

ANDRZEJ KRUCZEK, PIOTR SZULC

Katedra Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Poznaniu

WPŁYW WIELKOŚCI DAWKI FOSFORU, RODZAJU NAWOZU
I SPOSOBU NAWOŻENIA NA PLONOWANIE KUKURYDZY
UPRAWIANEJ NA ZIARNO

Effect of phosphorus rate, fertilizer type and method of fertilization on the yield of maize cultivated for grain

ABSTRAKT: Doświadczenie polowe przeprowadzono w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Swadzimiu w latach 2000–2003. Badano 4 dawki fosforu: 40, 70, 100 i 130 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$; 2 rodzaje nawozu: superfosfat potrójny i fosforan amonu; 2 sposoby nawożenia: rzutowy i rzędowy (5 cm w bok i 5 cm poniżej nasion). Nawożenie startowe istotnie zwiększyło plon ziarna o $1,39 dt \cdot ha^{-1}$ w stosunku do nawożenia rzutowego. Nawożenie startowe fosforanem amonu zwiększało plon ziarna o $2,67 dt \cdot ha^{-1}$ w stosunku do nawożenia rzutowego. W przypadku superfosfatu sposób nawożenia nie wpływał na plon ziarna. Nawożenie rzędowe istotnie obniżyło zawartość wody w ziarnie (27,5%), w stosunku do nawożenia rzutowego (27,9%). Nie stwierdzono wpływu sposobu wysiewu nawozu, rodzaju nawozu i dawek fosforu na masę 1000 ziarn i liczbę ziarn w kolbie. Sposób nawożenia i rodzaj nawozu istotnie wpłynęły na liczbę kolb na $1 m^2$.

słowa kluczowe: key words:

sposób nawożenia – fertilization method, rodzaj nawozu – kind of fertilizer, fosfor – phosphorus, kukurydza – maize

WSTĘP

Przyczyną spowolnienia początkowego wzrostu kukurydzy w zbyt niskich temperaturach jest ograniczenie pobierania wody i składników mineralnych, zwłaszcza fosforu i azotu (1, 14). Odpowiednie stężenie fosforu w roztworze glebowym jest konieczne dla zapewnienia szybkiego wzrostu systemu korzeniowego kukurydzy, co umożliwi zmniejszenie skutków stresu żywieniowego (12). Jedną z metod zwiększenia ilości fosforu w bezpośredniej bliskości korzeni jest nawożenie rzędowe, które stosowane razem z siewem nazywane jest startowym (5, 6, 8, 10, 15, 18, 19). Taki sposób aplikacji nawozu wpływa na lepsze zaopatrzenie młodych roślin w składniki pokarmowe

(15), przyspiesza ich wzrost i rozwój oraz zwiększa plon ziarna (10). Nawożenie startowe pozwala również ograniczyć dawkę fosforu dzięki lepszemu jego wykorzystaniu w roku zastosowania oraz zmniejszeniu tempa jego uwsteczniania w glebach o niskiej zasobności w ten składnik (16). Na podstawie przedstawionych danych literaturowych można postawić pytanie, czy nawożenie zlokalizowane, przyczyniając się do stymulacji początkowego rozwoju kukurydzy, spowoduje wzrost plonów końcowych. Zlokalizowane stosowanie nawozów pod kukurydzę jest rutynową praktyką w niektórych krajach, zwłaszcza w USA (1). Doświadczenia przeprowadzone dotychczas w warunkach Polski dostarczyły jedynie fragmentarycznych wyników (4, 7, 8). Celem podjętych badań było określenie wpływu dawki fosforu oraz rzutowego i rzędowego (startowego) sposobu stosowania nawozu fosforowego i fosforowo-azotowego na plon ziarna kukurydzy, jego strukturę i dojrzałość ziarna w czasie zbioru.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Swadziemiu koło Poznania w latach 2000–2003. Doświadczenie prowadzono w układzie split-plot z 3 czynnikami, w 4 powtórzeniach polowych. Badano 4 dawki fosforu $40 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($17,4 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$), $70 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($30,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$), $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($43,6 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$) i $130 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($56,7 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$); dwa rodzaje nawozów: superfosfat potrójny granulowany (46% P_2O_5) i polidap NP (18% N i 46% P_2O_5) oraz dwa sposoby wysiewu nawozu: rzutowy na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowy, zlokalizowany wykonany jednocześnie z siewem nasion. Nawożenie N i K zostało wykonane przed siewem kukurydzy w dawkach $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (saletra amonowa 34% N) i $120 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($99,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$) w postaci soli potasowej 60%. Przedsięwzięciem dawkę azotu w obiektach, w których zastosowano polidap pomniejszono o ilość azotu wnoszonego w tym nawozie. Poza schematem doświadczenia prowadzono obiekt kontrolny $0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (saletra amonowa 34% N) i $120 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($99,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$). Do siewu wykorzystano siewnik punktowy Monosem, wyposażony w aplikator nawozów do rzędowego (startowego) ich stosowania jednocześnie z siewem nasion. Redlice nawozowe ustawiono w stosunku do redlic nasiennych w ten sposób, aby nawóz był umieszczony w glebie 5 cm z boku i 5 cm poniżej nasion. Siew nasion wykonano na głębokość 5–6 cm. W doświadczeniu wysiano odmianę Mona (FAO 250) hodowli firmy Pioneer.

