ekosystemy glebowe UE będą zdrowe i będą mogły świadczyć kluczowe usługi, a także zredukowane zostaną zanieczyszczenia gleby do poziomów bezpiecznych dla zdrowia ludzi [7]. Osiągnięcie tych celów może być możliwe dzięki wprowadzeniu praktyk zrównoważonego rolnictwa, w tym stosowanie naturalnych, ekologicznych preparatów do wspomagania wzrostu roślin w celu redukcji stosowania związków mineralnych.

Niniejsze opracowanie ma na celu zaprezentowanie zagrożeń związanych z ekstremalnymi wahaniami wilgotności gleby oraz jej zasoleniem dla różnych gatunków roślin, a także określenie możliwości ich ograniczania metodami agrotechnicznymi z uwzględnieniem stosowania preparatów mikrobiologicznych.

Wpływ wilgotności gleby i jej zmian na środowisko glebowe

Wilgotność gleby definiuje się jako zawartość wody w glebie. Jest ona jednym z najważniejszych parametrów fizycznych w rolnictwie, ponieważ ma bezpośredni wpływ na wzrost roślin [8]. W glebie zmagazynowana jest pewna ilość wody, która zmienia się w czasie i przestrzeni. Zależy ona od właściwości gleby, rodzaju roślinności, intensywności parowania, ilości i rozkładu opadów oraz nawadniania w przypadku gruntów ornych. Naturalne wahania wilgotności związane ze zmianami sezonowymi i opadami atmosferycznymi są ważnym czynnikiem środowiskowym w metabolizmie mikroorganizmów [9]. W ostatnich latach w Europie wzrasta częstotliwość występowania powodzi i okresowych podtopień oraz wydłużają się okresy suszy. Stres wodny spowodowany tymi zjawiskami wpływa na glebę, mikroorganizmy glebowe i rośliny [10].

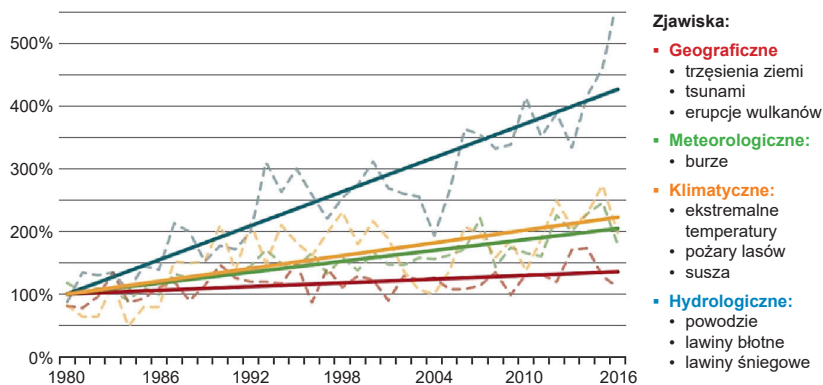
Susza, czyli spadek zawartości wody w glebie, może powodować wzrost ciśnienia osmotycznego gleby i powstanie roztworu hipertonicznego, co skutkuje wysychaniem komórek mikroorganizmów oraz ograniczeniem ich aktywności i wzrostu [11]. Brak wody ogranicza również procesy mineralizacji węgla i azotu, a to powoduje zwiększenie gęstości roztworu glebowego i wzrost pH gleby. W przypadku suszy następuje również zmiana obiegu kluczowych składników odżywczych, takich jak: N, C i P [12]. Susza glebowa wpływa negatywnie także na wzrost, rozwój i plonowanie roślin.

Nadmierna wilgotność gleby spowodowana powodzią, roztopami lub intensywnymi opadami deszczu również powoduje zmiany w strukturze i aktywności mikrobiomu glebowego. Zwiększona wilgotność związana jest ze zmniejszoną dyfuzją tlenu i azotu w glebie [13] oraz rozwojem drapieżników żerujących na bakteriach. W warunkach beztlenowych w glebie dostępność mikro- i makroelementów jest od

dwóch do czterech razy mniejsza niż w środowisku dobrze natlenionym. Badania Francioligo i in. [10] wykazały, że stres hydrologiczny (powódź) powoduje restrukturyzację mikrobiomu pszenicy jarej oraz wpływa szkodliwie na kondycję i wydajność roślin. Wykazano również, że powódź zmniejsza plon pszenicy jarej o 10–50%.

Stres hydrologiczny jest jednym z głównych stresów abiotycznych i bezpośrednio wpływa na wzrost roślin oraz na ich plony [14]. Zmiany stanu wody w układach gleba–korzeń–liść wpływają negatywnie na różne procesy fizjologiczne, takie jak intensywność wymiany gazowej i fotosyntezy w liściach, uszkodzenia błon czy zawartość chlorofilu [15–16].

Naukowcy wskazują, że choć wszystkie rodzaje zjawisk – geofizyczne, meteorologiczne, hydrologiczne i klimatyczne – występują coraz częściej na świecie, to największy wzrost odnotowano w przypadku zjawisk hydrologicznych, takich jak powódzie, lawiny błotne i śnieżne (rys. 2). W ciągu ostatnich trzech dekad liczba ekstremalnych zjawisk pogodowych, w tym zjawisk hydrologicznych, wzrosła w Europie o 60%, a ich oddziaływanie na środowisko obejmuje bardzo szeroki zakres [17–18].



