

HANNA SULEWSKA, GRAŻYNA PTASZYŃSKA

Katedra Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Poznaniu

REAKCJA KUKURYDZY UPRAWIANEJ NA ZIARNO NA STOSOWANIE PREPARATÓW MIKROBIOLOGICZNYCH

Reaction of maize grown for grain to microbiological preparations

ABSTRAKT: Doświadczenie przeprowadzono w ZDD Swadzim AR w Poznaniu w latach 2000–2003 jako 2-czynnikowe, założone w układzie split-plot w 4 powtórzeniach polowych, z odmianą Felicja. Badano wpływ preparatów mikrobiologicznych (EM1, Phylazonit M oraz Bactofil A) w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (0, 30, 60, 90 kg N·ha⁻¹) na plon ziarna kukurydzy.

Wykazano, że użycie preparatu Bactofil A powodowało istotny spadek plonu ziarna, obserwowany przy każdej dawce nawożenia azotem. Zastosowanie preparatów EM1 i Phylazonit M powodowało wzrost plonu niezależnie od zastosowanej dawki nawożenia, ale różnice nie były istotne statystycznie. Jedynie po zastosowaniu preparatu EM1 uzyskano prostoliniowy przyrost plonu ziarna przy wzrastających dawkach azotu na hektar. Wszystkie badane preparaty powodowały wzrost wilgotności ziarna przy zbiorze, co świadczy o tendencji do wydłużania okresu wegetacji roślin. W przypadku preparatu Phylazonit M zmiany nie były istotne statystycznie. Liczba ziarn w kolbie wzrastała nieistotnie po zastosowaniu wszystkich preparatów. Jedynie w obiektach z użyciem EM1 uzyskano istotnie większą masę tysiąca ziarn w stosunku do kontroli. Dwa pozostałe preparaty nie wpływały istotnie na tę cechę z tendencją do obniżania jej wartości. Również liczba kolb na 1 m² zmieniała się nieistotnie i niezależnie od stosowanych preparatów.

słowa kluczowe: key words:

kukurydza – maize, preparaty mikrobiologiczne – microbiological preparations, plon – yield

WSTĘP

Wymagania dotyczące ochrony środowiska wymuszają ograniczenie dawek nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin w rolnictwie. Dlatego prowadzi się badania m.in. nad preparatami biologicznymi, szczepieniem nasion bakteriami wpływającymi korzystnie na wzrost roślin i ich ochronę przed patogenami, a w efekcie powodującymi przyrost plonów. Lepsze poznanie drobnoustrojów ryzoferyowych zbóż da możliwość ich praktycznego wykorzystania, które może stać się istotnym elementem nowoczesnego rolnictwa.

Plonowanie większości gatunków roślin uprawnych w decydujący sposób zależy od nawożenia azotem. Zagadnienie to w uprawie kukurydzy jest bardzo dobrze poznane zarówno w kwestii poszukiwania optymalnych dawek N (1), jak i określenia jego efektywności (4-6). Nie ma danych literaturowych, które wskazywałyby na możliwość wykorzystania azotu z powietrza przy uprawie kukurydzy, względnie poprawy wykorzystania azotu pochodzącego z nawozów mineralnych i materii organicznej gleby poprzez wprowadzenie aktywnych szczepów drobnoustrojów. Do najbardziej znanych mikroorganizmów wolno żyjących wiążących wolny azot należą bakterie z rodzaju *Azospirillum*, które w ciągu ostatnich kilkunastu lat są znowu przedmiotem wzrastającego zainteresowania. Żyjąc w asocjacji z korzeniami wielu roślin jednoliściennych (wszystkich zbóż, kukurydzy, traw) mają zdolność nie tylko wiązania azotu atmosferycznego, ale również wytwarzania substancji wzrostowych, które stymulują rozwój systemu korzeniowego i przez to powodują usprawnienie pobierania wody i soli mineralnych przez roślinę. Dzięki tym właściwościom mogą wpływać na zwiększenie plonów (3).

Wyniki badań wskazują, że szczepienie roślin zbożowych drobnoustrojami może zwiększać plon ziarna przy minimalnym zakłóceniu równowagi mikrobiologicznej w ryzosferze (3).

Celem badań było określenie, czy preparaty EM1, Phylazonit M i Bactofil A mają wpływ na plon i strukturę plonu kukurydzy uprawianej na ziarno.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe stanowiące podstawę badań przeprowadzono w ZDD Swadzim AR w Poznaniu w latach 2000–2003, na glebie płowej wytworzonej z utworów polodowcowych, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego płytko zalegającego na glinie lekkiej. Zostało założone w układzie split-plot z 2 czynnikami, w 4 powtórzeniach polowych. Wysiewano kukurydzę odmiany Felicja.

