

Wpływ preparatów mikrobiologicznych, sposobów ich stosowania oraz dawek nawożenia azotem na zawartość przyswajalnego fosforu w glebie i inne wybrane wskaźniki chemiczne żyzności gleby

Anna Kocoń, Tamara Jadczyszyn

Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska

Abstrakt. Badania nad oceną efektywności działania preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi na wybrane właściwości chemiczne gleby prowadzono w RZD w Grabowie, woj. mazowieckie, w latach 2012–2014. Statyczne doświadczenie polowe realizowano w warunkach eksperymentów ze zbożami, metodą równoważnych podbloków: split-block-split-plot. W doświadczeniu uwzględniono 3 czynniki badawcze: I – rodzaj preparatu z mikroorganizmami pożytecznymi: EM, EmFarma Plus, UGmax oraz obiekt kontrolny – bez stosowania preparatów mikrobiologicznych; II – sposób stosowania tych preparatów: na ściernisko, na ściernisko z dodatkiem słomy oraz na ściernisko z dodatkiem słomy i azotu, III – dawka nawożenia N: 0, 70, 140 kg N·ha⁻¹. W trakcie 3-letnich badań corocznie po sprzęcie roślin w warstwie ornej gleby oznaczano: pH, zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Preparaty mikrobiologiczne EM, EmFarma Plus oraz UGmax istotnie zwiększały w każdym z 3 lat badań zasobność gleby w przyswajalny fosfor, a w latach 2012 i 2013 – w przyswajalny potas. Sposób stosowania preparatów oraz nawożenie azotem wykazywały w poszczególnych latach badań niejednoznaczny wpływ na zawartość przyswajanego fosforu i potasu w glebie. Nie stwierdzono istotnego wpływu preparatów mikrobiologicznych na pH gleby oraz zawartość przyswajalnego Mg w glebie.

słowa kluczowe: preparaty mikrobiologiczne, zawartość przyswajalnego fosforu w glebie, żyzność gleby

WSTĘP

Żyzność jest to zespół fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleby zapewniający roślinom odpowiednie warunki wzrostu. W proekologicznych technologiach uprawy roślin poszukuje się nowych, ekologicznych metod, których celem będzie między innymi

zwiększenie żyzności gleby poprzez poprawę parametrów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Do takich metod zaliczyć można wykorzystanie preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi (Janas, 2009; Kaczmarek i in., 2008; Trawczyński, Bogdanowicz, 2007). Preparaty z tzw. Efektywnymi Mikroorganizmami (pod różnymi nazwami) są obecnie dość szeroko stosowane w praktyce rolniczej i są mieszanką pożytecznych mikroorganizmów, między innymi bakterii fotosyntetyzujących, bakterii kwasu mlekowego, promieniowców, drożdży, grzybów, a także często wybranych makro- i mikroelementów (Higa, 2003; Kocoń, 2013). Dotychczasowy stan wiedzy odnośnie wpływu preparatów z pożytecznymi organizmami na poprawę żyzności gleby czerpany jest głównie z badań komercyjnych, zlecanych różnym instytucjom przez poszczególne firmy zajmujące się produkcją i dystrybucją tych środków, oraz częściowo także z fragmentarycznych badań naukowych, których wyniki nie są jednoznaczne (Janas, 2009; Jakubus i in., 2010; Kaczmarek i in., 2008; Kotwica i in., 2013; Mayer i in., 2008; Priyadi i in., 2005; Schenck, Müller, 2009; Tołoczko i in., 2009; Zydlik, Zydlik, 2008).

Celem prezentowanych badań była ocena wpływu stosowania preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi na zasobność gleby w przyswajalny fosfor oraz na inne wybrane chemiczne wskaźniki żyzności gleby. Przedstawione wyniki stanowią wycinek szerszych badań dotyczących wpływu badanych preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi na kształtowanie żyzności gleby oraz wielkości i jakości plonu zbóż.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2012–2014 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Grabowie (52°13'N, 19°37'E) w woj. mazowieckim. Eksperyment zlokalizowany był na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego, kompleksu żynnego bardzo dobrego. W badaniach uwzględniono 3 preparaty z mikroorganizmami pożytecznymi: EM Natu-

Autor do kontaktu:

Anna Kocoń
e-mail: akocon@iung.pulawy.pl
tel. 81 4786 833

Praca wpłynęła do redakcji 6 maja 2015 r.

ralnie aktywny (Greenland Technologia EM Sp. z o.o.), EmFarma Plus (PrioBiotics Polska) i UGmax-Użyźniacz glebowy (P.P.H.U. BOGDAN).