Rys. 2. Tendencje występowania różnych zjawisk na świecie w latach 1980–2016 (opracowanie własne na podstawie [17])

Wpływ zasolenia na jakość gleby i uprawę roślin

Odczyn gleby i jej zasobność w sole stanowią istotny czynnik regulujący mikrobiom glebowy oraz obieg składników pokarmowych. Zasolenie roztworu glebowego wpływa na potencjał osmotyczny oraz stabilność strukturalną gleby [8]. Gleba może być zasolona w sposób naturalny, pierwotny. Dotyczy to gleb, w których materiał macierzysty jest bogaty w sole rozpuszczalne. Zasolenie wtórne to konsekwencja działalności człowieka. Związane jest ze złym nawadnianiem i odwadnianiem gleby, zanieczyszczeniami chemicznymi, nieprawidłowym nawożeniem nawozami mineralnymi, a w niektórych rejonach nawadnianiem wodą morską. Dodatkowym czynnikiem jest stosowanie soli drogowej w okresie zimowym, co powoduje transfer soli do gleb przydrożnych. Występowanie w Polsce niewielkich opadów w okresie wiosennym potęguje ten efekt, ponieważ sól nie jest wtedy wymywana, tylko akumuluje się w glebie. Bardzo niebezpiecznym pomysłem, który pojawił się w roku 2022 było zastosowanie soli w celu ochrony dróg przed wysokimi temperaturami. Eksperyment przeprowadzony przez holenderskich badaczy wykazał, że takie postępowanie umożliwia nieznaczne schłodzenie nawierzchni, co ma ją chronić przed deformacjami.

Wysokie stężenia jonów soli (np. Na^+ , Cl^-) są szkodliwe dla roślin, a samo zasolenie zmniejsza aktywność mikroorganizmów [19]. Zjawisko nadmiernego stężenia soli zakłóca rozwój roślin, ograniczając pobieranie składników pokarmowych i wody. Występuje tzw. susza fizjologiczna. Może również nastąpić brunatnienie, zasychanie i opadanie liści. Stres osmotyczny spowodowany zasoleniem prowadzi do wysuszenia i lizy komórek. Tym samym zmniejsza się również zawartość biomasy mikroorganizmów w glebie [20]. Niektóre mikroorganizmy mają zdolność adaptacji lub tolerancji zasolenia w glebie poprzez syntezę i akumulację osmoprotektantów. Mikroorganizmy zwa-

ne halofitami są szczególnie przystosowane do wysokich stężeń soli w glebie. Wytwarzają one enzymy odporne na działanie soli oraz gromadzą w swoich komórkach sól w ilościach odpowiadających w przybliżeniu stężeniom pozakomórkowym.

Zasolenie gleb i wód wzrasta gwałtownie w wyniku czynników antropogenicznych, a jest ono jednym z najważniejszych stresorów abiotycznych [21]. Szacuje się, że w Polsce około 5 500 ha gruntów jest zasolonych, w szczególności na terenie województw kujawsko-pomorskiego i śląskiego. W latach 1995–2015 zgodnie z Monitoringiem chemizmu gleb ornych Polski [22] obserwowano w Polsce wzrost udziału gleb zasolonych. Na świecie problem zasolenia gleb dotyczy około 833 mln ha (~9%), głównie na obszarze Rosji, Kazachstanu i Australii. Szacunki określają roczne straty związane z zasoleniem gleb na około 27,3 mld dolarów. Prognozy wskazują, że zasolenie ma być odpowiedzialne za utratę 30% powierzchni ziemi w ciągu najbliższych 25 lat, a w ciągu 35 lat – nawet 50% [23].

Znaczenie preparatów mikrobiologicznych w rolnictwie

W ostatnich latach nastąpił rozwój rolnictwa ekologicznego oraz stosowania metod biologicznych w uprawie roślin. Wśród tych praktyk można wymienić stosowanie preparatów zawierających pożyteczne mikroorganizmy. Oczywiście istnieją zarówno pozytywne, jak i negatywne opinie dotyczące preparatów mikrobiologicznych, jednakże można znaleźć badania potwierdzające korzystny wpływ tych preparatów na wzrost wegetatywny roślin i poprawę ogólnej kondycji roślin, co przyczynia się do większej ich odporności na choroby. Mimo różnych opinii o samych preparatach nie można zaprzeczyć, że potencjał mikroorganizmów do wspomagania wzrostu roślin jest znaczący. Preparaty mikrobiologiczne mogą być aplikowane różnymi metodami oraz charakteryzować się różnymi strategiami działania. Wśród nich wyróżniamy przede wszystkim preparaty do ograniczania rozwoju patogenów i szkodników oraz biostymulatory do stymulowania wzrostu i plonowania niektórych roślin uprawnych [24].

Niektóre mikroorganizmy posiadają zdolność do produkcji osmoprotektantów bądź egzopolimerów, które chronią komórki przed stresem osmotycznym. To właśnie ten stres występuje w komórkach roślinnych, gdy dochodzi do zachwiania warunków hydrologicznych w glebie bądź kontaktu z solą.

Osmoprotektanty to cząsteczki, które wyrównują różnicę osmotyczną między organizmem zewnątrz- i wewnątrzkomórkowym, nie zakłócając przy tym funkcji enzymatycznych białek ani innych biomolekuł [25]. Najbardziej znane z produkcji osmoprotektantów są bakterie halofilne i halotolerancyjne. Badania wykazały, że osmoprotektanty bakteryjne są w stanie zwiększyć odporność roślin na suszę [26]. Zastosowanie bakterii zdolnych do produkcji osmoprotektantów jako bioinokulatów również może pomóc roślinom wrażliwym na stresy abiotyczne. Podjęto próbę dodawania egzogennych osmoprotektan-

tów bezpośrednio do gleby bądź aplikowanie ich na liście w momencie wystąpienia stresu. Badania wykazały, że dodatek egzogennych osmoprotektantów do gleby wpłynął na poprawę zawartości proliny i azotu w liściach soi oraz na zwiększenie plonu nasion w warunkach stresu suszy [27].