Jednoroczne wyniki badań poddano jednozmienniej analizie wariancji, następnie wykonano syntezę doświadczeń wielokrotnych. Istotność różnic oceniano na poziomie $\alpha = 0,05$.

Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego płytko zalegającego na glinie lekkiej, należącej do kompleksu żynnego dobrego. Zasobność gleby w składniki pokarmowe i jej odczyn przedstawiono w tabeli 1.

Warunki termiczne podczas wegetacji w latach prowadzenia badań były sprzyjające dla kukurydzy (tab. 2). Szczególnie korzystne pod tym względem były lata 2002

Tabela 1

Warunki glebowe w Swadzimiu
Soil conditions at Swadzim

Wyszczególnienie Specification	Lata; Years			
	2000	2001	2002	2003
N-NH ₄ (mg 100 g ⁻¹ s.m. gleby) N-NH ₄ (mg 100 g ⁻¹ d.m. of soil)	0,15	0,12	0,10	0,09
N-NO ₃ (mg 100 g ⁻¹ s.m. gleby) N-NO ₃ (mg 100 g ⁻¹ d.m. of soil)	0,46	0,32	0,30	0,50
P (mg P ₂ O ₅ ·100 g ⁻¹ gleby) P (mg P ₂ O ₅ ·100 g ⁻¹ of soil)	17,7	29,6	24,7	14,6
P (mg P·100 g ⁻¹ gleby) P (mg P·100 g ⁻¹ of soil)	7,7	12,9	10,8	6,4
K (mg K ₂ O·100 g ⁻¹ gleby) K (mg K ₂ O·100 g ⁻¹ of soil)	19,3	16,3	14,8	6,3
K (mg K·100 g ⁻¹ gleby) K (mg K·100 g ⁻¹ of soil)	16,0	13,5	12,3	5,2
Mg (mg Mg·100 g ⁻¹ gleby) Mg (mg Mg·100 g ⁻¹ of soil)	4,6	3,6	4,8	5,6
pH w 1n KCl; pH in 1n KCl	6,10	6,80	6,97	6,40

Tabela 2

Warunki pogodowe w Swadzimiu
Weather conditions at Swadzim

Lata; Years	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Temperatura; Temperature (°C)							
2000	12,1	15,7	17,5	16,3	18,5	12,9	15,5
2001	8,3	15,2	15,3	19,9	19,3	12,2	15,0
2002	8,9	16,8	18,1	20,6	21,4	14,1	16,6
2003	8,6	15,7	19,2	19,8	20,0	15,1	16,4
1958-2003	7,8	13,3	16,5	18,2	17,7	13,4	14,5
Opady; Rainfall (mm)							
2000	15,7	47,4	29,9	73,0	95,6	38,8	300,4
2001	33,1	10,4	67,8	65,8	44,6	119,3	341,0
2002	34,2	45,7	38,1	29,6	56,1	15,8	219,5
2003	16,2	24,0	40,4	97,7	5,8	15,9	200,0
1958-2003	33,2	51,4	58,7	72,8	57,1	45,4	318,6
Współczynnik hydrotermiczny zabezpieczenia w wodę wg Sielianinowa The hydrothermal coefficient of water supply according to Sielianinow							
2000	0,43	0,97	0,57	1,44	1,66	1,00	1,01
2001	1,33	0,22	1,48	1,07	0,74	3,26	1,35
2002	1,28	0,87	0,71	0,46	0,84	0,37	0,76
2003	0,56	0,49	0,70	1,59	0,09	0,35	0,63
1958-2003	1,42	1,25	1,19	1,29	1,04	1,13	1,22

Interpretacja współczynnika hydrotermicznego; Interpretation of hydrothermal coefficient

0,00-0,50 – susza; drought

0,51-1,00 – półsusza (wilgotność dla większości roślin niedostateczna); semi-drought (insufficient moisture for majority of plants)

1,01-2,00 – względna wilgotność (wilgotność dla większości roślin dostateczna); relative moisture (sufficient moisture for majority of plants)