Doświadczenie prowadzono jako statyczne metodą równoważnych podbloków: split-block-split-plot, w 3 powtórzeniach. W doświadczeniu uwzględniono 3 czynniki badawcze: I – produkt z mikroorganizmami pożytecznymi: EM, EmFarma Plus i UGmax oraz obiekt kontrolny – bez stosowania preparatów mikrobiologicznych; II – sposób stosowania ww. preparatów: na ściernisko, na ściernisko ze słomą oraz na ściernisko ze słomą i 30 kg N; III – poziom nawożenia azotem: N 0 – 0 kg N·ha⁻¹, NI – 70 kg N·ha⁻¹ oraz NII – 140 kg N·ha⁻¹. Azot w formie saletry amonowej (NH₄NO₃) stosowano pod rośliny doglebowo, na wiosnę, przy pierwszym poziomie nawożenia NI – w dwu dawkach i terminach a przy drugim poziomie NII – w trzech dawkach i terminach. Badania obejmowały w sumie 108 poletek, każde o powierzchni brutto 48 m² i powierzchni netto (do zbioru) 25,5 m².

Dawki preparatów mikrobiologicznych były zgodne z zaleceniami producenta, w przypadku EM i EmFarma Plus wynosiły 30 l preparatu na hektar, natomiast UGmax stosowano w dawce 0,9 l na ha. Wszystkie preparaty aplikowano co roku, w rozcieńczeniu z 300 litrami wody na ściernisko lub ściernisko wraz z pociętą słomą pozostawioną na polu po zbiorze ziarna lub ściernisko ze słomą z dodatkiem azotu (30 kg N). Po oprysku, zawsze tego samego dnia preparaty były przykrywane około 10 cm war-

stwą gleby (kompaktową broną talerzową KBT). Działanie badanych preparatów porównywane było z obiektami kontrolnymi, bez ich stosowania.

Przed założeniem doświadczenia w 2011 r. w średnio-obiektowej próbie (utworzonej z 9 próbek gleby) warstwy ornej gleby oznaczono wybrane właściwości fizykochemiczne (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane właściwości gleby (0–20 cm)

Table 1. Some properties of soil (0–20 cm).

Gleba Soil	pH (KCl)	C org. [%]	Zawartość; Content [mg/100 g gleby; soil]		
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Gлина piaszczysta Clay sandy	6,8	0,70	28,5	11,3	2,6

Gleba charakteryzowała się obojętnym odczynem, bardzo wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor, średnią w przyswajalny potas oraz niską w przyswajalny magnez. W związku z bardzo wysoką zasobnością gleby w fosfor w prowadzonych badaniach zrezygnowano z nawożenia roślin i gleby tym składnikiem. Natomiast nawożenie potasem i magnezem w doświadczeniu stosowano corocznie, jako tło, w jednolitych dawkach we wszystkich kombinacjach, zgodnie z ogólnymi zaleceniami nawozowymi (Jadczyszyn i in., 2010).

Tabela 2. Miesięczne oraz sumaryczne opady atmosferyczne [mm]

Table 2. Monthly and annual sums of precipitation [mm].

Lata; Years	Miesiące; Months												Σ
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
2011–2012	3,6	21,5	0,3	40,6	42,1	21,8	20,9	37,8	36,5	54,3	81,6	64,2	425
2012–2013	21,8	83,5	29,4	27,4	45,4	37,5	41,1	29,9	112,0	116,3	20,8	11,6	577
2013–2014	63,9	3,0	48,0	15,7	46,6	25,1	42,0	56,6	154,9	90,7	115,3	98,8	761
1979–2008	47,0	44,0	39,0	37,0	30,0	29,0	31,0	40,0	58,0	70,0	85,0	74,0	584

Tabela 3. Średnia dobową temperatura powietrza [°C]

Table 3. The average daily air temperature [°C].

Lata; Years	Miesiące; Months												średnia mean
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
2011–2012	14,7	7,9	2,2	2,2	-1,2	-6,8	4,4	9,6	15,3	17,7	20,9	18,8	8,8
2012–2013	14,5	8,1	5,3	-3,4	-3,6	-1,1	-2,1	8,3	15,3	18,6	19,7	19,2	8,2
2013–2014	11,8	9,5	5,2	1,6	-2,6	1,4	6,3	9,9	13,5	15,2	20,4	17,9	9,2
1979–2008	13,5	8,2	2,8	-1,4	-3,5	-2,4	1,5	7,9	13,6	17,0	18,6	17,5	7,8

Roślinami doświadczalnymi w 3 latach badań były zboża. W pierwszym roku było to pszenżyto ozime odmiany Leontino, które w lutym 2012 r. wymarzło i wiosną tego roku zostało przesiane pszenżytem jarym odmiany Nagano. W drugim roku uprawiano pszenicę ozimą odmiany Figura, a w trzecim jęczmień jary odmiany Kucyk.

W trakcie 3-letnich badań, corocznie, po sprzęcie roślin – zbiorze ziarna, pobierano średnioobiektove próbki gleby (z 3 powtórzeń), z warstwy ornej 0–20 cm, według ogólnej przyjętej procedury (Jadczyzyn i in., 2010) i oznaczano: pH gleby w 1 mol KCl, zawartość przyswajalnych form P_2O_5 i K_2O metodą Egnera-Riehma oraz Mg metodą Schachtschabela.