Czynnikiem I rzędu był rodzaj preparatu mikrobiologicznego:

- EM1: zastosowano 2-krotny oprysk preparatem (3% EM1+ 3% melasy + 94% wody) w dawce 300 l roztworu na 1 ha wykonany przed siewem i po wschodach kukurydzy z wymieszaniem gleby przy użyciu agregatu oraz opielacza,
- Phylazonit M: zastosowano przed siewem w dawce 12 l·ha⁻¹ + 300 l wody, z wymieszaniem gleby przy użyciu agregatu,
- Bactofil A: zastosowano przed siewem w dawce 10 l·ha⁻¹ + 300 l wody, z wymieszaniem gleby przy użyciu agregatu,
- obiekt kontrolny – poletka bez użycia badanych preparatów, 300 l wody na 1 ha wymieszano z glebą przy użyciu agregatu.

Preparat EM1 składa się z różnych szczepów mikroorganizmów wyizolowanych na Uniwersytecie Okinawa, ze stanowisk naturalnych, hodowanych na specjalnych podłożach. EM1 nie zawiera żadnych genetycznie modyfikowanych mikroorgani-

zmów. Producenci zapewniają, że jest to środek poprawiający warunki glebowe, ograniczający szkodliwość patogenów, poprawiający efektywność wykorzystania materii organicznej przez rośliny uprawne. Węgierskie preparaty Phylazonit M oraz Bactofil A (dla Monocotyledones) zawierają szczepy bakterii glebowych aktywnie wiążących azot z powietrza (*Azotobacter*, *Azospirillum*) oraz *Bacillus* i *Pseudomonas* uaktywniające uwsteczniony fosfor w glebie, przez co zmniejsza się zapotrzebowanie na nawozy mineralne, ponadto ograniczają wymywanie nawozów do wód gruntowych i zwiększają opłacalność uprawy.

Czynnikami II rzędu była dawka azotu: 0, 30, 60, 90 kg N·ha⁻¹, stosowanego wczesną wiosną pod kultywator.

Wykonując syntezę, z uwagi na brak możliwości otrzymania wszystkich preparatów w każdym z 4 lat badań, uzyskane wyniki zestawiono oddzielnie dla każdego preparatu i obiektu kontrolnego oraz jako wartości względne w stosunku do kontroli. Wyniki badań opracowano statystycznie uwzględniając analizę wariancji, regresję oraz charakterystyki obiektów badawczych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wszystkie preparaty mikrobiologiczne stosowane w doświadczeniu były bezpieczne dla roślin i nie wpływały na tempo ich rozwoju, natomiast w przypadku zastosowania preparatów EM1 oraz Bactofil A uwidoczniła się tendencja do wydłużania okresu wegetacji. Badane środki w różny sposób oddziaływały na plony ziarna kukurydzy. Niewielki, nieistotny statystycznie przyrost plonu zaobserwowano po zastosowaniu preparatu EM1 (tab. 1, rys. 1). Phylazonit M nie wpływał na plon (tab. 2, rys. 2), a w przypadku Bactofilu A plony były mniejsze niż w obiekcie kontrolnym (tab. 3, rys. 3). We wszystkich obiektach nawozowych z Bactofilem A plon ziarna był mniejszy niż bez użycia środka, a spadek plonu wywołany wyższymi dawkami azotu był mniejszy po użyciu Bactofilu A niż w obiekcie kontrolnym (rys. 3).