Egzopolimery (EPS) to polimery złożone głównie z polisacharydów, białek strukturalnych, enzymów, kwasów nukleinowych, lipidów, wydzielane przez mikroorganizmy na zewnątrz komórek [28]. Są one produkowane przez bakterie, cyjanobakterie, drożdże czy protisty. Egzopolimery mają śluzową konsystencję i pełnią szereg funkcji, np. pomagają mikroorganizmom w tworzeniu kolonii oraz przywieraniu do powierzchni. Większość funkcji, jakie przypisuje się EPS-om jest związana z ochroną produkujących je mikroorganizmów, co potwierdza wzmożona produkcja tych związków w odpowiedzi na stresy środowiskowe (np. susza, wysoka temperatura, zasolenie) [29]. Potwierdzono produkcję EPS-ów przez bakterie m.in. z rodzaju *Pseudomonas*, które wykazują również szereg innych właściwości bakterii promujących wzrost roślin (PGPB). Wykazano, że zastosowanie bakterii z rodzaju *Pseudomonas* poprawiało zdrowie i nawodnienie pszenicy oзимej [11]. Jedną z poznanych funkcji EPS-ów jest zdolność do agregacji cząstek glebowych, co wpływa bezpośrednio na strukturę gleby [30].

Mikroorganizmy stanowiące główne komponenty biopreparatów (nawozowych produktów mikrobiologicznych, biostymulatorów) bezpośrednio i pośrednio poprawiają kondycję roślin w warunkach stresowych [32]. Ich obecność w glebie może zwiększać retencję wody oraz obniżać toksyczność soli. Dostępność preparatów mikrobiologicznych w Polsce szybko rośnie. Coraz częściej stosuje się biostymulatory oparte na mikroorganizmach, których działanie potwierdzono w badaniach polowych (np. *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Trichoderma* sp.).

Zastosowanie współczesnych aparatów mikrobiologicznych pozwala na osiągnięcie wymiernych korzyści, tj.:

- ◆ redukcję nawożenia mineralnego o 20–40%;
- ◆ zwiększenie plonów w warunkach suszy o 10–30%;
- ◆ poprawę zdrowotności gleby długofalowo.

W przyszłości możliwe jest tworzenie dedykowanych konsorcjów mikroorganizmów przeznaczonych do konkretnych poziomów zasolenia bądź stresu wodnego. Perspektywą jest również tworzenie mieszanek mikroorganizmów dopasowanych do konkretnej gleby. Należy się również spodziewać, że z czasem analiza mikrobiomu gleby będzie traktowana jako rutynowa usługa rolnicza.

Metody minimalizowania wpływu zmian klimatu i zasolenia na uprawę roślin

Niepodważalny jest negatywny wpływ na glebę ekstremalnych warunków jej wilgotności oraz zasolenia. W celu ochrony uprawy roślin oraz minimalizowania skutków tych zjawisk rolnicy poszukują różnych rozwiązań.

Działania w warunkach nadmiernej wilgotności

Ochrona przeciwpowodziowa zaczyna się od racjonalnego zagospodarowania terenu, tj.: rowy melioracyjne, zbiorniki, kanalizacja burzowa, obwałowania, pogłębianie rzek itp. Większości szkód powodziowych można uniknąć poprzez staranne planowanie zagospodarowania przestrzennego wzdłuż rzek.

Na terenach zagrożonych występowaniem nadmiernej wilgotności o glebę można zadbać poprzez następujące działania [31, 33]:

- ◆ sprawną meliorację i odprowadzanie wody;
- ◆ podniesione zagony przy uprawie gatunków wrażliwych (m.in. warzyw);
- ◆ zabiegi poprawiające strukturę gleby i zawartość próchnicy;
- ◆ unikanie ugniatania gleby ciężkim sprzętem;
- ◆ uprawę pasów zieleni;
- ◆ uprawę roślin fitomelioracyjnych (np. jęczmień, komosa, rośliny bobowate);
- ◆ uprawę roślin bardziej przystosowanych do wysokiej wilgotności (m.in. rośliny stosowane do produkcji biomasy: wierzba, różne gatunki traw, trzcina energetyczna/chińska).

Działania w warunkach suszy

Rolnicy mogą dokonać niewielkiej, ale znaczącej poprawy odporności gleby na suszę poprzez inwestycje i działania zwiększające jej zdolność do zatrzymywania wilgoci. Opiera się to przede wszystkim na stosowaniu praktyk zwiększających materię organiczną gleby przy jednoczesnym ograniczeniu utraty wilgoci.

W sytuacji stresu wodnego stosuje się poniższe zabiegi [33–34]:

- ◆ zmianę sposobu uprawy roślin – stosowanie uprawy pasowej, uproszczonej lub siewu bezpośredniego, międzyplony;
- ◆ dobór odmian roślin sucholubnych i odpornych na stres wodny;
- ◆ ściółkowanie/mulczowanie – pozostawianie resztek poźniwnych, by zabezpieczać glebę przed wysychaniem;
- ◆ dostosowanie terminów sadzenia i zbiorów roślin;
- ◆ działania mające na celu poprawę struktury gleby i zwiększanie materii organicznej (obornik, kompost);
- ◆ uprawę roślin fitomelioracyjnych (np. jęczmień, komosa, rośliny bobowate);
- ◆ sadzenie drzew;
- ◆ efektywne metody nawadniania (kropelkowe/podsiąkowe).

