

CZYNNIKI OGRANICZAJĄCE EFEKTYWNOŚĆ BIOPREPARATU „JUWEI” CBI W WARUNKACH GLEBOWYCH POMORZA ZACHODNIEGO

Ewa Kurek¹, Edward Niedźwiecki², Mikołaj Protasowicki³, Anna Słomka¹,
Ewa Ozimek¹

¹ Instytut Mikrobiologii i Biotechnologii, Zakład Mikrobiologii Środowiskowej,
Uniwersytet Marii-Curie Skłodowskiej w Lublinie

² Katedra Gleboznawstwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie

³ Katedra Toksykologii, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wstęp

W naturalnej ryzosferze występuje zawsze dość liczny zespół mikroorganizmów, które korzystając z substancji zawartych w wydzielinach korzeniowych jako źródło C i N oddziałują korzystnie na wzrost roślin powodując istotne zwwyżki plonu. Stymulacja wzrostu może być związana z bezpośrednim oddziaływaniem mikroorganizmów na rośliny poprzez wytwarzanie substancji odżywczych lub zwiększanie ich dostępności dla roślin w podłożu. Preparaty zawierające te mikroorganizmy są traktowane jako biologiczne czynniki nawożenia (biofertilizer) [KUREK, KOBUS 1990]. Bezpośredni efekt stymulujący mikroorganizmów zasiedlających strefę korzeniową może być związany z ich zdolnością do wiązania N₂, jakkolwiek w przypadku drobnoustrojów wolnożyjących w ryzosferze udział związanego N₂ przez te mikroorganizmy w zaspokajaniu zapotrzebowania azotowego roślin jest niewielki. Liczne badania wskazują, że stymulujący efekt tych mikroorganizmów na wzrost roślin polega głównie na wytwarzaniu przez nie regulatorów wzrostu roślin. Taką zdolność stwierdzono u wiążących N₂ bakterii z rodzajów *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus* [GLICK 1995]. Od wielu lat usiłuje się wiązać bezpośredni korzystny wpływ mikroorganizmów ryzosferowych na rozwój roślin także z udostępnianiem im fosforu. Mobilizacja nierozpuszczalnych frakcji fosforu w glebie to procesy fizykochemiczne. Aktywność korzeni i mikroorganizmów je zasiedlających, a także rozwijających się poza strefą korzeniową, dostarczają związków chemicznych odgrywających zasadniczą rolę w tych procesach [ILLMER i in. 1995]. W glebie występuje wiele organizmów (bakterii, promieniowców i grzybów), które mogą uczestniczyć w uruchamianiu rezerw P glebowego. Przeprowadzenie P z nierozpuszczalnych form do roztworu glebowego przez mikroorganizmy jest uwarunkowane ich zdolnością do syntezy kwasów organicznych [KUCEY i in. 1989]. Mikroorganizmy te wprowadzają do roztworu więcej fosforu niż jest niezbędne dla ich wzrostu i metabolizmu, a pozostająca w roztworze nadwyżka jest wykorzystywana przez roślinę [ALEXANDER 1977]. Badania JONGMANS i in. [1997] wskazują, że mikroorganizmy wydzielające do podłoża kwaśne metabolity mogą także wprowadzać do roztworu K uwolniony z sieci krystalicznej pierwotnych lub wtórnych minerałów. Preparat biologiczny „JUWEI” CBI produkowany

w ChRL zawiera dwa szczepy bakterii z rodzaju *Bacillus*: *B. megatherium* i *B. mucilaginosus*. Zgodnie z informacją producenta bakterie te charakteryzują się zdolnością do rozpuszczania fosforanów nieorganicznych, uwalniania K z minerałów glebowych, wiązania N_2 , a także syntezą giberelin i innych czynników wzrostowych.

Doświadczenia polowe nad zwiększeniem dostępności P dla roślin uprawnych przez *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* rozpoczęto w latach 50-tych XX wieku. Były one prowadzone na obszarze dawnego ZSRR, w Europie Wschodniej, w USA [KUCEY i in. 1989] i w Indiach [SUNDARA i in. 2002]. Uzyskiwane jednak wyniki są niejednoznaczne i niepowtarzalne. Natomiast doświadczenie przeprowadzone w warunkach polowych przez producenta w ChRL w prefekturze Langfang i Gaocheng w latach 1990–1993 wykazały, że zastosowanie tego preparatu spowodowało średni przyrost plonu roślin zbożowych o 10%, zaś wazryw o 20 do 30% [LIU, LI 1995].

W marcu 2002 roku została podpisana umowa pomiędzy KBN a Ministerstwem Nauki i Techniki ChRL zobowiązująca stronę polską do przeprowadzenia badań nad efektywnością preparatu bionawożeniowego „JUWEI” CBI, zwiększającego plonowanie roślin uprawianych na glebach lekkich, typowych dla Pomorza Zachodniego. Badania te koordynowała Akademia Rolnicza w Szczecinie.

Prezentowana praca zawiera wyniki 3-letnich doświadczeń poletkowych, mających na celu ocenę skuteczności biopreparatu „JUWEI” CBI w warunkach klimatyczno-glebowych Pomorza Zachodniego w stymulowaniu wzrostu kukurydzy (2002–2004) i ziemniaków (2003–2005). Parametrami pozwalającymi ocenić efekty biopreparatu były: przyrost plonu, zmiana zawartości dostępnego P i K w glebie, zmiany zawartości makroelementów w plonie oraz zmiany liczebności przetrwalnikujących tlenowych mikroorganizmów rozpuszczających fosforany oraz rosnących na podłożu bezazotowym, zasiedlających glebę poza korzeniami, strefę korzeniową i tkanki roślin.