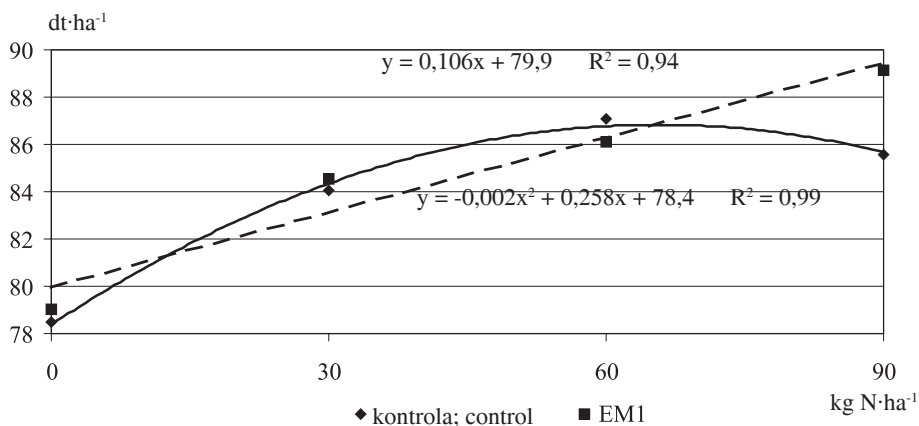
Dawki nawożenia azotem od 0 do 90 kg N·ha⁻¹ wywarły istotny wpływ na plon ziarna, niezależnie od badanych preparatów. Po zastosowaniu środka Bactofil A największy plon zanotowano przy dawce zaledwie 30 kg N·ha⁻¹ (tab. 3, rys. 3), natomiast w obiektach z preparatami EM1 – przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ oraz Phylazonit M – przy dawce 60 kg N·ha⁻¹. Ciekawa reakcja wystąpiła w doświadczeniu z Phylazonitem M, gdyż w obiekcie kontrolnym maksymalne plony uzyskano przy dawce 30 kg N·ha⁻¹. Wynik ten należy traktować z ostrożnością, ponieważ preparat ten badano tylko przez 2 lata. Osiągnięcie maksimum plonowania przy dawkach zaledwie 30 kg N·ha⁻¹ można tłumaczyć wykorzystaniem azotu niepobranego przez rośliny przedplonowe w lata ciepłe i suche (2000, 2001, 2002) oraz suszą w większości lat prowadzenia doświadczenia, uniemożliwiającą pełną realizację potencjału plonotwórczego roślin.

Zastosowanie Bactofilu A w większości badanych obiektów powodowało stabilizację plonu (tab. 5). Przy nawożeniu 60 i 90 kg N·ha⁻¹ minimalny plon był większy niż w obiektach kontrolnych.

Tabela 1

Plon ziarna (dt·ha⁻¹) po zastosowaniu preparatu EM1 w latach 2000, 2001 i 2003
 Grain yield (dt·ha⁻¹) after application of EM1 in 2000, 2001 and 2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	78,48	84,03	87,09	85,56	83,79
EM1	79,05	84,54	86,09	89,13	84,70
% kontroli; % of control	100,7	100,6	98,9	104,2	101,1
NIR dla: LSD for: A = r.n. B = 1,544 A×B = 2,183 B×A = 2,245					



Rys. 1. Plony ziarna w zależności od nawożenia azotem oraz równania regresji
 Grain yield as affected by N application with regression equations

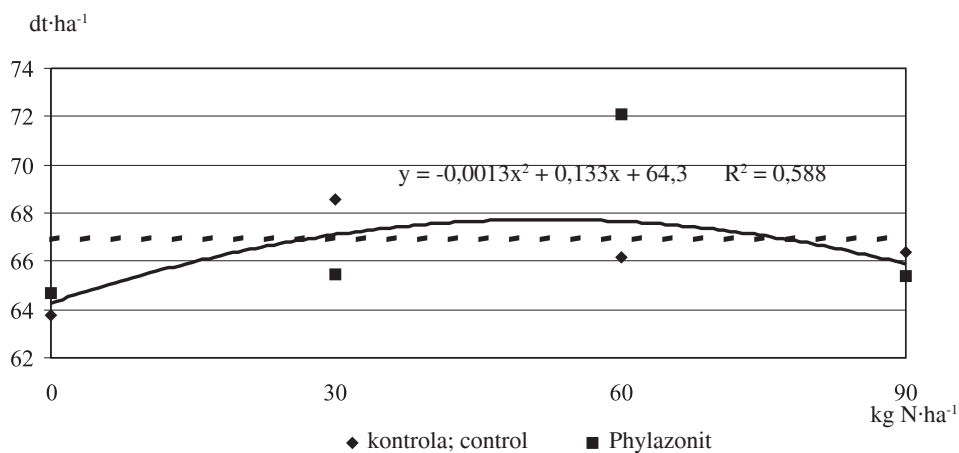
Dogłębowe zastosowanie środka EM1 powodowało statystycznie nieistotny wzrost plonu ziarna w porównaniu z kontrolą, średnio o 0,9 dt (1,1%). Istotny wzrost plonu nastąpił wraz ze zwiększaniem dawki azotu. Ponadto istotna była interakcja między badanymi czynnikami, która powodowała wzrost plonu wraz ze wzrostem dawek N do 90 kg·ha⁻¹ w obiektach z użyciem preparatu EM1, a tylko do dawki 60 kg N·ha⁻¹ w obiekcie kontrolnym (tab. 1, rys. 1).