Działania w warunkach zasolenia

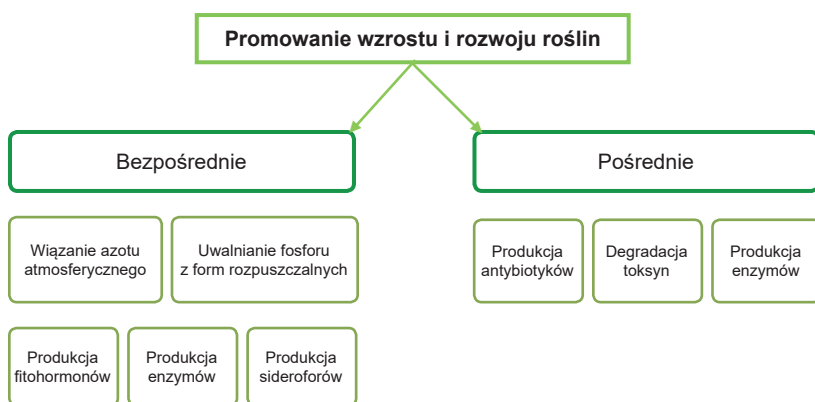
Wzrostowi zasolenia w glebie można zapobiegać przede wszystkim poprzez ograniczenie stosowania nawozów mineralnych oraz wód słonych do nawadniania pól. Kolejnym krokiem jest rekultywacja. Proces ten może się odbywać między innymi poprzez zalesianie terenów zasolonych – drzewa są bardziej tolerancyjne na stres solny niż rośliny zielne, a niektóre z nich (np. *Betulaceae*) mogą być wykorzystywane do fitoremiediacji [35]. Obok drzew cechy adaptacyjne do zasolenia wykazują niektóre grzyby mykoryzowe, które mogą również zwiększać tolerancję roślin na zasolenie, np. poprzez aktywację mechanizmów obronnych, co może być wykorzystywane w rolnictwie do promowania wzrostu roślin i tolerancji na sól [36].

W celu uniknięcia zasolenia gleb bądź w celu poprawy jej jakości można podejmować następujące kroki:

- ◆ stosować nawadnianie dobrej jakości wodą, unikać wód zasolonych;
- ◆ wypłukiwać sól z gleby poprzez intensywne nawadnianie połączone z odpowiednią melioracją;
- ◆ stosować wapno i gips (CaSO_4), który wymienia Na^+ na Ca^{2+} ;
- ◆ przeprowadzać fitoremediację z wykorzystaniem roślin bądź bioremediację z wykorzystaniem mikroorganizmów;
- ◆ stosować rośliny fitomelioracyjne (np. jęczmień, komosa, lucerna i inne rośliny bobowate);
- ◆ dodawać materię organiczną;
- ◆ uprawiać rośliny o zwiększonej odporności na zasolenie (np. buraki, koniczyna czerwona, jęczmień).

Znaczenie mikroorganizmów glebowych w warunkach stresowych

Mikroorganizmy mogą zwiększać odporność roślin na skrajne warunki wilgotnościowe oraz zasolenie gleby. Działanie to może być pośrednie bądź bezpośrednie (rys. 3).



Rys. 3. Oddziaływanie mikroorganizmów na rośliny (opracowanie własne na podstawie [32])

Właściwości mikroorganizmów glebowych (tab. 1) nie tylko umożliwiają im przetrwanie niekorzystnych warunków środowiska, ale również wspomagają rośliny, inne mikroorganizmy i samą glebę.

Tabela 1. Grupy mikroorganizmów o największym znaczeniu dla uprawy roślin (opracowanie własne na podstawie [32])

Mikroorganizm	Właściwości	Przykłady
<i>Azotobacter</i> sp.	wolno żyjące bakterie wiążące azot atmosferyczny i udostępniające go roślinom w formie przyswajalnej; syntetyzują i wydzielają znaczne ilości substancji biologicznie czynnych stymulujących wzrost i rozwój roślin (m.in. auksyny, gibereliny, siderofory); mają zdolność do solubilizacji fosforu, potasu, cynku	<i>Azotobacter chroococcum</i> <i>Azotobacter vinelandii</i>
<i>Rhizobium</i> sp.	bakterie brodawkowe, bakterie symbiotyczne – współżyją z roślinami bobowatymi; wiążą azot atmosferyczny w symbiozie z korzeniami roślin bobowatych	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>Bradyrhizobium japonicum</i> <i>Sinorhizobium meliloti</i>
<i>Bacillus</i> sp.	produkcja związków przeciwbakteryjnych, przeciwinsektycydowych i przeciwgrzybowych; produkcja fitohormonów; zwiększanie dostępności składników odżywczych dla rośliny lub innych bakterii; produkcja substancji zwiększających odporność rośliny na stres; bioremediacja gleb	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus circulans</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus licheniformis</i>

cd. tab. 1

Mikroorganizm	Właściwości	Przykłady
Bakterie fosforowe	<p>grupa bakterii glebowych, głównie ryzosferowych, zdolna hydrolizować fosfor organiczny;</p> <p>stanowią od 1 do 50% całkowitej populacji mikroorganizmów solubilizujących fosforany w glebie;</p> <p>produkcja fitohormonów;</p> <p>pobudzanie odporności roślin na stresy</p>	<p><i>Azospirillum</i></p> <p><i>Bacillus</i></p> <p><i>Pseudomonas</i></p> <p><i>Nitrosomonas</i></p> <p><i>Serratia</i></p> <p><i>Rhizobium</i></p> <p><i>Xanthomonas</i></p>
Bakterie kwasu mlekowego	<p>grupa bakterii zdolnych do beztlenowej fermentacji mlekowej;</p> <p>produkcja wielu metabolitów;</p> <p>aktywność przeciwdrobnoustrojowa: przeciwgrzybowa i przeciwbakteryjna;</p> <p>obniżenie pH</p>	<p><i>Lactobacillus</i></p> <p><i>Enterococcus</i></p> <p><i>Pediococcus</i></p> <p><i>Lactococcus</i></p>
Grzyby mykoryzowe	<p>ograniczenie transportu metali ciężkich do gospodarza roślinnego;</p> <p>ograniczenie transportu soli do rośliny;</p> <p>ochrona przed patogenami;</p> <p>zwiększanie wymiany gazowej, stosunku wody w liściach, przewodnictwa w aparatach szparkowych oraz szybkości transpiracji;</p> <p>produkcja glikoprotein</p>	<p><i>Acaulospora</i></p> <p><i>Glomus</i></p> <p><i>Gigaspora</i></p> <p><i>Basidiomycotina</i></p> <p><i>Ascomycotina</i></p>
<i>Trichoderma</i> sp.	<p>biologiczna ochrona roślin;</p> <p>produkcja hormonów wzrostu roślin, sideroforów, antybiotyków;</p> <p>rozpuszczanie i udostępnianie roślinom różnych składników (fosforany, żelazo, miedź, mangan i cynk);</p> <p>wzbudzanie mechanizmów obronnych w roślinach</p>	<p><i>Trichoderma virens</i></p> <p><i>Trichoderma viride</i></p> <p><i>Trichoderma harzianum</i></p>