Material i metody

Doświadczenie poletkowe założono w Stacji Doświadczalnej w Lipniku koło Stargardu Szczecińskiego na glebie rdzawej (według klasyfikacji FAO – Arenosols), wytworzonej z piasku słabogliniastego. Właściwości gleby, określone zgodnie z procedurami rekomendowanymi przez LITYŃSKIEGO i in. [1976], przy czym zawartość przyswajalnego fosforu i potasu oznaczono metodą Egnera-Riehma, a przyswajalnego magnezu – Schachtschabela, przedstawiono w tabelach 1 i 2. Rozkład opadów i temperatury powietrza w latach 2002–2005 w okresie wegetacji przedstawiono w tabeli 3.

Skuteczność biopreparatu „JUWEI” CBI określono na podstawie jego wpływu na wzrost i plonowanie roślin, zawartości fosforu i potasu dostępnego dla roślin oraz zawartości tych makroelementów w biomacie roślinnej. W tym celu przeprowadzono doświadczenia poletkowe w okresie trzech kolejnych sezonów wegetacyjnych, stosując w latach 2002–2004 jako roślinę testową kukurydzę, zaś w latach 2003–2005 ziemniaki. Doświadczenie przeprowadzono metodą losowych bloków w 4 powtórzeniach nie zmieniając w kolejnych latach lokalizacji poszczególnych kombinacji doświadczalnych z kukurydzą, natomiast poszczególne kombinacje doświadczalne z ziemniakami miały w kolejnych latach inną nową lokalizację.

Tabela 1; Table 1

Właściwości gleby w poziomie próchnicznym (0–27 cm)

w kombinacjach nawożeniowych w doświadczeniach z kukurydzą (średnia z lat 2002–2004)

Soil properties in humus horizon (0–27 cm) sampled from plots with maize as test plant (an average for 2002–2004)

Termin analizy Term of analysis	Kombinacje* Treatments*	pH _{K₈₁}	C (%)	N (%)	C : N	Składniki przyswajalne (mg·100 g ⁻¹ gleby) Available compounds (mg·100 g ⁻¹ soil)		
						K	P	Mg
Przed siewem Before sowing	K	7,0	0,79	0,09	8,8	9,8	24,5	3,8
	B	7,0	0,78	0,10	7,8	11,6	27,3	6,5
	NPK	7,1	0,81	0,10	8,1	9,6	21,8	3,9
	NPK+B	7,1	0,80	0,11	7,2	9,8	24,3	4,2
Po zbiorze After harvest	K	7,3	0,90	0,09	10,0	7,0	19,6	3,4
	B	7,1	0,93	0,10	9,3	9,6	18,8	4,2
	NPK	7,0	0,87	0,10	8,7	10,4	18,6	3,1
	NPK+B	7,2	0,85	0,09	9,4	8,4	20,4	4,6

*K kontrola, gleba bez nawożenia fosforowego i potasowego, na której uprawiano kukurydzę lub ziemniaki bez stosowania preparatu „JUWEI” CBI; control: maize and potatoes were cultivated on soil without phosphorus and potassium fertilizer

B gleba bez nawożenia fosforowego i potasowego, do której wprowadzono ziarniaki kukurydzy lub sadzeniaki ziemniaków traktowane preparatem „JUWEI” CBI; seeds or tubers dressed with the biofertilizer were introduced into soil without phosphorus and potassium fertilizers

NPK gleba nawożona NPK, na której uprawiano kukurydzę lub ziemniaki bez stosowania preparatu „JUWEI” CBI; maize and potatoes were cultivated on the soil fertilized with NPK

NPK+B gleba nawożona NPK, do której wprowadzono ziarniaki kukurydzy lub sadzeniaki ziemniaków traktowane preparatem „JUWEI” CBI; seeds or tubers dressed with biofertilizer were introduced into soil fertilized with NPK

Zastosowano następujące kombinacje:

1. Kontrola, gleba bez nawożenia fosforowego i potasowego, na której uprawiano kukurydzę lub ziemniaki bez stosowania preparatu „JUWEI” CBI (K).
2. Gleba bez nawożenia fosforowego i potasowego do której wprowadzono ziarniaki kukurydzy lub sadzeniaki ziemniaków traktowane preparatem „JUWEI” CBI (B).
3. Gleba nawożona NPK, na której uprawiano kukurydzę lub ziemniaki bez stosowania preparatu „JUWEI” CBI (NPK).
4. Gleba nawożona NPK, do której wprowadzono ziarniaki kukurydzy lub sadzeniaki ziemniaków traktowane preparatem „JUWEI” CBI (NPK+B).

Na poletka o powierzchni 9 m² wysiewano w maju ziarniaki kukurydzy stosując rozstaw międzyrzędzi 50 cm i odległość między roślinami w rzędzie 20 cm. Corocznie zastosowano nawożenie (w kg·ha⁻¹): N – 140, P – 44, K – 132,8.

Sadzeniaki ziemniaków w ilości 132 wprowadzono w pierwszej dekadzie maja na poletka o powierzchni 25 m² w 4 rzędach. Przed wysadzeniem ziemniaków na wszystkich poletkach każdego roku zastosowano nawożenie azotowe

Tabela 2; Table 2

Niektóre właściwości gleby w poziomie próchnicznym w kombinacjach nawożeń w doświadczeniach z ziemniakami w latach 2003–2005
Some soil properties in humus horizon on the depth 0–27 cm sampled from the plots with potato as a test plant during 2003–2005