Wykazano również, że stosowanie preparatu EM1 wraz z wyższymi dawkami azotu (60 i 90 kg N·ha⁻¹) ograniczało zmienność plonowania roślin (tab. 4). Natomiast

Tabela 2

Plon ziarna (dt·ha⁻¹) po zastosowaniu preparatu Phylazonit M w latach 2000 i 2002
 Grain yield (dt·ha⁻¹) after application of Phylazonit M in 2000 and 2002

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	63,78	68,57	66,19	66,38	66,23
Phylazonit M	64,68	65,44	72,10	65,42	66,91
% kontroli; % of control	101,4	95,4	108,9	98,5	101,0
NIR dla: LSD for: A – r.n. B – 1,872 A×B – 2,648 B×A – 2,718					



Rys. 2. Plony ziarna w zależności od nawożenia azotem oraz równania regresji
 Grain yield as affected by N application with regression equations

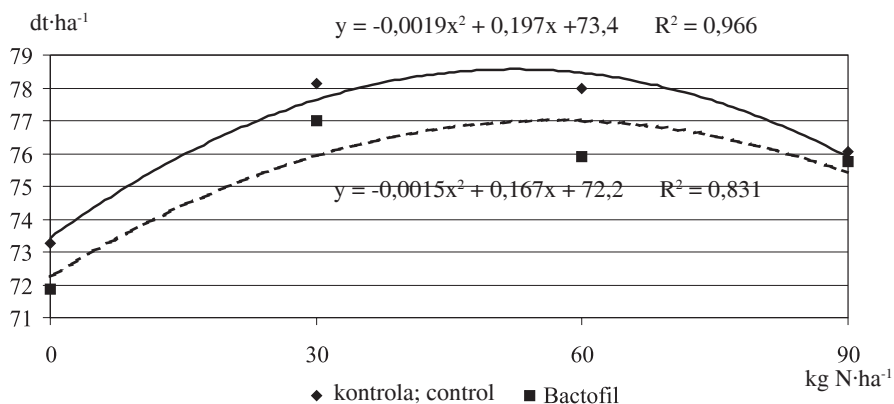
zastosowanie EM1 w obiektach 0 i 30 kg·ha⁻¹ zwiększało zmienność plonu. Plony minimalne i maksymalne po zastosowaniu tego środka bez nawożenia azotem oraz przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ były większe niż w obiektach kontrolnych.

Rachunek regresji wykazał prostoliniowy przyrost plonu po zastosowaniu preparatu EM1 oraz wzrastających dawek azotu (rys. 1). Wynosił on średnio 0,106 dt/1 kg N. Natomiast w obiekcie kontrolnym zależność miała postać wielomianu drugiego stopnia. Bardzo wysokie współczynniki determinacji świadczą o dobrym dopasowaniu równań.

Tabela 3

Plon ziarna (dt·ha⁻¹) po zastosowaniu preparatu Bactofil A w latach 2001–2003
 Grain yield (dt·ha⁻¹) after application of Bactofil A in 2001–2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	73,27	78,12	77,97	76,05	76,35
Bactofil A	71,88	76,99	75,91	75,77	75,14
% kontroli; % of control	98,1	98,6	97,4	99,6	98,4
NIR; LSD dla: for:	A = 1,074 B = 1,511 A×B = r.n.				



Rys. 3. Plony ziarna w zależności od nawożenia azotem oraz równanie regresji
 Grain yield as affected by N application with regression equations

Stosowanie preparatu Phylazonit M powodowało wzrost plonu, jednak bez istotnych różnic statystycznych (tab. 2). W obiekcie kontrolnym największy plon ziarna uzyskano przy dawce 30 kg N·ha⁻¹, natomiast po zastosowaniu środka mikrobiologicznego największy plon odnotowano przy dawce 60 kg N·ha⁻¹, co potwierdzono statystycznie. Zjawisko to wystąpiło w pierwszym roku badań we wszystkich powtórzeniach. Do uzyskanych wyników należy podchodzić z ostrożnością, gdyż badania nad reakcją kukurydzy na Phylazonit M prowadzono tylko przez 2 lata. Reakcja kukurydzy jest trudna do interpretacji i wskazuje na silny dodatkowy wpływ warunków uprawy, co uzasadnia potrzebę prowadzenia dalszych badań w tym zakresie.