Mikrobiologiczne metody minimalizowania wpływu zmian wilgotności gleby na uprawę roślin

Mikroorganizmy mogą znacząco zwiększyć odporność roślin na skrajne warunki wilgotnościowe [36]. Wśród grup mikroorganizmów istotnych przy stresie wodnym znajdują się grzyby mykoryzowe oraz bakterie z grupy PGPR, czyli bakterie ryzosferowe wspierające wzrost roślin (ang. *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*).

Grzyby mykoryzowe nawet kilkukrotnie zwiększają powierzchnię chłonną korzeni, ułatwiają pobieranie fosforu, mikroelementów i wody oraz stabilizują strukturę gleby poprzez produkcję glomaliny. Obecność tych grzybów działa wspierająco na rośliny w warunkach stresu suszy (tab. 2).

Bakterie promujące wzrost roślin to między innymi: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* (tab. 1–3). Ich oddziaływanie na rośliny obejmuje poniższe korzyści:

- ◆ produkcję kwasu abscysynowego (ABA) – hormonu regulującego zamykanie aparatów szparkowych;
- ◆ zwiększenie pobierania wody (rozbudowa systemu korzeniowego);
- ◆ tworzenie biofilmów poprawiających retencję wody w ryzosferze;
- ◆ produkcję egzopolimerów i osmoprotektantów chroniących komórki roślinne przed stresem osmotycznym.

Tabela 2. Przykłady mikroorganizmów wspierających rośliny w warunkach suszy (opracowanie własne na podstawie [37–39])

Mikroorganizm	Działanie	Roślina testowa
<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> (bakteria)	wzrost biomasy roślin; wyższy poziom wymiany gazowej; wyższy plon; pozytywna regulacja niektórych genów obronnych	<i>Oryza sativa</i> (ryż siewny)
<i>Pseudomonas</i> sp. (bakteria)	produkcja sideroforów; produkcja EPS; zwiększona aktywność deaminazy 1-aminocyklopropano-1-karboksylanowej (ACC); poprawa zdrowia i nawodnienia roślin	<i>Triticum aestivum</i> (pszenica ozima)
<i>Microbacterium</i> sp. (bakteria)	wyższa względna zawartość wody; wyższa świeża i sucha masa roślin; wzrost wewnątrzkomórkowego stężenia trehalozy; wzrost zawartości cukrów, takich jak: trehaloza, melibioza, fruktoza i glukoza	<i>Capsicum annuum</i> (papryka)
<i>Bacillus megaterium</i> (bakteria)	zwiększona produkcja etanoloaminy, która jest prekursorem glicyny betainy i proliny	<i>Solanum lycopersicum</i> (pomidor)
<i>Bacillus</i> oraz <i>Pseudomonas</i> (bakteria)	poprawa wzrostu siewek soi	<i>Glycine max</i> (soja)
<i>Rhizophagus irregularis</i> (grzyb)	zwiększony wzrost cykorii; wyższy procent inuliny	<i>Cichorium intybus</i> L. (cykoria)

Mikroorganizm	Działanie	Roślina testowa
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (bakteria)	wzrost świeżej i suchej masy roślin	<i>Catharanthus roseus</i> (barwinek różowy)
<i>Bacillus</i> sp. (bakteria)	zwiększenie biomasy roślin; zwiększenie potencjału wodnego, poprawa stabilności agregatów glebowych	<i>Zea mays</i> (kukurydza)

Tabela 3. Przykłady mikroorganizmów wspierających rośliny w warunkach nadmiernej wilgotności (opracowanie własne na podstawie [40–42])

Mikroorganizm	Działanie	Roślina testowa
<i>Pseudomonas veronii</i> (bakteria)	łagodzenie uszkodzeń związanych ze stresem wodnym poprzez poprawę zawartości chlorofilu i biomasy roślin	<i>Sesamum indicum</i> (sezam)
<i>Achromobacter xylosoxidans</i> , <i>Herbaspirillum seropedicae</i> , <i>Serratia ureilytica</i> , <i>Ochrobactrum rhizosphaerae</i> (bakteria)	wzrost plonów o około 45% w porównaniu z roślinami niezaszczepionych w warunkach podmokłych	<i>Ocimum sanctum</i> (bazylia)
<i>Pseudomonas</i> sp. (bakteria)	łagodzenie warunków niedotlenienia	<i>Cucumis sativus</i> (ogórek) <i>Lycopersicon esculentum</i> (pomidor) <i>Brassica napus</i> (rzepak)
<i>Mesorhizobium ciceri</i> z genem deaminazy ACC z <i>Pseudomonas putida</i> (bakteria GMO)	promocja wzrostu i wysoka zdolność nodulacji u ciecierzycy w warunkach stresowych	<i>Cicer arietinum</i> (ciecierzyca)

Mikrobiologiczne metody minimalizowania wpływu zasolenia gleby na uprawy

Zasolenie powoduje stres osmotyczny i toksyczność jonów (Na^+ , Cl^-). Mikroorganizmy, szczególnie halotolerancyjne, mogą ograniczać te problemy (tab. 4). Wśród bakterii halotolerancyjnych można wymienić: *Halomonas*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*. Ich właściwości to przede wszystkim produkcja enzymów i metabolitów chroniących roślinę oraz regulacja dostępności i poboru jonów w strefie korzeniowej [25]. Obok bakterii duże znaczenie mają grzyby mykoryzy arbuskularnej, między innymi *Glomus* i *Gigaspora*. Zmniejszają one akumulację sodu w tkankach roślinnych, zwiększają pobór potasu, wapnia i magnezu oraz poprawiają rozwój systemu korzeniowego. Mikroorganizmy mogą być również wykorzystywane do bioremediacji terenów zasolonych. Niektóre gatunki wytwarzają polisacharydy wiążące jony sodu. Inne wydzielają kwasy organiczne poprawiające strukturę gleby i zwiększające dostępność składników odżywczych.