Wyniki opracowywano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji oceniając istotność różnic testem Tukeya na poziome $\alpha \leq 0,05$. Prezentowane w niniejszej pracy wyniki przedstawiono oddzielnie dla poszczególnych lat badań, gdyż lata badań istotnie wpływały na badane zawartości fosforu i potasu w glebie.

Doświadczenie realizowano w latach znacznie różniących się warunkami meteorologicznymi. Sumy opadów atmosferycznych wynosiły kolejno w sezonach wegetacyjnych i latach: 425, 577, 761 mm (tab. 2), a średnia dobową temperatura powietrza: 8,8; 8,2; 9,2°C (tab. 3). Pierwszy sezon wegetacyjny i rok prowadzenia badań charakteryzo-

wał się mniejszą ilością opadów atmosferycznych i wyższą średniodobową temperaturą powietrza w porównaniu do wielolecia, drugi pod tym względem był zbliżony do analizowanego 30-lecia. Natomiast w trzecim roku prowadzenia doświadczeń opady były znacznie większe, a średniodobowe temperatury wyższe w stosunku do wielolecia (tab. 2 i 3).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Stosowanie preparatów mikrobiologicznych, w warunkach 3-letniego doświadczenia polowego w uprawie roślin zbożowych, prowadziło na ogół do istotnego wzrostu zawartości przyswajalnego fosforu w glebie w stosunku do obiektów kontrolnych, w których nie stosowano tych preparatów (tab. 4-6). W zależności od rodzaju preparatu mikrobiologicznego, sposobu jego stosowania, a także poziomu nawożenia N wartości tego parametru, w poszczególnych latach badań, kształtowały się różnie. Średnia zawartość przyswajalnego fosforu w glebie, wyliczona dla 3 preparatów, w kolejnych latach badań wykazała wzrost w stosunku do obiektów kontrolnych odpowiednio o: 8,75; 13,8 i 8,95%.

Największą ilość przyswajalnego fosforu w glebie stwierdzono w ostatnim roku badań (2014) i to pomimo

Tabela 4. Zawartość przyswajalnego fosforu (mg P_2O_5 w 100 g gleby) w glebie (0–20 cm), po zbiorze pszenżyta jarego w 2012 r.
Table 4. Content of available phosphorus (P_2O_5 mg per 100 g of soil) in soil (0–20 cm), after harvesting of triticale in 2012.

Preparat (I) Preparation	Poziom N (III) N level	Sposób stosowania preparatu mikrobiologicznego (II) A method of using of microbiological preparation			
		ściernisko stubble	ściernisko + słoma stubble + straw	ściernisko + słoma + N stubble + straw + N	średnia mean
Kontrola Control	N 0	23,0	23,0	22,3	22,8
	N I	22,4	28,2	24,1	24,9
	N II	23,7	24,8	24,3	24,3
	średnia; mean	23,0	25,3	23,6	24,0
EM	N 0	26,8	28,8	25,1	26,9
	N I	25,7	29,1	27,4	27,4
	N II	28,3	25,9	23,9	26,0
	średnia; mean	26,9	27,9	25,5	26,8
EmFarma Plus	N 0	25,4	23,8	27,9	25,7
	N I	23,3	29,2	26,2	26,2
	N II	28,6	27,4	27,6	27,9
	średnia; mean	25,8	26,8	27,2	26,6
UGmax	N 0	23,4	23,1	27,2	24,6
	N I	22,5	28,0	24,0	24,8
	N II	26,7	20,3	27,9	25,0
	średnia; mean	24,2	23,8	26,4	24,8
Średnia dla preparatu Mean for preparation	N 0	25,2	25,2	26,7	25,7
	N I	23,8	28,8	25,9	26,2
	N II	27,9	24,5	26,5	26,3
	średnia; mean	25,6	26,2	26,4	26,1

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

Tabela 5. Zawartość przyswajalnego fosforu (mg P₂O₅ w 100 g gleby) w glebie (0–20 cm), po zbiorze pszenicy ozimej w 2013 r.
Table 5. Content of available phosphorus (P₂O₅ mg per 100 g of soil) in soil (0–20 cm), after harvesting of winter wheat in 2013.