Tabela 4

Zmienność plonów ziarna po zastosowaniu preparatu EM1
Grain yield variability after application of EM1

Preparat Preparation	Dawki N N dose (kg·ha ⁻¹)	Wartości Values min–max	Odchylenie stan- dardowe SD	Współczynnik zmienności CV
Kontrola Control	0	51,76–114,53	23,94	30,51
	30	56,13–117,98	25,82	30,74
	60	58,57–123,94	26,54	30,48
	90	57,47–118,57	24,33	28,44
EM1	0	53,61–121,76	27,16	34,37
	30	55,79–121,17	26,15	30,94
	60	58,73–122,77	25,17	29,25
	90	63,36–122,18	23,90	26,82

Tabela 5

Zmienność plonów ziarna po zastosowaniu preparatu Bactofil A
Grain yield variability after application of Bactofil A

Preparat Preparation	Dawki N N dose (kg·ha ⁻¹)	Wartości Values min–max	Odchylenie stan- dardowe SD	Współczynnik zmienności CV
Kontrola Control	0	51,76–114,53	26,58	36,28
	30	56,13–117,98	28,80	36,87
	60	47,39–123,94	32,10	41,17
	90	49,07–118,57	29,82	39,22
Bactofil A	0	50,33–108,90	24,76	34,46
	30	54,20–115,88	28,52	37,05
	60	51,34–119,24	27,35	36,03
	90	52,52–113,52	26,52	35,00

Tabela 6

Zmienność plonów ziarna po zastosowaniu preparatu Phylazonit M
Grain yield variability after application of Phylazonit M

Preparat Preparation	Dawki N N dose (kg·ha ⁻¹)	Wartości min–max	Odchylenie stan- dardowe SD	Współczynnik zmienności CV
Kontrola Control	0	54,03–77,31	8,87	13,91
	30	56,47–80,00	9,76	14,24
	60	47,39–84,03	15,14	22,87
	90	49,07–87,05	15,67	23,60
Phylazonit M	0	58,90–69,41	4,19	6,48
	30	56,55–73,36	7,59	11,61
	60	59,49–84,78	11,88	16,49
	90	49,83–83,52	14,49	22,15

Stosowanie preparatu Phylazonit M przyczyniało się do stabilizacji plonu przy każdym poziomie nawożenia azotem (tab. 6). Również plony minimalne w obiektach z użyciem tego środka były większe niż w obiektach kontrolnych przy wszystkich dawkach azotu.

Nie udało się uzyskać dopasowanego równania opisującego współdziałanie preparatu Phylazonit M oraz dawek azotu na plonowanie kukurydzy (rys. 2). Nie występuje ukierunkowane działanie preparatu Phylazonit M na plon. W obiekcie kontrolnym zmiany plonu pod wpływem różnicowania dawek N opisano wielomianem 2°.

W badaniach Król (3) u większości roślin zbożowych: pszenicy, kukurydzy, sorga i innych zbóż szczepionych *Azospirillum* uzyskiwano wyraźny wzrost plonów części wegetatywnych (o 18–39%). Ponadto wykazano lepszy rozwój systemu korzeniowego i zwiększenie plonów ziarna o 10–30%. W warunkach polowych najlepszy efekt wystąpił w przypadku szczepienia *Azospirillum* siewek kukurydzy, wzrost o 60–70% uzyskiwano przy optymalnym nawożeniu i nawodnieniu roślin. Również w badaniach Kapulnika i in. (2) zaobserwowano 17% wzrost plonu kukurydzy po zaszczepieniu jej *Azospirillum brasilense*, przy nawożeniu 240 kg N·ha⁻¹. Jak podają autorzy, o wyższe plonu nie decydowało prawdopodobnie zaspokojenie zapotrzebowania na azot na drodze wiązania N₂, mogła być natomiast spowodowana działaniem substancji wzrostowych lub nie zbadanych do tej pory innych czynników. Niewykluczone, że jednym z nich są enzymy pektynolityczne. Badania własne, mimo że prowadzone również na kukurydzy z użyciem preparatów zawierających *Azospirillum* w warunkach różnego zaopatrzenia w azot, nie potwierdziły cytowanych rezultatów, być może z powodu suszy zarówno w okresie siewu, jak i w późniejszych fazach rozwoju roślin. Według Paszkowskiego i Wróblewskiej (7) na występowanie szczepów bakterii w ryzosferze decydujący wpływ ma nie tylko gatunek, ale również odmiana. Tak więc wybór odmiany w doświadczeniach własnych mógł też być przyczyną braku wyraźnej reakcji na stosowane preparaty mikrobiologiczne.

Jak podaje Król (3), obecnie uważa się, że w przypadku asocjacji *Azospirillum* z roślinami niemotylikowatymi udział związanego N₂ w zaspokajaniu ich zapotrzebowania na azot jest niewielki. Większość tego azotu może być udostępniona roślinom dopiero po śmierci i lizie komórek bakteryjnych, natomiast obserwowane zwiększenie plonu jest raczej spowodowane wpływem substancji wzrostowych, enzymów pektynolitycznych lub celulolitycznych lub sideroforów produkowanych przez te bakterie.