Tabela 4. Przykłady mikroorganizmów wspierających rośliny w warunkach stresu solnego (opracowanie własne na podstawie [25, 43–45])

Mikroorganizm	Działanie	Roślina testowa
<i>Bacillus subtilis</i>	produkcja ACC-deaminazy, auksyny; tworzenie biofilmu	pszenica, pomidor, ryż
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	synteza sideroforów, fitohormonów; rozpuszczanie fosforu	pomidor, ogórek, ryż
<i>Azospirillum brasilense</i>	produkcja IAA; wiązanie azotu; poprawa pobierania wody	kukurydza, pszenica, ryż

cd. tab. 4

Mikroorganizm	Działanie	Roślina testowa
<i>Enterobacter cloacae</i>	ACC-deaminaza; wiązanie azotu; poprawa wzrostu korzeni	pomidor, rzodkiew, kapusta
<i>Halomonas spp.</i>	halotolerancja; produkcja osmoprotektantów	lucerna, ryż, jęczmień
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	wiązanie azotu; symbioza z roślinami bobowatymi	groch, lucerna, soja
<i>Paenibacillus polymyxa</i>	rozpuszczanie fosforu; produkcja cytokininy i IAA	pszenica, pomidor, rzodkiew

Podsumowanie

Niniejsze opracowanie podkreśla kluczowe znaczenie właściwości gleby, zwłaszcza jej zdolności retencyjnych, strukturalnych oraz biologicznych, dla efektywności produkcji rolniczej. Analiza dostępnych danych potwierdza, że zmienność warunków środowiskowych, w tym ekstremalne wahania wilgotności oraz rosnące zasolenie gleb, stanowią istotne czynniki stresowe, które determinują funkcjonowanie agrosystemów.

Wykazano, że zarówno deficyt, jak i nadmiar wody prowadzą do znaczących zmian w procesach fizykochemicznych i biologicznych zachodzących w glebie. Stres hydrologiczny negatywnie wpływa na aktywność mikrobiologiczną, dostępność składników pokarmowych oraz procesy metaboliczne roślin, co w konsekwencji obniża produktywność upraw. Podobnie zasolenie gleby, poprzez zaburzenia potencjału osmotycznego i toksyczność jonową, ogranicza wzrost i rozwój roślin oraz modyfikuje strukturę i funkcjonowanie mikrobiomu glebowego.

Przedstawione informacje wskazują, że ograniczanie negatywnych skutków tych zjawisk wymaga wdrażania zintegrowanych strategii zarządzania glebą. Kluczowe są działania mające na celu poprawę struktury gleby, zwiększenie zawartości materii organicznej, optymalizację gospodarki wodnej oraz racjonalizację nawożenia. Zastosowanie biopreparatów oraz dalszy rozwój i wdrażanie technologii opartych na wykorzystaniu mikroorganizmów mogą stanowić istotny element adaptacji rolnictwa do współczesnych wyzwań środowiskowych.

Literatura

1. Furtak K., Gałązka A. (2019): Edaphic factors and their influence on microbiological biodiversity of the soil environment. *Advancements of Microbiology-NY*, 58(4): 375-384.
2. Rockström J., Steffen W., Noone K., et al. (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475.
3. Furtak K., Grządziel J., Gałązka A., Niedźwiecki J. (2020): Prevalence of unclassified bacteria in the soil bacterial community from floodplain meadows (fluvisols) under simulated flood conditions revealed by a metataxonomic approach. *Catena*, 188, 104448.
4. Kaur G., Singh G., Motavalli P.P., et al. (2020): Impacts and management strategies for crop production in Waterlogged/Flooded soils: A review. *Agronomy Journal*, 112: 1475-1501.
5. Vanbergen A.J. (2013): Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11: 251-259.
6. He X., Pan Z., Wei E., et al. (2020): A Global Drought and Flood Catalogue from 1950 to 2016. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101: E508-E535.
7. EU Soil Strategy for 2030: https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy_pl
8. Furtak K., Wolińska A. (2023): The impact of extreme weather events as a consequence of climate change on the soil moisture and on the quality of the soil environment and agriculture – A review. *Catena*, 231, 107378.
9. Moche M., Gutknecht J., Schulz E., et al. (2015): Monthly dynamics of microbial community structure and their controlling factors in three floodplain soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 90: 169-178.
10. Francioli D., Cid G., Kanukollu S., et al. (2021): Flooding Causes Dramatic Compositional Shifts and Depletion of Putative Beneficial Bacteria on the Spring Wheat Microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 12, 773116.
11. Pascual I., Antolín M.C., García C., et al. (2007): Effect of water deficit on microbial characteristics in soil amended with sewage sludge or inorganic fertilizer under laboratory conditions. *Bioresource Technology*, 98(1): 29-37.
12. Zhang H., Shi L., Lu H., et al. (2020): Drought promotes soil phosphorus transformation and reduces phosphorus bioavailability in a temperate forest. *Science of the Total Environment*, 732, 139295.