Preparat Preparation (I)	Poziom N N level (III)	Sposób stosowania preparatu mikrobiologicznego (II) Method of using of microbiological preparation			
		ściernisko stubble	ściernisko + słoma stubble + straw	ściernisko + słoma + N stubble + straw + N	średnia mean
Kontrola Control	N 0	22,5	20,6	21,4	21,5
	N I	22,6	20,5	22,3	21,8
	N II	21,9	22,9	21,0	21,9
	średnia; mean	22,3	21,3	21,6	21,7
EM	N 0	24,0	26,9	24,3	25,1
	N I	24,2	28,8	26,1	26,4
	N II	28,1	27,7	22,3	26,0
	średnia; mean	25,4	27,8	24,2	25,8
EmFarma Plus	N 0	26,0	24,7	23,5	24,7
	N I	22,0	22,0	23,1	22,4
	N II	26,4	24,1	23,4	24,6
	średnia; mean	24,8	23,6	23,3	23,9
UGmax	N 0	22,9	24,1	24,3	23,8
	N I	24,4	25,6	26,1	25,4
	N II	29,5	21,1	22,3	24,3
	średnia; mean	25,6	23,6	24,2	24,5
Średnia dla preparatu Mean for preparation	N 0	24,3	25,2	24,0	24,5
	N I	23,5	25,5	25,1	24,7
	N II	28,0	24,3	22,7	25,0
	średnia; mean	25,3	25,0	23,9	24,7

NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: I – 1,20, II – r.n., III – r.n.

r.n. – różnice nieistotne; nonsignificant differences

Tabela 6. Zawartość przyswajalnego fosforu (mg P₂O₅ w 100 g gleby) w glebie (0–20 cm), po zbiorze jęczmienia jarego w 2014 r.
Table 6. Content of available phosphorus (P₂O₅ mg per 100 g of soil) in soil (0–20 cm), after harvesting of spring barley in 2014.

Preparat Preparation (I)	Poziom N N level (III)	Sposób stosowania preparatu mikrobiologicznego (II) Method of using of microbiological preparation			
		ściernisko stubble	ściernisko + słoma stubble + straw	ściernisko + słoma + N stubble + straw + N	średnia mean
Kontrola Control	N 0	23,6	27,4	24,5	25,2
	N I	23,2	27,7	26,6	25,8
	N II	27,6	27,7	22,9	26,1
	średnia; mean	24,8	27,6	24,7	25,7
EM	N 0	30,0	27,9	28,5	28,8
	N I	28,0	28,0	30,6	28,9
	N II	29,2	24,7	24,0	26,0
	średnia; mean	29,1	26,9	27,7	27,9
EmFarma Plus	N 0	29,2	29,3	29,4	29,3
	N I	26,8	30,9	27,7	28,5
	N II	27,0	28,4	27,6	27,7
	średnia; mean	27,7	29,5	28,2	28,5
UGmax	N 0	29,2	26,5	31,5	29,1
	N I	23,8	29,1	30,8	27,9
	N II	28,4	22,3	27,7	26,1
	średnia; mean	27,1	26,0	30,0	27,7
Średnia dla preparatu Mean for preparation	N 0	29,5	27,9	29,8	29,1
	N I	26,2	29,3	29,7	28,4
	N II	28,2	25,1	26,4	26,6
	średnia; mean	28,0	27,5	28,6	28,0

NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: I – 1,10, II – r.n., III – 0,29, I x II – 0,25, II x III – 0,37

r.n. – różnice nieistotne; nonsignificant differences

Tabela 7. Wybrane elementy żyzności gleby po zbiorze pszenżyta jarego w 2012 r. (w 0–20 cm warstwie gleby)
Table 7. Chosen elements of soil fertility after harvesting triticale in 2012 (in the 0–20 cm soil layer).

Preparat Preparation (I)	Poziom N N level (III)	Sposób stosowania preparatu mikrobiologicznego (II) Method of using of microbiological preparation											
		ściernisko stubble			ściernisko + słoma stubble + straw			ściernisko + słoma + N stubble + straw + N			średnia mean		
		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil	
			K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg
Kontrola Control	N 0	6,7	11,3	3,4	6,6	10,5	3,1	6,4	10,3	3,7	6,5	10,7	3,4
	N I	6,4	13,2	3,6	6,8	12,9	3,3	6,3	11,8	3,7	6,5	12,6	3,5
	N II	6,5	12,5	3,6	6,7	9,2	3,1	6,3	11,7	3,5	6,5	11,1	3,4
	średnia mean	6,5	12,3	3,5	6,7	10,9	3,1	6,3	11,3	3,6	6,5	11,5	3,4
EM	N 0	6,8	12,0	2,8	6,6	12,0	3,4	6,5	13,6	3,3	6,6	12,5	3,1
	N I	6,7	11,9	3,2	6,8	15,3	2,7	6,6	11,7	3,3	6,7	13,0	3,0
	N II	6,6	12,6	3,4	6,5	10,9	3,6	6,4	15,0	3,3	6,5	12,8	3,4
	średnia mean	6,7	12,2	3,1	6,6	12,7	3,2	6,5	13,4	3,3	6,6	12,8	3,2
EmFarma Plus	N 0	6,8	10,2	2,8	6,6	11,0	3,0	6,6	10,2	3,1	6,7	10,5	3,0
	N I	6,4	11,1	2,7	6,8	11,4	2,5	6,5	11,9	3,0	6,6	11,5	2,7
	N II	6,6	11,4	2,7	6,4	13,8	3,4	6,5	12,1	3,2	6,5	12,4	3,1
	średnia mean	6,6	10,9	2,7	6,6	12,1	3,0	6,6	11,4	3,1	6,6	11,5	2,9
UGmax	N 0	6,5	10,2	2,5	6,4	10,2	2,9	6,3	10,7	2,9	6,4	10,4	2,8
	N I	6,3	10,5	2,5	6,5	12,1	2,8	6,4	10,8	2,7	6,4	11,1	2,7
	N II	6,5	12,1	2,4	6,1	11,1	3,1	6,6	12,3	2,3	6,4	11,8	2,6
	średnia mean	6,4	10,9	2,5	6,3	11,1	2,9	6,4	11,3	2,6	6,4	11,1	2,7

NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: (K₂O) I – 1,11; II – r.n., III – r.n.
(pH) I – r.n., II – r.n., III – r.n.
(Mg) I – r.n., II – r.n., III – r.n.

r.n. – różnice nieistotne; nonsignificant differences

3-letniego braku nawożenia roślin i gleby fosforem oraz corocznego wynoszenia znacznych ilości tego składnika z plonem roślin (dane nie publikowane). Jeśli chodzi o preparaty, to największą zawartością przyswajalnego fosforu w tym roku charakteryzowała się gleba z obiektów, w których stosowano EmFarma Plus (tab. 6). W tych obiektach stwierdzono wyższą zawartość przyswajalnego fosforu w glebie o 10,9%, podczas gdy w obiektach, gdzie stosowano EM-y i UGmax, wyniosła ona średnio 8,17% w stosunku do obiektów kontrolnych bez preparatów.

Prawdopodobnie duży wpływ na efektywność działania preparatów w ostatnim roku (2014) miały korzystne warunki pogodowe, zwiększona i dobrze rozłożona w czasie ilość opadów oraz wyższe temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach, jak również w całym sezonie wegetacyjnym, w stosunku nie tylko do poprzednich dwóch lat badań, ale także do wielolecia (tab. 2 i 3). W efekcie wzrostu wilgotności gleby i temperatury poprawiły się warunki rozwoju mikroorganizmów i życia biologicznego w glebie (najwyższą liczebność drobnoustrojów rozkładających fosforany stwierdzono w ostatnim roku badań, dane nie publikowane), jak również warunki do mi-

neralizacji i immobilizacji niektórych składników pokarmowych (Kaczmarek i in., 2008; Schenck, Müller, 2009).

Wpływ sposobu stosowania preparatów oraz nawożenia azotem na zawartość przyswajalnego fosforu w glebie, w latach 2012 i 2013, okazał się nieistotny. Tylko w 2014 r. wykazano, że wyższe dawki N na ogół istotnie zmniejszyły zawartość P₂O₅ w glebie, jednak ich wpływ był zależny od sposobu stosowania preparatu mikrobiologicznego (tab. 6). Zmniejszenie zawartości fosforu w glebie w obiektach z wyższymi dawkami azotu w tym roku można tłumaczyć między innymi większym pobraniem N z gleby z istotnie większymi plonami jęczmienia w stosunku do plonu roślin w obiektach z niższymi dawkami tego składnika (dane nie publikowane).

Stosowanie preparatów mikrobiologicznych prowadziło także do wzrostu zawartości przyswajalnego potasu w glebie w stosunku do obiektów kontrolnych, w których ich nie aplikowano – odmiennie w poszczególnych latach (tab. 7-9). W pierwszym roku, po zbiorze pszenżyta jarego (2012 r.) zawartość potasu w glebie była istotnie większa tylko w obiektach, gdzie stosowano EM, w stosunku do kontroli oraz preparatów EmFarma Plus i UGmax (tab.

Tabela 8. Wybrane elementy żyzności gleby po zbiorze pszenicy ozimej w 2013 r. (w 0–20 cm warstwie gleby)
Table 8. Chosen elements of soil fertility after harvesting winter wheat in 2012 (in the 0–20 cm soil layer).