Termin analizy Term of analysis	Kombinacje* Treatments*	pH _{KCl}			C (%)			N (%)			Składniki przyswajalne (mg·100 g ⁻¹ gleby) Available compounds (mg·100 g ⁻¹ soil)								
											K			P			Mg		
		2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Przed sadzeniem Before planting	K	6,9	6,0	4,2	0,87	0,77	0,69	0,20	0,07	0,06	12,3	7,5	8,9	8,4	8,6	4,9	3,8	3,1	1,5
	B	6,4	5,2	4,1	0,75	0,91	0,75	0,16	0,08	0,07	12,1	8,3	6,8	10,4	8,7	5,0	4,4	4,0	1,6
	NPK	6,9	5,6	4,2	0,81	0,82	0,75	0,18	0,08	0,07	14,9	12,0	13,1	12,6	9,7	5,6	5,2	3,7	1,6
	NPK+B	7,2	6,1	4,1	0,67	0,82	0,68	0,14	0,07	0,07	12,5	12,5	14,3	9,7	9,1	5,0	3,2	3,4	1,5
Po zbiorze After harvest	K	6,8	5,7	4,1	0,78	0,88	0,67	0,12	0,07	0,06	8,4	7,1	4,1	11,8	10,5	4,8	3,9	3,2	1,4
	B	6,1	5,6	4,0	0,73	0,90	0,75	0,11	0,08	0,07	10,4	6,9	3,9	10,9	10,4	4,8	4,4	3,4	1,2
	NPK	6,8	5,4	4,2	0,82	0,84	0,73	0,12	0,07	0,06	12,1	7,2	6,5	14,8	9,3	4,8	5,2	3,6	1,2
	NPK+B	7,2	5,3	4,9	0,70	0,82	0,72	0,10	0,07	0,06	10,3	6,1	7,1	13,8	8,3	5,1	3,0	3,2	1,5

* objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Table 1

Tabela 3; Table 3

Opady i temperatura powietrza w okresie wegetacji w układzie miesięcznym w latach 2002–2005

Monthly rainfall and air temperature during vegetation periods (2002–2005)

Miesiąc Month	Opady w mm w latach Rainfall (mm) for years				Temperatura powicirza w (°C) Air temperature (°C)			
	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
V	34,1	33,8	39,5	22,5	15,6	15,0	13,0	13,1
VI	34,9	29,7	61,0	8,6	18,4	19,6	16,0	15,8
VII	24,2	80,7	69,8	25,4	20,7	20,4	17,9	19,4
VIII	38,4	16,0	47,2	17,7	21,6	20,6	19,9	16,6
IX	55,4	45,7	33,5	8,6	14,7	14,4	13,9	15,5
Suma; Sum	187	205,9	251,0	82,8	–	–	–	–
Srednia; Mean	–	–	–	–	18,2	18,0	16,1	16,1

w ilości 70 kg N·ha⁻¹, a na poletkach kombinacji NPK i NPK+B dodatkowo nawożenie fosforowe w ilości 8,8 kg P·ha⁻¹ oraz potasowe 116,2 kg K·ha⁻¹. W pierwszej dekadzie lipca na wszystkie poletka dodatkowo wysiano pogłównic 30 kg N·ha⁻¹. W doświadczeniach zastosowano do oplaszczenia ziarniaków kukurydzy i sadzaniaków ziemniaków dawki biopreparatu i metodę – zalecane przez Instytut Mikrobiologii Hebei Academy of Science ChRL [LIU, LI 1995].

Glebę do analiz mikrobiologicznych pobierano z zachowaniem warunków sterylności z warstwy 0–20 cm lub ze strefy korzeniowej roślin.

W glebie, preparacie bionawożeniowym i na oplaszczonych nim ziarniakach i sadzaniakach określano liczebność kopiotrofów, bakterii rozpuszczających fosforany (fosforanowe) oraz zdolnych do wzrostu na podłożu bezazotowym (wiążące N₂), zgodnie z procedurą opisaną przez KUREK i in. [2004].

Po zbiorze (3-cia dekada września) określano właściwości fizykochemiczne gleby, liczebność mikroorganizmów w glebie pozakorzeniowej, strefie korzeniowej, tkankach roślin oraz plon, a także zawartość w nim makroelementów. Materiał roślinny po zmieleniu był liofilizowany. Liofilizat rozpuszczano w mieszaninie stężonych HNO₃ i HClO₄ i zawartość K była oznaczana fotometrycznie, a P-kolorymetrycznie (ASS Solaar 929).

W celu porównania różnic między średnimi wartościami danych, przeprowadzono analizę wariancji w klasyfikacji prostej, aby ustalić, czy między kilkoma grupami istnieją różnice statystycznie istotne. Różnice między wynikami średnimi uznawano za statystycznie istotne, gdy poziom istotności (p) wynosił p ≤ 0,05, co odpowiadało 5% prawdopodobieństwu popełnienia błędu. Obliczenia statystyczne wykonano przy pomocy programu Microsoft® Excel 97.

Wyniki i dyskusja

Na podstawie analiz chemicznych gleby, pobranej z poletek przed zastosowaniem biopreparatu i wprowadzeniem roślin, można stwierdzić, że gleby wykorzystane w doświadczeniu z kukurydzą jako rośliną testową i w poszczególnych lokalizacjach doświadczenia z ziemniakami różniły się istotnie pH, zawartością przywajalnego P, K i Mg oraz ogólną zawartością N i C (tab. 1 i 2). Poszczegól-

ne sezony wegetacyjne w okresie doświadczalnym także różniły się pod względem ilości opadów i średniej temperatury powietrza (tab. 3). Analiza mikrobiologiczna wykazała natomiast, że różnice pomiędzy średnią liczebnością grzybów, przetrwalnikujących bakterii tlenowych zdolnych do rozpuszczania fosforanów, jak też tych dających się hodować na podłożu bezazotowym (odpowiadających fenotypowi szczepów zawartych w biopreparacie) izolowanych z poletek o różnej lokalizacji przed zastosowaniem biopreparatu i wprowadzeniem roślin nie była istotna statystycznie (tab. 4). Analizy te wykazały także, że liczebność przetrwalnikujących tlenowych bakterii rozpuszczających nieorganiczne fosforany, a także tych dodatkowo zdolnych do wzrostu na podłożu bezazotowym w partiach biopreparatu dostarczanych przez producenta w poszczególnych latach, różniła się istotnie, podobnie jak liczebność zanieczyszczających go grzybów (tab. 5). Preparat zastosowany w 2003 roku miał najwyższą jakość.