13. Borowik A., Wyszowska J. (2016): Soil moisture as a factor affecting the microbiological and biochemical activity of soil. *Plant Soil Environment*, 62(6): 250-255.
14. Zhou W., Guan K., Peng B., et al. (2020): Connections between the hydrological cycle and crop yield in the rainfed U.S. Corn Belt. *Journal of Hydrology*, 590, 125398.
15. Pieczynski M., Wyrzykowska A., Milanowska K., et al. (2018): Genomewide identification of genes involved in the potato response to drought indicates functional evolutionary conservation with *Arabidopsis* plants. *Plant Biotechnology Journal*, 16(2): 603-614.
16. Grzesiak M.T., Hordyńska N., Maksymowicz A., et al. (2019): Variation Among Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes in Response to the Drought Stress. II – Root System Structure. *Plants*, 8, 584.
17. European Academies Science Advisory Council (2018): New data confirm increased frequency of extreme weather events; European national science academies urge further action on climate change adaptation. 1980, 2–5. <https://easac.eu/>
18. Weiskopf S.R., Rubenstein M.A., Crozier L.G., et al. (2020): Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of the Total Environment*, 733, 137782.
19. Andronov E.E., Petrova S.N., Pinaev A.G., et al. (2012): Analysis of the structure of the microbial community in soils with different degrees of salinization using T-RFLP and real-time PCR techniques. *Eurasian Soil Science*, 45: 147-156.
20. Riets D.N., Haynes R.J. (2003): Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(6): 845-854.
21. Chen H., Liang Q., Liang Z., et al. (2019): Remote-sensing disturbance detection index to identify spatio-temporal varying flood impact on crop production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 269–270: 180-191.
22. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski: https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/
23. Chandrasekaran M., Boughattas S., Hu S., et al. (2014): A meta-analysis of arbuscular mycorrhizal effects on plants grown under salt stress. *Mycorrhiza*, 24(8): 611-625.
24. Martyniuk S. (2011): Effective and ineffective microbiological preparations used in the protection and cultivation of plants and reliable and unreliable methods of their assessment. *Postępy Mikrobiologii*, 50: 321-328.

25. Goszcz A., Furtak K., Stasiuk R., et al. (2025): Bacterial osmoprotectants – a way to survive in saline conditions and potential crop allies. *FEMS Microbiology Reviews*, *uafo020*.
26. Morcillo R.J.L., Vilchez J.I., Zhang S., et al. (2021): Plant Transcriptome Reprograming and Bacterial Extracellular Metabolites Underlying Tomato Drought Resistance Triggered by a Beneficial Soil Bacteria. *Metabolites*, *11(6)*:369.
27. Sabagh A.E., Hossain A., Barutcular C., et al. (2019): Effects of drought stress on the quality of major oilseed crops: Implications and possible mitigation strategies – A review. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17(2)*: 4019-4043.
28. Wingender J., Neu T.R., Flemming H.C. (1999): What are Bacterial Extracellular Polymeric Substances? In: Wingender J., Neu T.R., Flemming H.C. (eds), *Microbial Extracellular Polymeric Substances*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 1-19.
29. Sandhya V., Ali S.Z. (2015): The production of exopolysaccharide by *Pseudomonas putida* GAP-P45 under various abiotic stress conditions and its role in soil aggregation. *Microbiology*, *84*: 512-519.
30. Costa O.Y.A., Raaijmakers J.M., Kuramae E.E. (2018): Microbial Extracellular Polymeric Substances: Ecological Function and Impact on Soil Aggregation. *Frontiers in Microbiology*, *9*, 1636.
31. McCarthy N., Kilic T., Brubaker J., et al. (2021): Droughts and floods in Malawi: impacts on crop production and the performance of sustainable land management practices under weather extremes. *Environment and Development Economics*, *26(5-6)*: 432-449.
32. Preparaty mikrobiologiczne w rolnictwie i ochronie środowiska. Praca zbiorowa pod redakcją A. Gałązki i J. Podleśnego. *Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB, Puławy 2024*, *66*: 1-204.
33. Zilverberg C.J., Johnson W.C., Owens V., et al. (2014): Biomass yield from planted mixtures and monocultures of native prairie vegetation across a heterogeneous farm landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *186*: 148-159.
34. Wallander S., et al. (2013): The Role of Conservation Programs in Drought Risk Adaptation. *Economic Research Report No. ERR-148*
35. Diagne N., Arumugam K., Ngom M., et al. (2013): Use of Frankia and Actinorhizal Plants for Degraded Lands Reclamation. *BioMed Research International*, *9*, 948258, 9.

36. Thiem D., Tyburski J., Golebiewski M., Hryniewicz K. (2020): Halotolerant fungi stimulate growth and mitigate salt stress in *Alnus glutinosa* Gaertn. *Dendrobiology*, 83: 30-42.
37. Vurukonda S.S., Vardharajula S., Shrivastava M., SkZ A. (2016): Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 184: 13-24.
38. Timmusk S., Paalme V., Pavlicek T., Bergquist J., Vangala A., Danilas T., et al. (2011): Bacterial Distribution in the Rhizosphere of Wild Barley under Contrasting Microclimates. *PLoS ONE*, 6(3): e17968.
39. Karnwal A., Shrivastava S., Al-Tawaha A.R.M.S., et al. (2024): PGPR-Mediated Breakthroughs in Plant Stress Tolerance for Sustainable Farming. *Journal of Plant Growth Regulation*, 43: 2955-2971.
40. Ali S., Kim WC. (2018): Plant Growth Promotion Under Water: Decrease of Waterlogging-Induced ACC and Ethylene Levels by ACC Deaminase-Producing Bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1096.
41. Nascimento F.X., Brígido C., Glick B.R., Oliveira S., Alho L. (2012): *Mesorhizobium ciceri* LMS-1 expressing an exogenous 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase increases its nodulation abilities and chickpea plant resistance to soil constraints. *Letters in Applied Microbiology*, 55(1): 15-21.
42. Ali S., Khan M.A., Kim WC. (2018): *Pseudomonas veronii* KJ mitigates flood stress-associated damage in *Sesamum indicum* L. *Applied Biological Chemistry*, 61: 575-585.
43. Shrivastava P., Kumar R. (2015): Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2): 123-131.
44. Paul D., Lade H. (2014): Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34: 737-752.
45. Mayak S., Tirosh T., Glick B.R. (2004): Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42(6): 565-572.