Preparat (I) Preparation	Poziom N (III) N level	Sposób stosowania preparatu mikrobiologicznego (II) Method of using of microbiological preparation										średnia mean	
		ściernisko stubble			ściernisko + słoma stubble + straw			ściernisko + słoma + N stubble + straw + N					
		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil	
		K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg	
Kontrola Control	N 0	6,7	11,1	3,8	6,7	11,2	3,9	6,6	11,2	3,6	6,7	11,2	3,8
	N I	6,7	11,6	3,6	6,5	11,3	3,7	6,4	12,4	3,5	6,5	11,8	3,6
	N II	6,5	11,6	3,5	6,6	11,7	3,7	6,3	11,3	3,1	6,5	11,5	3,4
	średnia mean	6,6	11,4	3,6	6,6	11,4	3,8	6,4	11,6	3,4	6,6	11,5	3,6
EM	N 0	6,6	11,5	3,3	6,3	12,6	4,0	6,4	13,3	4,0	6,4	12,5	3,8
	N I	6,4	12,4	3,5	6,5	14,3	3,3	6,4	15,0	3,3	6,4	13,9	3,4
	N II	6,5	13,1	3,4	6,2	11,1	3,2	6,2	12,6	4,0	6,3	12,3	3,5
	średnia mean	6,5	12,3	3,4	6,3	12,7	3,5	6,3	13,6	3,8	6,4	12,9	3,6
EmFarma Plus	N 0	6,6	10,9	2,8	6,5	14,6	3,5	6,4	10,8	3,2	6,5	12,1	3,2
	N I	6,4	11,2	3,6	6,4	11,2	3,6	6,5	11,3	3,8	6,4	11,2	3,7
	N II	6,5	11,3	3,1	6,4	12,1	3,2	6,5	11,7	3,3	6,5	11,7	3,2
	średnia mean	6,5	11,1	3,2	6,4	12,6	3,4	6,5	11,3	3,4	6,5	11,7	3,3
UGmax	N 0	6,6	11,4	2,8	6,4	14,3	3,2	6,4	13,3	4,0	6,5	13,0	3,3
	N I	6,4	11,7	3,0	6,7	12,4	3,7	6,4	15,0	3,3	6,5	13,0	3,3
	N II	6,6	10,8	2,8	6,4	10,2	3,0	6,2	12,6	4,0	6,4	11,2	3,3
	średnia mean	6,5	11,3	2,9	6,5	12,3	3,3	6,3	13,6	3,8	6,5	12,4	3,3

NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: (K₂O) I – 0,58, II – 0,50; III – r.n., II x III – 0,87

(pH) I – r.n., II – r.n., III – r.n.

(Mg) I – r.n., II – r.n., III – r.n.

r.n. – różnice nieistotne; nonsignificant differences

7). Natomiast w drugim roku badań w glebie po zbiorze pszenicy ozimej (2013 r.) istotnie większą zawartość K₂O oznaczano w obiektach, gdzie stosowano preparaty EM oraz UGmax (tab. 8). W tym roku również sposób stosowania preparatów miał istotne znaczenie i w obiektach, gdzie preparaty mikrobiologiczne podawano na ściernisko ze słomą oraz ściernisko ze słomą z dodatkiem azotu odnotowywano istotnie wyższe zawartości potasu przyswajalnego w glebie w stosunku do obiektów, gdzie preparaty stosowane były na ściernisko bez słomy. Natomiast w trzecim roku badań nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju preparatów mikrobiologicznych i sposobu ich stosowania na zawartość przyswajalnego potasu w glebie (tab. 9). Odnotowano natomiast istotnie mniejszą zawartość przyswajalnego K₂O w glebie przy wyższym poziomie nawożenia N.

W 3-letnim okresie prowadzenia doświadczenia i stosowania badanych preparatów mikrobiologicznych nie stwierdzono ich wpływu na pH i zawartość przyswajalnego Mg w glebie (tab. 7-9).

Otrzymane wyniki własne wskazujące na zwiększenie zawartości w glebie przyswajalnych form fosforu

i potasu pod wpływem stosowania preparatów mikrobiologicznych korespondują w pewnym zakresie z wynikami badań Górskiego i Kleibera (2010). Cytowani autorzy, w uprawie roślin ozdobnych, stwierdzili pozytywny wpływ stosowania przedwegetacyjnego preparatu EM na zawartość dostępnych i łatwo rozpuszczalnych form składników pokarmowych (miedzy innymi P i K) w podłożu w stosunku do obiektów kontrolnych. Także Gajda i Igras (2003) w doświadczeniu wazonowym z pszenicą uzyskali wzrost zawartości przyswajalnego fosforu w glebie pod wpływem stosowania EM-A. Natomiast Martyniuk i Książak (2011) w jednorocznym doświadczeniu polowym z kukurydzą nie stwierdzili korzystnego wpływu preparatów mikrobiologicznych EM-Farming i UGmax na wzrost zasobności gleby w przyswajany P₂O₅, K₂O, Mg oraz wzrost pH gleby. Znane są również doniesienia literaturowe (Zydlík, Zydlík, 2008), że w wyniku aplikowania roztworów Efektywnych Mikroorganizmów uzyskano zmniejszenie zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie. Autorzy zinterpretowali to zjawisko jako następstwo pobrania składników przez rośliny. Ponadto Jakubus i in. (2010) w doświadczeniach inkubacyjnych gleby bez ro-

Tabela 9. Wybrane elementy żyzności gleby po zbiorze jęczmienia jarego w 2014 r. (w 0–20 cm warstwie gleby)
Table 9. Chosen elements of soil fertility after harvesting spring barley in 2012 (in the 0–20 cm soil layer).