Tabela 4; Table 4

Średnia liczebność grzybów i przetrwalnikujących bakterii izolowanych z 1 g gleby w doświadczeniach z kukurydzą (2002–2004) i ziemniakami (2003–2005)

Average numbers of fungi and spore-forming bacteria isolated from 1 g soil used in experiments with maize (2002–2004) and potatoes (2003–2005)

Mikroorganizmy Microorganisms	Kukurydza Maize				Ziemniaki Potatoes			
	kombinacja nawozowa [#] treatment [#]							
	K	B	NPK	NPK+B	K	B	NPK	NPK+B
Grzyby; Fungi	1,3·10 ⁵	1,4·10 ⁵	1,2·10 ⁵	2,1·10 ⁵	5,5·10 ⁵	1,2·10 ⁵	1,4·10 ⁵	1,3·10 ⁵
Bakterie; Bacteria:								
Kopiotrofy; Copiotrophs:								
Wegetatywne; Vegetative form	9,2·10 ⁶	1,6·10 ⁷	1,1·10 ⁷	1,3·10 ⁷	2,2·10 ⁷	5,3·10 ⁶	4,8·10 ⁶	7,1·10 ⁶
Spory; Spores	2,7·10 ⁶	1,1·10 ⁶	7,3·10 ⁵	8,2·10 ⁵	1,0·10 ⁶	3,1·10 ⁵	3,7·10 ⁵	3,9·10 ⁵
Fosforanowe; Phosphate:								
Wegetatywne; Vegetative form	8,9·10 ⁶	1,5·10 ⁷	2,5·10 ⁷	1,7·10 ⁷	1,0·10 ⁷	9,0·10 ⁶	6,9·10 ⁶	1,2·10 ⁷
Spory; Spores	1,0·10 ⁶	5,6·10 ⁵	8,0·10 ⁵	4,7·10 ⁵	4,0·10 ⁶	7,8·10 ⁵	2,5·10 ⁶	2,9·10 ⁶
Wiążące N ₂ ; Fixing N ₂ :								
Wegetatywne; Vegetative form	8,7·10 ⁶	2,4·10 ⁷	2,1·10 ⁷	2,4·10 ⁷	9,1·10 ⁶	8,9·10 ⁶	1,1·10 ⁷	1,2·10 ⁷
Spory; Spores	2,5·10 ⁵	2,7·10 ⁵	4,7·10 ⁵	2,5·10 ⁵	1,5·10 ⁵	4,2·10 ⁵	1,6·10 ⁵	3,1·10 ⁵

* objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Table 1

Dane przedstawione w tabeli 6 wskazują, że zastosowanie biopreparatu „JUWEI” CBI nie miało istotnego wpływu na średni plon kukurydzy i ziemniaków. Należy jednak zwrócić uwagę, że zastosowanie tego preparatu łącznie z nawożeniem NPK w 2002 roku [KUREK i in. 2004] zwiększyło istotnie liczbę wschodów kukurydzy i plon zielonej masy o 15%, zaś średni plon frakcji największych bulw ziemniaków (o średnicy > 5 cm) uzyskany w okresie 2003–2005 był o 22% wyższy niż w kombinacji kontrolnej (tab. 6). Wyniki innych doświadczeń polowych z zastosowaniem preparatów bionawożeniowych przeprowadzonych w wielu krajach w latach 50-tych i 60-tych ubiegłego wieku były także niejednoznaczne i niepoważne. Dane literaturowe dotyczące zastosowania Fosfobakteryny (szczepionki

zawierającej *B. megatherium* var. *phosphaticum*) na glebach dawnego ZSRR wskazują, że efektywność tego preparatu jako czynnika podnoszącego wielkość plonów była w zakresie 0 do 70%. Stymulującego działania takich preparatów bakterierynych nie udało się jednak wykazać w doświadczeniach przeprowadzonych w USA [KUCLEY i in. 1989]. Pozytywny wpływ zastosowania biopreparatów zawierających bakterie rozpuszczające fosforany uzyskano natomiast w Chinach i Indiach [SHEN 1997; SUNDARA i in. 2002].

Tabela 5; Table 5

Mikrobiologiczna charakterystyka biopreparatu „JUWEI” CBI użytego w poszczególnych latach. Liczebność mikroorganizmów w 1 g s.m. preparatu
Microbiological characteristics of „JUWEI” CBI biofertilizer used in experiments. Numer of microorganisms in 1 g DM of biofertilizer

Lata Years	Grzyby Fungi	Fosforanowe Phosphate		Wiążące N ₂ Fixing N ₂	
		vegetatywne vegetative form	przetrwalniki spores	vegetatywne vegetative form	przetrwalniki spores
2003	2,9·10 ⁶ c	3,3·10 ¹⁰ a	8,0·10 ⁸ a	2,3·10 ⁸ c	1,6·10 ⁷ a
2004	1,3·10 ⁶ a	1,4·10 ¹⁰ b	5,1·10 ⁷ b	9,2·10 ⁸ b	3,4·10 ⁷ a
2005	5,3·10 ⁶ b	1,2·10 ¹⁰ c	1,0·10 ⁷ c	5,0·10 ⁹ a	3,0·10 ⁸ ab

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie; The values in columns marked with the same letter are not significantly different.