> 2,01 – duże uwilgotnienie (wilgotność dla większości roślin nadmierna); high moisture (excessive moisture for majority of plants)

i 2003, w których średnie temperatury za okres od kwietnia do września były odpowiednio o 2,1 i 1,9°C wyższe od średniej wieloletniej. Lata te charakteryzowały się jednocześnie znacznymi okresowymi niedoborami wilgoci w przeciągu całego okresu wegetacji. Suma opadów okresu IV–IX wynosiła jedynie 219,5 mm w 2002 r. i 200,0 mm w 2003 r. W roku 2003, pomimo najniższej sumy opadów okresu kwiecień–wrzesień, kukurydza miała wystarczające warunki wilgotnościowe, dzięki zbliżonym do normy miesięcznej opadom w czerwcu i przekraczającym normę opadom w lipcu. Współczynniki hydrotermiczne, uwzględniające w sposób kompleksowy zarówno temperatury powietrza, jak i opady atmosferyczne, pozwoliły stwierdzić, że umiarkowanie korzystne warunki pogodowe panowały w 2001 r. (z wyjątkiem maja) i 2000 r. (z wyjątkiem kwietnia i, w mniejszym stopniu, czerwca).

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość wody w ziarnie kukurydzy podczas zbioru uzależniona była od przebiegu pogody w latach. Największą wilgotność ziarna stwierdzono w roku 2000 – 32,7%, natomiast najmniejszą w roku 2003 – 22,6%. Niezależnie od przebiegu pogody zawartość wody w ziarnie zależała wyłącznie od sposobu wysiewu nawozu. Istotnie niższą jej zawartość stwierdzono w obiektach, gdzie nawóz był wysiewany rzędowo (27,5%) w porównaniu z obiektami z tradycyjnym wysiewem rzutowym (27,9%). Zależność ta wystąpiła we wszystkich latach prowadzenia badań, natomiast statystycznie potwierdzono ją w latach 2000 i 2003 (tab. 3). Zmniejszenie zawartości wody w ziarnie spowodowane rzędowym sposobem nawożenia uzyskali również D i b b i n. (3), M a s - c a g n i i B o q u e t (10), M u r p h y (15). Taki efekt tłumaczą lepszym odżywieniem roślin fosforem, który wpływa na szybsze dojrzewanie ziarna. Należy również zaznaczyć, że obniżona zawartość wody w ziarnie w wyniku nawożenia rzędowego podnosi efektywność tej metody nawożenia. Jak wyliczył L e r g e o u (9) spadek wilgotności ziarna przy zbiorze o 1% równoważy wzrost plonu ziarna o 1,5–2,1 dt·ha⁻¹. W badaniach własnych nawożenie startowe obniżyło, średnio za 4 lata, wilgotność ziarna o 0,4 pkt % w porównaniu z nawożeniem rzutowym, co w przeliczeniu daje dodatkową zwyżkę plonu ziarna o 0,6–0,84 dt·ha⁻¹.

Tabela 3

Wilgotność ziarna (%)
Grain moisture (%)

Sposób nawożenia Fertilization method	Lata; Years				Średnio Average
	2000	2001	2002	2003	
Rzutowo; Broadcast	33,0	27,3	28,5	22,6	27,9
Rzędowo; In rows	32,3	27,0	28,1	22,4	27,5
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	0,49	r.n.	r.n.	0,18	0,19

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

Przebieg pogody w latach był elementem najsilniej wpływającym na wielkość plonu ziarna kukurydzy. Najgorsze warunki panowały w roku 2002, w którym średni plon ziarna wynosił 59,38 dt·ha⁻¹, natomiast najlepsze w roku 2003 – 106,45 dt·ha⁻¹ (tab. 4). Średnio dla czterech lat badań, istotny wpływ na plon ziarna wywarł jedynie sposób wysiewu nawozu. Wykazano ponadto współdziałanie rodzaju nawozu oraz sposobu wysiewu. Niezależnie od lat prowadzenia badań, rodzaju nawozu i dawki fosforu, największy plon ziarna uzyskano w obiektach, w których nawóz był wysiewany rzędowo (89,01 dt·ha⁻¹); (tab. 4). Zwyżkę plonu pod wpływem nawożenia startowego, w stosunku do nawożenia rzutowego, stwierdzono we wszystkich latach badań, jednakże była on istotna jedynie w roku 2000 i 2003. Podobne wyniki uzyskali D i b b i in. (3), E g h b a l l i S a n d e r (5), M a s c a g n i i B o q u e t (10), M u r p h y (15), R a u n i B e r r e t o (17).