Preparat (I) Preparation	Poziom N (III) N level	Sposób stosowania preparatu mikrobiologicznego (II) Method of using of microbiological preparation											
		ściernisko stubble			ściernisko + słoma stubble + straw			ściernisko + słoma + N stubble + straw + N			średnia mean		
		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil		pH KCl	mg/100 g gleby mg/100 g soil	
			K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg		K ₂ O	Mg
Kontrola Control	N 0	6,6	13,1	2,6	6,7	16,4	3,5	6,6	13,3	3,1	6,6	14,3	3,1
	N I	6,3	11,6	3,0	6,9	13,5	2,6	6,4	18,5	3,4	6,4	14,5	3,0
	N II	6,6	12,7	3,2	6,8	11,9	2,9	6,2	13,4	3,4	6,5	12,7	3,2
	średnia mean	6,5	12,5	2,9	6,8	13,9	3,0	6,4	15,1	3,3	6,5	13,8	3,1
EM	N 0	6,7	15,5	2,8	6,6	14,8	3,3	6,6	16,6	3,4	6,6	15,6	3,2
	N I	6,6	12,8	3,6	6,9	12,8	2,5	6,6	15,3	2,6	6,6	13,6	2,9
	N II	6,6	15,3	3,2	6,6	12,2	3,1	6,4	14,0	3,2	6,5	13,8	3,2
	średnia mean	6,6	14,5	3,2	6,7	13,3	3,0	6,5	15,3	3,1	6,6	14,4	3,1
EmFarma Plus	N 0	6,6	11,4	2,1	6,5	16,2	3,4	6,8	15,9	3,3	6,8	14,5	2,9
	N I	6,4	11,8	2,4	6,9	13,4	2,3	6,6	15,4	3,3	6,6	13,5	2,7
	N II	6,4	12,6	2,3	6,5	13,5	3,1	6,5	15,2	2,7	6,5	13,8	2,7
	średnia mean	6,5	11,9	2,3	6,6	14,4	2,9	6,6	15,5	3,1	6,6	13,9	2,8
UGmax	N 0	6,7	15,6	2,6	6,7	17,8	3,2	6,6	15,1	2,2	6,6	16,2	2,7
	N I	6,5	15,1	2,2	6,7	13,9	2,6	6,6	12,1	2,3	6,6	13,7	2,4
	N II	6,4	12,2	2,3	6,2	13,8	2,9	6,6	14,0	2,6	6,4	13,3	2,6
	średnia mean	6,5	14,3	2,4	6,5	15,2	2,9	6,6	13,7	2,4	6,5	14,4	2,6

NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: (K₂O) I – r.n.; II – r.n.; III – 0,92;

(pH) I – r.n.; II – r.n.; III – r.n.; (Mg) I – r.n.; II – r.n.; III – r.n.

r.n. – różnice nieistotne; nonsignificant differences

ślin uzyskali odmienną reakcję typów gleb na stosowanie EM-A – wzrastające dawki preparatu EM-A w warunkach gleby płowej przyczyniły się do wzrostu ilości przyswajalnego potasu, magnezu i siarki, natomiast w warunkach czarnej ziemi zawartości wyżej wymienionych składników w glebie malały.

Należy wspomnieć, że w literaturze polskiej i zagranicznej nie brakuje także zdecydowanie krytycznych artykułów na temat efektywności stosowania i działania preparatów mikrobiologicznych z technologii tzw. „Efektywnych Mikroorganizmów” w uprawach rolniczych (Condor i in., 2006; Martyniuk, Książak, 2011; Mayer i in., 2008).

WNIOSKI

1. Uzyskane 3-letnie wyniki badań wskazują, że stosowane preparaty mikrobiologiczne EM, EmFarma Plus oraz UGmax, wpływają na poprawę niektórych parametrów żyzności gleby. Aplikacja preparatów zawierających mikroorganizmy zwiększyła zawartość przyswajalnego fosforu w glebie po uprawie zbóż w każdym z 3 lat badań, natomiast potasu w dwu latach 2012 i 2013.

2. Sposób stosowania preparatów oraz dawka nawożenia azotem w różnym stopniu kształtowały zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu w poszczególnych latach badań.

3. W żadnym z lat badań nie stwierdzono istotnego wpływu preparatów mikrobiologicznych na pH gleby oraz na oznaczane zawartości przyswajalnego magnezu w glebie.

LITERATURA

- Condor A.F. Perez P.G. Lokare Ch., 2006.** Effective Microorganisms: Myth or reality. *Revista Peruana De Biologia*, 14(2): 315-320. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/biologia/14n2/pdf>
- Gajda A., Igras J., 2003.** Określenie produkcyjnych i ekologicznych skutków stosowania preparatu EM-A w uprawie zbóż i rzepaku. Wydanie IUNG Puławy, ss. 1-17.
- Górski R., Kleiber F., 2010.** Effect of Effective Microorganisms (EM) on nutrient contents in substrate and development and yielding of rose (*Rosa x hybrida*) and gerbera (*Gerbera jamesonii*). *Ecological Chemistry and Engineering S*, 7(4): 505-513.