Tabela 6; Table 6

Wielkość i struktura plonu kukurydzy (średnia z lat 2002–2004) i ziemniaków (średnia z lat 2003–2005)

Amount and structure of maize (average for 2002–2004) and potato yields (average for 2003–2004)

Kombi- nacje* Treatment*	Kukurydza Maize			Ziemniaki Potatoes				
	struktura plonu structure of yield (kg na poletko; kg per plot)		plon całkowity total yield (kg na polet- ko; kg per plot)	struktura plonu structure of yield				plon całkowity total yield (kg na polet- ko; kg per plot)
	słomy straw	kolb cobs		frakcja bulw (kg na poletko) fraction of tubers (kg per plot)				
				A**	B	C	D	
K	12,7 b	5,1 a	17,8 a	19,16 c	12,66 a	8,25 a	1,23 a	41,29 b
B	13,7a,b	5,3 a	19,0 a	23,49 b	12,47 a	7,69 a	1,12 a	44,76 b
NPK	14,1a,b	5,3 a	19,4 a	33,29 a	12,89 a	6,80 a	0,87 a	53,85 a
NPK+B	14,9 a	5,3 a	20,2 a	30,82 a	12,61 a	7,18 a	0,94 a	51,54 a

* objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Table 1

A** bulwy o średnicy większej niż 50 mm; tubers of diameter more than 50 mm

B bulwy o średnicy 40–50 mm; tubers of diameter 40–50 mm

C bulwy o średnicy 30–40 mm; tubers of diameter 30–40 mm

D bulwy o średnicy mniejszej niż 30 mm; tubers of diameter below 30 mm

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie; The values in columns marked with the same letter are not significantly different

Tabela 7; Table 7

Zawartość makropierwiastków w słomie i ziarnie kukurydzy (średnia z lat 2002–2004) oraz w bulwach ziemniaków (średnia z lat 2003–2005)
Content of macroelements in straw and grain of maize (an average for 2002–2004) and in potato tubers (an average for 2003–2005)

Kombinacja* Treatment*	Kukurydza Maize				Ziemniaki Potatoes							
	słoma straw		ziarno grain		A**	B	C	D	A	B	C	D
	potas potassium	fosfor phosphorus	potas potassium	fosfor phosphorus	potas; potassium				fosfor; phosphorus			
	mg·100 g ⁻¹ s.m.; mg·100 g ⁻¹ DM											
K	990,42a	148,20a	484,23a	312,98a	1266,9a	1261,3b	1386,9b	1414,0b	203,4a	200,8a	230,9a	252,1a
B	1140,19a	165,10a	453,86a	305,47a	1415,5a	1304,0b	1485,1b	1587,3b	218,7a	222,8a	240,9a	273,8a
NPK	1417,48a	142,54a	491,64a	317,49a	1473,9a	1531,2a	1649,3a	1852,3a	217,9a	224,2a	233,8a	270,7a
NPK+B	1438,32a	135,76a	468,58a	311,93a	1553,2a	2207,8a	1661,9a	1798,7a	201,4a	200,3a	236,0a	245,6a

*K kontrola, gleba bez nawożenia fosforowego i potasowego, na której uprawiano kukurydzę lub ziemniaki bez stosowania preparatu „JUWEI” CBI; control: maize and potatoes were cultivated on soil without phosphorus and potassium fertilizer

B gleba bez nawożenia fosforowego i potasowego, do której wprowadzono ziarniaki kukurydzy lub sadzeniaki ziemniaków traktowane preparatem „JUWEI” CBI; seeds or tubers dressed with the biofertilizer were introduced into soil without phosphorus and potassium fertilizers

NPK gleba nawożona NPK, na której uprawiano kukurydzę lub ziemniaki bez stosowania preparatu „JUWEI” CBI; maize and potatoes were cultivated on the soil fertilized with NPK

NPK+B gleba nawożona NPK, do której wprowadzono ziarniaki kukurydzy lub sadzeniaki ziemniaków traktowane preparatem „JUWEI” CBI; seeds or tubers dressed with biofertilizer were introduced into soil fertilized with NPK

A** bulwy o średnicy większej niż 50 mm; tubers of diameter more than 50 mm

B bulwy o średnicy 40–50 mm; tubers of diameter 40–50 mm

C bulwy o średnicy 30–40 mm; tubers of diameter 30–40 mm

D bulwy o średnicy mniejszej niż 30 mm; tubers of diameter below 30 mm

Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie; The values in columns marked with the same letter are not significantly different

W okresie trzech kolejnych lat nie zmieniono lokalizacji poletek w obrębie poszczególnych kombinacji w doświadczeniu z kukurydzą. Tych zróżnicowanych wyników w poszczególnych latach nie należy więc łączyć w tym przypadku ze zróżnicowaniem warunków glebowych. Być może wiązało się to ze zmianami średniej temperatury i ilości opadów w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. Sezon 2002 charakteryzował się najwyższą średnią temperaturą w okresie wzrostu roślin i co prawda najniższymi opadami, lecz bardzo równomiernymi (tab. 3). Trudno natomiast znaleźć wytłumaczenie dla selektywnego zwiększenia plonu tylko frakcji największych bulw ziemniaków.