W przeprowadzonych doświadczeniach zastosowanie każdego preparatu mikrobiologicznego prowadziło do wzrostu wilgotności ziarna przy zbiorze (tab. 7-9). Wskazuje to na wydłużenie wegetacji i opóźnienie dojrzewania kukurydzy uprawianej z użyciem tych środków. Istotnie statystycznie zmiany wilgotności ziarna stwierdzono w obiektach, w których stosowano preparat EM1 (wzrost o 0,6%) oraz Bactofil A (wzrost o 0,4%). Stosownie nawożenia azotem istotnie modyfikowało działanie preparatów mikrobiologicznych EM1 oraz Phylazonit M w zakresie tej cechy, natomiast w przypadku Bactofilu A nie wystąpiła taka interakcja. Wilgotność ziarna zarówno

Tabela 7

Wilgotność ziarna (%) po zastosowaniu preparatu EM1 w latach 2000, 2001 i 2003
Grain moisture (%) after application of EM1 in 2000, 2001 and 2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	28,1	27,7	27,5	27,8	27,8
EM1	28,9	28,7	27,8	28,3	28,4
Różnica; Difference	0,8	1,0	0,3	0,5	0,6
NIR dla; LSD for:	A – 0,272 B – 0,247 A×B – 0,350 B×A – 0,406				

Tabela 8

Wilgotność ziarna (%) po zastosowaniu preparatu Bactofil A w latach 2001–2003
Grain moisture (%) after application of Bactofil A in 2001–2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	28,9	28,5	28,6	28,7	28,7
Bactofil A	29,5	28,8	28,7	29,3	29,1
Różnica; Difference	0,6	0,3	0,1	0,6	0,4
NIR dla; LSD for:	A – 0,203 B – 0,298 A×B – r.n.				

Tabela 9

Wilgotność ziarna (%) po zastosowaniu preparatu Phylazonit M w latach 2000 i 2002
Grain moisture (%) after application of Phylazonit M in 2000 and 2002

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	26,7	27,1	27,9	27,4	27,3
Phylazonit M	27,4	27,1	27,4	27,8	27,4
Różnica; Difference	0,7	0	-0,5	0,4	0,1
NIR; LSD dla; for:	A – r.n. B – 0,379 A×B – 0,536 B×A – 0,556				

Tabela 10

Masa 1000 ziarn (g) po zastosowaniu preparatu EM1 w latach 2000, 2001 i 2003
1000 kernels weight (g) after application of EM1 in 2000, 2001 and 2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	261,03	265,26	269,20	265,19	265,17
EM1	273,67	272,55	276,27	274,96	274,36
% kontroli; % of control	104,8	102,7	102,6	103,7	103,4
NIR dla; LSD for:	A – 6,316 B – r.n. A×B – r.n.				

Tabela 11

Masa 1000 ziarn (g) po zastosowaniu preparatu Bactofil A w latach 2001–2003
1000 kernels weight (g) after application of Bactofil A in 2001–2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	251,05	250,59	248,60	252,28	250,63
Bactofil A	248,31	249,61	253,63	261,60	253,29
% kontroli; % of control	98,9	99,6	102,0	103,7	101,3
NIR; LSD dla; for:	A – r.n. B – r.n. A×B – r.n.				

Tabela 12

Masa 1000 ziarn (g) po zastosowaniu preparatu Phylazonit M w latach 2000 i 2002
1000 kernels weight (g) after application of Phylazonit M in 2000 and 2002

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	267,02	273,28	270,25	278,91	272,37
Phylazonit M	264,07	266,42	276,87	273,94	270,33
% kontroli; % of control	98,9	97,5	102,4	98,2	99,2
NIR dla; LSD for:	A – r.n. B – 6,975 A×B – r.n.				

Tabela 13

Liczba ziarn w kolbie po zastosowaniu preparatu EM1 w latach 2000, 2001 i 2003
Number of kernels in cob after application of EM1 in 2000, 2001 and 2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	459,9	469,3	474,3	472,7	469,0
EM1	463,2	483,3	467,1	474,1	471,9
% kontroli; % of control	100,7	102,9	98,5	100,3	100,6
NIR dla: LSD for:	A = r.n. B = r.n. A×B = r.n.				