- Higa T., 2003.** Rewolucja w ochronie naszej planety. Fundacja – Rozwój SGGW, Warszawa, 152 ss.
- Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W., 2010.** Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. IUNG-PIB, Puławy. Materiały Szkoleniowe, 95: 23 ss.
- Jakubus M., Kaczmarek Z., Gajewski P., 2010.** Wpływ wzrastających dawek preparatu EM-A na właściwości gleb uprawnych. Cz. II. Właściwości chemiczne. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 53(3): 128-132.
- Janas R., 2009.** Możliwości wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych. Problemy Inżynierii Rolniczej, 3: 111-119.
- Kaczmarek Z., Jakubus M., Grzelak M., Mrugalska., 2008.** Impact of the addition of various doses of Effective Microorganisms to arable-humus horizons of mineral soils on their physical and water properties. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 53(3): 118-121.
- Kocoń A., 2013.** Środki wspomagające uprawę roślin, środki poprawiające właściwości gleby – preparaty mikrobiologiczne. Materiały Szkoleniowe Studia Podyplomowe. Integrowana Produkcja Roślinna. Puławy, z. VIII: 95-99.
- Kotwica K., Jaskulska I., Piekarczyk M., Wasilewski P., Gałęzewski L., Kulpa D., 2013.** Wpływ użyźniacza gleby oraz stosowania biostymulatora na produktywność pszenicy ozimej w zmianowaniu i krótkotrwałej monokulturze. Fragmenta Agronomica, 30(4): 55-64.
- Martyniuk S., Księżak J., 2011.** Ocena pseudomikrobiologicznych preparatów stosowanych w uprawie roślin. Polish Journal of Agronomy, 6: 27-33.
- Mayer J., Scheid S., Oberholzer H-R., 2008.** How effective are “Effective microorganism”? Results from an organic farming field experiment. 16th JFOAM Organic Word Congress, Modena, Italy, 16-20.06. 2008: 40-43. <http://orgprints.org/14838>
- Priyadi, K., Abdul H., Siagian T.H., Nisa C., Azizah A., Raihani N., Inubushi K., 2005.** Effect of soil type, applications of chicken manure and effective microorganisms on corn yield and microbial properties of acidic wetland soils in Indonesia. Soil Science and Plant Nutrition, 51: 689-691.
- Schenck M., Müller T., 2009.** Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172: 704-712.
- Trawczyński C., Bogdanowicz P., 2007.** Wykorzystanie użyźniacza glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 52(4): 94-97.
- Toloczko W., Trawczyńska A., Niewiadomski A., 2009.** Zawartość związków próchnicznych w glebach nawożonych preparatem EM. Roczniki Gleboznawcze, 60(1): 97-101.
- Zydlík P., Zydlík K., 2008.** Impact of biological effective microorganisms (EM) preparations on some physic-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree rootstocks. Nauka Przyroda Technologie, 2(1): 1-7.

A. Kocoń, T. Jadczyzyn

THE EFFECT OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS, METHOD OF THEIR APPLICATION AND DOSES OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE CONTENT OF AVAILABLE PHOSPHORUS IN THE SOIL, AND OTHER SELECTED CHEMICAL INDICATORS OF SOIL FERTILITY

Summary

A study was carried out in Agricultural Experimental Station Grabów (the Mazowieckie voivodeship, Poland) to evaluate the effectiveness of the activity of preparations with microorganisms which positively affected selected properties of soil fertility. The study was carried out as field experiments with cereals, in the years of 2012–2014. The experiment was laid out as the split-block-split-plot design. The study included three factors. The first factor were three products which contained beneficial microorganisms: EM, EmFarma Plus, UGmax – soil fertilizer, and a control treatment – without the use of microbiological preparations. The second factor were three methods of the application of microbial preparations: on the stubble, on the stubble with the addition of straw, preparations with nitrogen applied on the stubble and straw, The third factor were doses of N fertilization: 0, 70, 140 kg N ha⁻¹. Annually, during the 3-year study soil pH, content of P₂O₅, K₂O and Mg were measured after the harvest. The results indicated that microbial preparations, such as EM, EmFarma Plus, and UGmax caused the improvement of some parameters of soil fertility, significantly increased in each of the three years the contents of soil available phosphorus, and in the years 2012 and 2013 also increased available potassium content in the soil. Under the conditions of the experiment, neither the method of the application of the preparations, nor nitrogen fertilization had a clear impact on the determination of the contents of available phosphorus, and potassium in the soil. Microbiological preparations did not have a significant influence on the soil pH, or the content of available magnesium in the soil.

key words: microbiological preparations, content of available phosphorus in soil, soil fertility