Analiza chemiczna gleby przeprowadzona przed zastosowaniem biopreparatu i w okresie zbioru roślin wykazała, że po zastosowaniu „JUWEI” CBI zawartość dostępnego P i K w glebie nie zwiększyła się (tab. 1 i 2). Istotny przyrost tej dostępnej formy P w glebie po zastosowaniu szczepionki z *B. megatherium* stwierdzono w uprawie trzciny cukrowej uprawianej w okresie 1995–1998 w glebie z niską zawartością dostępnego P ($5,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) [SUNDARA i in. 2002]. Przyrosty zawartości dostępnego P i towarzyszące temu wyżki plonu stwierdzono, gdy nie stosowano nawożenia mineralnego lub gdy dawkę P wprowadzonego do gleby z superfosfatem obniżono o 25%. Gleba na poletkach w Stacji Doświadczalnej AR w Szczecinie w Lipniku charakteryzuje się wyższą zawartością dostępnego P niż gleba wykorzystywana w doświadczeniach przez zespół SUNDARA [2002]. STEPIEŃ i in. [2004] uzyskali zwiększenie zawartości dostępnego P w glebie i towarzyszący temu przyrost zielonej masy kukurydzy uprawianej w wazonach napełnionych glebą z niską [JUNG 1990] zawartością dostępnego P ($43,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) po zastosowaniu chińskiego biopreparatu BPF, zawierającego jako czynnik aktywny szczep *Bacillus circulans* HM 8841. Gleba wykorzystana w doświadczeniu z ziemniakami w poszczególnych lokalizacjach różniła się istotnie zawartością dostępnego fosforu oraz potasu i zawierała istotnie mniej takiej formy P niż wykorzystana w doświadczeniu z kukurydzą. Zawartość dostępnego fosforu w glebie na poletkach w 2005 roku (tab. 2) była zbliżona ($49 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) do tej w glebie użytej w doświadczeniach przez zespół STEPIEŃ i in. [2004], a jednak nie uzyskano istotnej wyżki plonu ani zwiększenia w niej zawartości przyswajalnych dla roślin form fosforu. Zgodnie z informacjami uzyskanymi od producenta, biopreparat „JUWEI” CBI jest także efektywny w chińskich warunkach glebowych w zwiększeniu przyswajalności K. Wykorzystane w doświadczeniu gleby charakteryzowały się niską zawartością dostępnego potasu, a mimo to także nie stwierdzono zwiększenia jego zawartości w glebie po zastosowaniu biopreparatu. Analiza chemiczna ziarna i słomy kukurydzy oraz bulw ziemniaków nie wykazała istotnych zmian w zawartości makroelementów (K i P) po zastosowaniu biopreparatu w ciągu trzech lat (tab. 7). Jednak analiza danych uzyskanych w 2005 roku wykazała, że zastosowanie biopreparatu (choć nie wpłynęło na zwiększenie całkowitego plonu bulw ziemniaków) spowodowało istotny wzrost zawartości w plonie fosforu, zaś potasu we frakcji najmniejszych bulw w kombinacji B (bez nawożenia P i K). Wskazuje to, że zawartość w glebie dostępnego P i K może być jednym z istotnych czynników mających wpływ na efektywność tego rodzaju biopreparatów, lecz chyba nie jedynym.

Opłaszczanie biopreparatem ziarniaków kukurydzy lub sadzeniaków przed ich wprowadzeniem do gleby nie miało istotnego wpływu na liczebność w glebie zarówno wegetatywnych form bakterii rozpuszczających fosforany i tych zdolnych do wzrostu na podłożu bezazotowym, jak też przetrwalników bakterii o takim fe-

notypie. Zabieg ten nie miał także istotnego wpływu na liczebność tych bakterii zasiedlających strefę korzeniową roślin (tab. 8). Z tkanek roślin zebranych z póltek zarówno traktowanych biopreparatem, jak i niepoddanych temu zabiegowi izolowano tylko wegetatywne formy bakterii rozpuszczających fosforany i rosnące na podłożu bezazotowym. Porównanie liczebności mikroorganizmów o takich właściwościach w glebie przed wprowadzeniem roślin w okresie ich zbioru sugeruje, że wprowadzone z biopreparatem bakterie przegrywały konkurencję o niszę ekologiczną z rodzimymi dla zastosowanej w doświadczeniach gleby.

Tabela 8; Table 8

Średnia liczebność grzybów i przetrwalnikujących tlenowych bakterii zasiedlających 1 g gleby wolnej od korzeni lub ze sfery korzeniowej w okresie zbioru (średnia wartość z okresu 3 lat)

Average numbers of fungi and spore-forming aerobic bacteria isolated from 1 g of root-free or rhizospheric soil at harvest (average for 3 years)

Roslina Plant	Mikroorganizm Microorganism	Gleba wolna od korzeni Root free soil				Gleba sfery korzeniowej Rhizospheric soil			
		K*	B	NPK	NPK+B	K	B	NPK	NPK+B
Kukurydza Maize	grzyby; fungi bakterie; bacteria:	1,3·10 ⁵	1,4·10 ⁵	1,2·10 ⁵	2,1·10 ⁵	4,9·10 ⁵	1,0·10 ⁶	2,8·10 ⁶	2,1·10 ⁶
	kopiotrofy; copiotrophs	2,7·10 ⁶	1,1·10 ⁶	7,3·10 ⁵	8,2·10 ⁵	1,0·10 ⁶	9,7·10 ⁵	1,5·10 ⁶	4,3·10 ⁶
	fosforanowe; phosphate wiązące N ₂ ; fixing N ₂	1,0·10 ⁶ 1,9·10 ⁵	5,6·10 ⁵ 1,1·10 ⁵	8,0·10 ⁵ 2,0·10 ⁵	4,7·10 ⁵ 1,0·10 ⁵	1,3·10 ⁶ 3,4·10 ⁵	1,7·10 ⁶ 5,0·10 ⁵	1,1·10 ⁶ 4,6·10 ⁵	1,0·10 ⁶ 2,0·10 ⁵
Ziemniaki Potatoes	grzyby; fungi bakterie; bacteria:	8,8·10 ⁴	1,0·10 ⁵	2,0·10 ⁵	1,1·10 ⁵	2,0·10 ⁶	1,2·10 ⁶	1,8·10 ⁶	3,0·10 ⁶
	kopiotrofy; copiotrophs	4,0·10 ⁶	4,3·10 ⁶	3,9·10 ⁶	5,1·10 ⁶	2,2·10 ⁵	3,8·10 ⁶	2,3·10 ⁵	2,1·10 ⁵
	fosforanowe; phosphate wiązące N ₂ ; fixing N ₂	4,8·10 ⁵ 2,9·10 ⁵	6,2·10 ⁵ 4,0·10 ⁵	3,4·10 ⁶ 2,2·10 ⁵	7,0·10 ⁵ 4,0·10 ⁵	2,0·10 ⁵ 2,1·10 ⁵	5,7·10 ⁶ 1,7·10 ⁶	7,4·10 ⁵ 1,1·10 ⁵	5,6·10 ⁵ 3,7·10 ⁵

* objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Table 1

Gleba kontrolna zawierała także wysoką liczebność bakterii o fenotypie zgodnym ze szczepami wprowadzonymi z biopreparatem. Jest więc bardzo prawdopodobne, że stwierdzony brak efektu zastosowania biopreparatu na wzrost plonu był spowodowany brakiem proliferacji mikroorganizmów z nim wprowadzonych. Istotny przyrost plonu i liczebności jednostek tworzących kolonie *B. megatherium* wprowadzonych z biopreparatem PSB stwierdził zespół SUNDARA i in. [2002] w uprawach trziny cukrowej. Liczebność bakterii rozpuszczających fosforany w biopreparatach „JUWEI” CBI i PBS, jak też ich dawki zastosowane w doświadczeniach w Stacji Doświadczalnej w Lipniku i w Indiach były bardzo zbliżone. Liczebność rodzimych bakterii rozpuszczających fosforany w glebie w Indiach (Sugarcane Breeding Institute, Coimbatore) była jednak 10-krotnie, zaś w glebie zastosowanej przez zespół STEPIEŃ i in. [2004] 100-krotnie niższa niż na polu w Lipniku. Sposób wprowadzenia biopreparatu do gleby wydaje się mieć także wpływ na jego efektywność. SUNDARA i in. [2002] oraz STEPIEŃ i in. [2004] dodali biopreparat bezpośrednio do gleby łącznie z roślinami (kukurydza) lub po upływie 1 miesiąca po wprowadzeniu roślin (trzyna cukrowa).

W doświadczeniach zastosowano preparat zawierający szczepy bakteryjne wyizolowane z gleb chińskich różniących się istotnie właściwościami fizykoche-

micznymi od gleb polskich. Wyniki analiz mikrobiologicznych sugerują, że szczepy te nie były konkurencyjne w stosunku do rodzimych (polskich) i nie zasiedliły nowego dla nich środowiska.

Korzyści dla środowiska glebowego i ekonomiczne dla rolników, wynikające z mikrobiologicznego uruchomienia P i K z rezerw glebowych, mogą być istotne. Wynikalyby one z zastosowanych obniżonych dawek nawożenia superfosfatem (cena tego nawozu to około 130 USD za tonę) bez spadku plonu, a więc ograniczenia także ilości wprowadzonego do gleb uprawnych kadmu z tymi nawozami. Korzyści z zastosowania biopreparatów nawożeniowych nie można się jednak spodziewać, jeśli nie będą w nich wykorzystywane mikroorganizmy zaadaptowane do warunków lokalnych i nie opracuje się zaleceń obejmujących ich efektywne dawki i sposób wprowadzenia do gleby, odpowiednich dla określonego obszaru kraju.

Wnioski

1. Czynniki decydującymi o efektywnym stymulowaniu wzrostu roślin przez biopreparat „JUWEI” CBI, uruchamiającymi P i K z minerałów glebowych, są:
 - zasobność gleb w dostępne formy tych pierwiastków,
 - liczebność rodzimych dla gleb mikroorganizmów o fenotypie tych użytych w biopreparacie,
 - rodzaj zastosowanej w badaniach rośliny testowej.
2. Ocenę tej efektywności należy przeprowadzić na glebach polskich o niskiej zawartości dostępnego P i K, a liczebność zasiedlających je bakterii uruchamiających fosforany i potas musi być uwzględniona przy określeniu efektywnej dawki biopreparatu i sposobu jego wprowadzenia do gleby.

Literatura

- ALEXANDER M. 1977. *Introduction to soil microbiology*. Wiley, New York, Wiley Eastern Ltd, New Delhi: 480 ss.
- GLICK B.R. 1995. *The enhancement of plant growth by free-living bacteria*. Can. J. Microbiol. 41: 109–117.
- ILLMER P., BARBATO A., SCHINNER F. 1995. *Solubilization of hardly-soluble $AlPO_4$ with P-solubilizing microorganisms*. Soil Biol. Biochem. 27(3): 265–270.
- IUNG 1990. *Zalecenia nawozowe. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów*. Seria P 44, Puławy: 5–26.
- JONGMANS A.G., VAN BREEMEN N., LUNDSTROM U., FINLAY R.D., VAN HEES P.A.W., GIESLER R., MELKERUND P.A., OLSSON M., SRINIVASAN M., UNESTAM T. 1997. *Rock-eating fungi: a true case of mineral plant nutrition?* Nature 389: 682.
- KUCEY R.M.N., JANZEN H.H., LEGGENT M.E. 1989. *Microbially mediated increases in plant available phosphorus*. Adv. Agron. 42: 199–225.
- KUREK E., KOBUS J. 1990. *Korzystne i szkodliwe oddziaływanie mikroflory ryzosfery na wzrost i rozwój roślin*. Post. Mikrobiol. XXIX(1–2): 103–123.

KUREK E., NIEDŹWIECKI E., PROTASOWICKI M., SŁOMKA A., OZIMEK E. 2004. *Efekt zastosowania chińskiego bionawozu „JUWEI” CBI na plon kukurydzy uprawianej na glebie lekkiej w warunkach Pomorza Zachodniego*. Roczniki Gleboznawcze LV(3): 1–8.

LITYŃSKI T., JURGOWSKA H., GORLACH E. 1976. *Analiza chemiczno-rolnicza. Przewodnik metodyczny do analizy gleby i nawozów*. PWN, Warszawa: 330 ss.