Tabela 14

Liczba ziarn w kolbie po zastosowaniu preparatu Bactofil A w latach 2001–2003
Number of kernels in cob after application of Bactofil A in 2001–2003

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	440,0	436,1	442,3	445,8	441,0
Bactofil A	440,7	454,7	452,6	467,0	453,7
% kontroli; % of control	100,1	104,2	102,3	104,7	102,8
NIR dla: LSD for:	A – r.n. B – r.n. A×B – r.n.				

Tabela 15

Liczba ziarn w kolbie po zastosowaniu preparatu Phylazonit M w latach 2000 i 2002
Number of kernels in cob after application of Phylazonit M in 2000 and 2002

Preparat Preparation A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	398,1	403,0	408,5	426,4	409,0
Phylazonit M	406,9	403,4	409,1	441,4	415,2
% kontroli; % of control	102,2	100,1	100,2	103,5	101,2
NIR dla: LSD for:	A = r.n. B = 16,67 A×B = r.n.				

Tabela 16

Liczba kolb (szt. \cdot m⁻²) po zastosowaniu preparatu EM1 w latach 2000, 2001 i 2003
 Number of cobs/m² after application of EM1 in 2000, 2001 and 2003

Czynnik Factor A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	7,63	7,76	7,99	7,75	7,78
EM1	7,82	7,86	7,75	7,99	7,85
% kontroli; % of control	102,5	101,3	96,9	103,1	100,9
NIR dla: LSD for:	A – r.n. B – r.n. A×B – r.n.				

Tabela 17

Liczba kolb (szt. \cdot m⁻²) po zastosowaniu preparatu Bactofil A w latach 2001–2003
 Number of cobs/m² after application of Bactofil A in 2001–2003

Czynnik Factor A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	7,53	7,58	7,69	7,40	7,55
Bactofil A	7,61	7,79	7,33	7,40	7,53
% kontroli; % of control	101,0	102,7	95,3	100,0	99,7
NIR dla: LSD for:	A – r.n. B – r.n. AB – r.n.				

Tabela 18

Liczba kolb (szt. \cdot m⁻²) po zastosowaniu preparatu Phylazonit M w latach 2000–2002
 Number of cobs/m² after application of Phylazonit M in 2000–2002

Czynnik Factor A	Dawki nawożenia azotem; Nitrogen fertilization doses (kg·ha ⁻¹) – B				Średnio Mean
	0	30	60	90	
Kontrola; Control	7,95	8,06	7,97	7,85	7,96
Phylazonit M	8,04	8,06	7,92	7,79	7,95
% kontroli; % of control	101,1	100,0	99,4	99,2	99,8
NIR dla: LSD for:	A – r.n. B – r.n. A×B – r.n.				

w obiekcie kontrolnym, jak i z użyciem EM1 była największa, gdy nie stosowano azotu, przy czym w kontroli każda dawka azotu powodowała istotny w porównaniu z obiektem zerowym spadek wilgotności ziarna, podczas gdy po zastosowaniu EM1 do dawki 30 kg N·ha⁻¹ różnice były nieistotne. Tę wyjątkową reakcję na stosowanie azotu można wyjaśnić suszą w latach badań z preparatem EM1. Rośliny przedwcześnie zasychały i nie wykorzystywały nawozu. Zastosowanie Phylazonitu M powodowało bardziej typową reakcję i obserwowano raczej wzrost wilgotności ziarna przy zbiorze po zastosowaniu nawożenia azotem lub brak istotnych zmian w tym względzie.

Masa tysiąca ziarn wzrastała istotnie, średnio o 3,4%, jedynie w obiekcie, w którym zastosowano preparat EM1 (tab. 10). Po użyciu Bactofilu A zanotowano niewielki, o 1,3%, wzrost MTZ, a po zastosowaniu Phylazonitu spadek o 0,8% (tab. 11, 12).

Badane preparaty nie wywarły istotnego wpływu na liczbę ziarn w kolbie. Jednak można wskazać tendencję do niewielkiego jej zwiększenia, o 0,6–2,8%, w zależności od użytego preparatu (tab. 13-15). Phylazonit M zwiększał wartość tej cechy na każdym z zastosowanych poziomów nawożenia azotem. Największy wzrost stwierdzono przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ – 3,5%.

Testowane preparaty nie wpływały istotnie na liczbę kolb na 1 m² (tab. 16-18). Po zastosowaniu EM1 zanotowano niewielki, o 0,9%, wzrost liczby zawiązanych kolb, podczas gdy po stosowaniu preparatu Bactofil A oraz Phylazonit M nastąpił niewielki, odpowiednio o 0,3 i 0,2%, jej spadek. Największy w omawianych doświadczeniach wzrost liczby kolb na 1 m² zaobserwowano w obiekcie z użyciem preparatu EM1 oraz 90 kg N·ha⁻¹ – o 3,1% w porównaniu z kontrolą.