Rozwiązanie OSMO-PROTECT

W Zakładzie Mikrobiologii IUNG-PIB realizowany jest projekt pt. „Opracowanie innowacyjnego preparatu mikrobiologicznego o charakterze osmoprotekcyjnym do wspomagania oraz ochrony roślin uprawnych w warunkach stresu osmotycznego wywołanego zmienną wilgotnością gleby i zasoleniem” w ramach konkursu programu Lider XIV finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

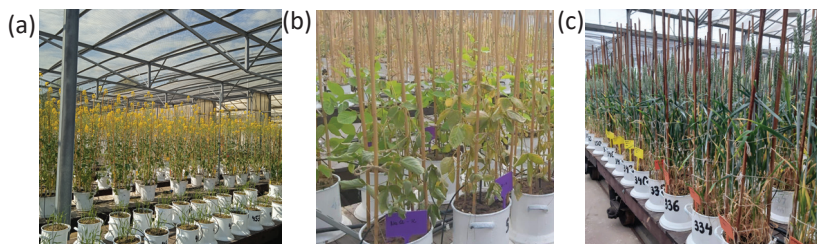
Głównym celem projektu jest opracowanie innowacyjnego biopreparatu ukierunkowanego na przeciwdziałanie skutkom stresu osmotycznego występującego w środowisku glebowym, jako następstwo zmian klimatu i działalności człowieka. Główny cel projektu będzie realizowany poprzez cele szczegółowe, do których należą:

- określenie pełnego potencjału biotechnologicznego wyselekcjonowanych bakterii;
- wybór składu inokulum bakterii – najefektywniejszego pod względem właściwości osmoprotekcyjnych i biostymulujących;
- opracowanie i optymalizacja pełnego składu biopreparatu;
- określenie efektywności zastosowania preparatu w zależności od zastosowanego modelu aplikacji;
- określenie efektywności biopreparatu w warunkach polowych.

Duży areał gruntów rolnych w Polsce, przy jednoczesnym wzroście świadomości rolników w kontekście biologicznych metod wspomagania upraw, wskazuje, że zapotrzebowanie na biopreparaty jest aktualne. Znaczący potencjał zastosowania takiego biopreparatu wynika przede wszystkim z zapotrzebowania rolnictwa na środki wspomagające uprawy w obliczu coraz częściej występujących okresów suszy. Preparat będzie mógł być stosowany również na glebach zasolonych, gdzie stres ogranicza wzrost roślin (rys. 4).

W ramach realizacji projektu OSMO-PROTECT **opracowano dwa biopreparaty**, które wykazują pozytywne oddziaływanie na trzy gatunki roślin testowych (soja, pszenica ozima, rzepak ozimy) (rys. 4): pot-

wierdzono efekt biostymulujący obu prototypów oraz efekt osmo-
protekcyny w warunkach suszy. Opracowane prototypy wykorzystują
naturalne właściwości bakterii glebowych do wsparcia gleby i roślin.



Rys. 4. Doświadczenie na hali wegetacyjnej: (A) soja, (B) pszenica ozima,
(C) rzepak ozimy (zdjęcia własne)

Zespół projektu OSMO-PROTECT składa się ze specjalistów pracują-
cych w 2 jednostkach naukowych: Instytut Uprawy Nawożenia i Gle-
boznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB) i Katolicki
Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II (KUL) oraz w firmie Bioidea.

Kierownik projektu:

- dr hab. Karolina Furtak – kierownik, specjalista ds. biotechnologii (IUNG-PIB);

Skład zespołu B+R:

- mgr Karolina Gawryjotek – specjalista ds. mikrobiologii (IUNG-PIB);
- dr hab. Aleksandra Ukalska-Jaruga – specjalista ds. analiz elementarnych (IUNG-PIB);
- dr Weronika Goraj – specjalista ds. mikrobiologii (KUL);
- mgr inż. Agata Młodzińska – specjalista ds. bioinformatyki (Bioidea);
- dr inż. Marta Wyżińska – specjalista ds. agronomii (IUNG-PIB).

Skład zespołu specjalistów laboratoryjnych:

- dr inż. Jola Bojarszczuk – specjalista ds. analiz roślinnych (IUNG-PIB);
- dr Dariusz Jędrejek – specjalista ds. metabolomiki (IUNG-PIB);
- dr Anna Trojak-Goluch – specjalista ds. przeżywalności bakterii (IUNG-PIB);
- mgr Marlena Maj – technik (IUNG-PIB);
- technicy z Zakładu Mikrobiologii (IUNG-PIB).

Innowacyjny biopreparat osmoprotekcyjny **OSMO-PROTECT**

Wyselekcjonowane, pożyteczne bakterie o działaniu osmoprotekcyjnym i biostymulującym

Skuteczna ochrona roślin przed stresem suszy i zasolenia gleby

Innowacyjny biopreparat wspomagający rośliny w warunkach stresu suszy i zasolenia gleby

Wzbogacenie gleby w materię organiczną, zdrowsze rośliny oraz ograniczenie stosowania nawozów chemicznych i pestycydów

Nowoczesna biotechnologia dla współczesnego rolnictwa

- ✓ Ochrona, regeneracja i stymulacja wzrostu roślin
- ✓ Przeciwdziałanie skutkom suszy i zasolenia gleby
- ✓ Zdrowsze plony i żyzna gleba

Zachęcamy do zapoznania się z projektem
na stronie: www.osmo-protect.pl



Rzeczpospolita
Polska

NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

LIDER