LIU R., LI F. 1995. *International training course on biological fertilizer technology*. Baoding, China, The International Science and Technology Cooperation Department of MOST, The Institute of Microbiology, Hebei Academy of Sciences: 157 ss.

SHEN D. 1997. *Microbial diversity and application of microbial products for agricultural purposes in China*. Agriculture Ecosystems & Environment 62: 237–245.

STĘPIEŃ W., GÓRSKA E.B., RUSSEL S. 2004. *Wpływ chińskiej rolniczej szczepionki bakteryjnej na rozpuszczalność fosforu i potasu w glebie oraz na plonowanie roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 501: 411–416.

SUNDARA B., NATARAJAN V., HARI K. 2002. *Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields*. Field Crops Research 77: 43–49.

Słowa kluczowe: fosfor, potas, uruchamianie w glebie, *Bacillus megatherium*, *B. mucilaginosus*

Streszczenie

Na glebie lekkiej typowej dla Pomorza Zachodniego przeprowadzono doświadczenia poletkowe nad efektywnością chińskiego biopreparatu „JUWEI” CBI do stymulowania wzrostu kukurydzy (2002–2004) i ziemniaków (2003–2005). Preparat ten zawiera dwa szczepy bakterii z rodzaju *Bacillus*, charakteryzujące się między innymi zdolnością do rozpuszczania fosforanów nieorganicznych (*B. megatherium* i *B. mucilaginosus*) i wiązania N_2 (*B. mucilaginosus*). Biopreparat zastosowano zgodnie z zaleceniami producenta. Gleba na poletkach pod testowanymi roślinami różniła się właściwościami fizykochemicznymi, zwłaszcza pH_{KCl} (4,9–7,1), zawartością dostępnego P (4,9–24,5 mg·100 g⁻¹) i K (7,5–12,3 mg·100 g⁻¹), ogólną zawartością C (0,67–0,91%) i N (0,06–0,20%), lecz zawierała wysoka i zbliżoną liczebność bakterii rozpuszczających fosforany i wiążących N_2 ($1 \cdot 10^7$ ·g⁻¹ s.m. gleby). Nie stwierdzono statystycznie istotnego zwiększenia plonów testowych roślin, zawartości w nich P i K oraz zawartości w glebie dostępnego P i K w poszczególnych latach pomimo zróżnicowanych właściwości fizykochemicznych gleby pod uprawami. Analizy mikrobiologiczne wykazały, że zarówno w glebie wolnej od korzeni, jak też w strefie korzeniowej roślin na poletkach traktowanych „JUWEI” CBI nie zwiększyła się liczebność mikroorganizmów o cechach fizjologicznych szczepów wprowadzonych z biopreparatem. Uzyskane wyniki sugerują, że brak efektywności biopreparatu można wiązać ze zbyt niską liczebnością bakterii wprowadzonych do gleby z opłaszczonymi nim ziarniakami i bulwami. Przy zajętej niszy ekologicznej przez szczepy rodzime, nie miały szans na zasiedlenie i rozwój.

FACTORS LIMITING EFFECTIVE APPLICATION
OF „JUWEI” CBI BIOFERTILIZER UNDER SOIL CONDITIONS
OF WESTERN POMERANIA

Ewa Kurek¹, Edward Niedźwiecki², Mikołaj Protasowicki³,

Anna Słomka¹, Ewa Ozimek¹

¹Department of Environmental Microbiology,
Institute of Microbiology and Biotechnology,
University of Maria Curie-Skłodowska, Lublin

²Department of Soil Science,

³Department of Toxicology, Agricultural University, Szczecin

Key words: phosphate, potassium, mobilization in soil, *Bacillus megatherium*,
B. mucilaginosus

Summary

Biofertilizer „JUWEI” CBI containing two bacteria, *Bacillus megatherium* and *B. mucilaginosus*, capable to mobilizing phosphate and potassium from soil minerals and fixing N₂ has been manufactured in China since 1988. Field experiments conducted by Agricultural Institutes in Gaocheng and Langfang prefectures during 1990–1993 showed that after application of biofertilizer the average yields of grain crops and vegetables increased by 10% and by 20–30%, respectively.

Plot experiments on the effect of „JUWEI” CBI (used according to the manufacturer's instructions) on the growth and yielding of maize and potato were conducted during 2002–2004 and 2003–2005, respectively, at Lipnik Experimental Station, Agricultural University of Szczecin. Physico-chemical properties of the soil on plots planted with tested plants differed in regard to pH_{KCl} values (4.9–7.1), content of available P (4.9–24.5 mg·100 g⁻¹ soil) and K (7.5–12.3 mg·100 g⁻¹ soil), total content of C (0.67–0.91%) and N (0.06–0.20%). However, the number of bacteria capable to mobilizing P and fixing N₂ isolated from the soil were high (1·10⁷·g⁻¹ soil DM) and there was no significant differences between the plots.

Statistical data analysis indicated that the treatment of plants with biofertilizer did not affect the yield, concentration of available P and K in soil, or the concentration of these elements in plant tissues. Microbial analysis of root-free and rhizospheric soil showed that there was no difference in the number of bacteria of the same phenotype as the bacteria introduced with biofertilizer between the soil sampled from control plots and that treated with „JUWEI” CBI.

Lack of the biofertilizer „JUWEI” effectiveness could be due to a low number of microorganisms introduced with it into soil. The organisms had no chance to proliferate in the soil used to experiments, because their ecological niche had already been occupied by native microorganisms.

Prof. dr hab. Ewa **Kurek**
Instytut Mikrobiologii i Biotechnologii
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
ul. Akademicka 19
20-033 LUBLIN
e-mail: Kurek@biotop.umcs.lublin.pl