Szczepienie roślin bakteriami z rodzaju *Azospirillum* może się okazać w przyszłości jeszcze jednym sposobem praktycznego zwiększenia plonów upraw rolnych niezależnie od tego, czy korzystny wpływ takich zabiegów dotyczy wiązania azotu atmosferycznego, produkcji fitohormonów czy też innych nie odkrytych do tej pory skutków oddziaływania tych bakterii na rośliny (3).

Wydaje się celowe prowadzenie dalszych badań dotyczących tych zagadnień.

WNIOSKI

1. Plony ziarna kukurydzy zmieniały się nieznacznie pod wpływem zastosowanych preparatów mikrobiologicznych.

2. Użycie preparatu Bactofil A powodowało istotny spadek plonów ziarna, obserwowany przy wszystkich dawkach azotu.

3. Zastosowanie preparatów EM1 i Phylazonit M powodowało nieistotny wzrost plonu niezależnie od zastosowanej dawki nawożenia.

4. Jedynie po zastosowaniu preparatu EM1 uzyskano prostoliniowy przyrost plonu ziarna przy wzrastających dawkach azotu na hektar.

5. Wszystkie badane preparaty powodowały wzrost wilgotności ziarna przy zbiorze, co świadczy o tendencji do wydłużania okresu wegetacji kukurydzy. Po zastosowaniu preparatu Phylazonit M wzrost wilgotności ziarna nie był istotny statystycznie.

6. Liczba ziarn w kolbie wzrastała po zastosowaniu wszystkich preparatów, zmiany nie były jednak istotne statystycznie.

7. Zastosowanie EM1 istotnie zwiększyło masę tysiąca ziarn w stosunku do kontroli. Dwa pozostałe preparaty wpływały nieistotnie na MTZ, z tendencją do jej zmniejszania.

8. Zmiany liczby kolb na 1 m² były nieistotne i niezależne od stosowanych preparatów mikrobiologicznych.

LITERATURA

1. Fotyma E.: Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. III. Kukurydza. *Fragm. Agron.*, 1994, 4: 20-35.
2. Kapulnik Y., Okon Y., Henis Y.: Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation. *Can. J. Microbiol.*, 1985, 31: 881.
3. Król M. J.: *Azospirillum* – bakterie asocjacyjne w zrównoważonym rolnictwie. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 1999, Ser. Rolnictwo, 201(78): 93-102.
4. Kruczek A.: Efektywność nawożenia azotem kukurydzy uprawianej na ziarno w regionie Wielkopolski. *Rocz. Nauk Rol.*, 1997, Seria A, 112(3-4): 183-198.
5. Kruczek A.: Ilościowe zależności pomiędzy produkcją suchej masy kukurydzy a zawartością azotu ogólnego. *Fragm. Agron.*, 1996, XIII, 4(52): 92-99.
6. Kruczek A.: Zmiany zawartości różnych form azotu w częściach nadziemnych kukurydzy w zależności od nawożenia azotowego i fazy rozwojowej. *Post. Nauk Rol.*, 1996, 5: 67-76.
7. Paszkowski W., Wróblewska B.: Występowanie cyjanogennych bakterii z rodzaju *Pseudomonas* w ryzosferze zbóż i kukurydzy. *Pam. Puł.*, 2001, 126: 25-31.

REACTION OF MAIZE GROWN FOR GRAIN TO MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS

Summary

The experiment was carried out in the Experimental Station of Poznań Agricultural University in Swadzim in 2000–2003 as a two factor trial in split-plot design with four replications with variety Felicja. The influence of microbial preparations (EM1, Phylazonit M and Bactofil A) on maize grain yield was tested in various N application (0, 30, 60, 90 kg N·ha⁻¹).

It was shown, that Bactofil A caused a significant decrease of grain yields at all nitrogen fertilization levels. Application of preparations EM1 and Phylazonit M caused increase of yield at all nitrogen doses, but was not proved statistically. Only after application of EM1 increase of grain yield was linear at increased nitrogen doses per hectare. All tested preparations caused increase of grain moisture at harvest, which can be connected with prolongation of the vegetative period. After application of Phylazonit M the increase of grain moisture was not statistically significant. Number of kernels in the ear increased

after application of all preparations, but was not proved statistically. Only after application of EM1 a significantly higher 1000 kernels weight was obtained. Application of two other preparations did not influence significantly this character with the tendency to decrease this value. Also number of ears·m⁻² did not vary significantly and without any relation to preparation applied.

Praca wpłynęła do Redakcji 15 XII 2004 r.