B a r r y i M i l l e r (2) stwierdzili, że duża koncentracja fosforu w suchej masie roślin kukurydzy przed fazą 6 liści istotnie zwiększa plon ziarna, co autorzy ci przypisują zwiększonemu pobieraniu fosforu przez kukurydzę w początkowym okresie rozwoju. Również M i l l e r i in. (11) potwierdzają, że prawidłowe odżywienie roślin w stadiach młodocianych ma decydujący wpływ na plon końcowy kukurydzy. W badaniach polskich przeprowadzonych przez D u b a s a i D u h r a (4) dodatni wpływ

Tabela 4

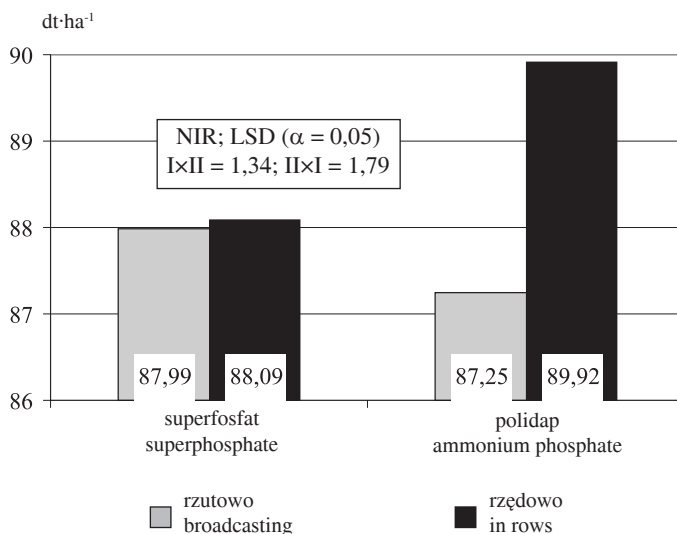
Plon ziarna kukurydzy (dt·ha⁻¹)
Yield of maize grain (dt ha⁻¹)

Wyszczególnienie Specification		Lata; Years				Średnio Average
		2000	2001	2002	2003	
Średnio dla obiektów nawozowych Average for fertilized treatments		92,76	94,66	59,38	106,45	Średnio Average
Średnio dla kontroli Average for control		92,56	91,20	59,06	104,68	
Dawka P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ dose (kg·ha ⁻¹)	40	94,26	94,73	62,48	103,34	
	70	97,60	93,77	60,03	105,40	89,20
	100	84,66	95,66	55,94	107,83	86,03
	130	94,50	94,47	59,07	109,20	89,32
	NIR; LSD (α = 0,05)		8,455	r.n.	r.n.	1,414
Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	superfosfat superphosphate	93,01	94,39	58,72	106,02	88,04
	fosforan amonu ammonium phosphate	92,50	94,92	60,04	106,87	88,59
	NIR; LSD (α = 0,05)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Sposób nawo- żenia Fertilization method	rzutowo; broadcast	91,54	94,56	58,63	105,73	87,62
	rzędowo; in rows	93,97	94,75	60,13	107,16	89,01
	NIR; LSD (α = 0,05)		1,764	r.n.	r.n.	1,213

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

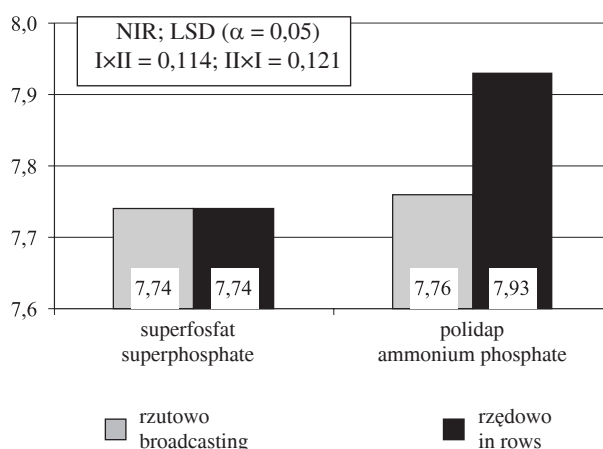
nawożenia startowego nawozami fosforowymi lub wieloskładnikowymi na plon ziarna kukurydzy ujawnił się jedynie w latach, w których w początkowym okresie wegetacji, tzn. od siewu do wykształcenia przez kukurydzę 3–4 liści, temperatura gleby była niska ($< 6^{\circ}\text{C}$). W badaniach własnych warunki termiczne były korzystne we wszystkich latach prowadzenia badań, ponieważ temperatura gleby w początkowym okresie rozwoju kukurydzy była stosunkowo wysoka, powyżej 10°C . Wyjątek stanowił 2001 rok, w którym temperatura gleby przez pierwszych 5 dni po siewie wahała się od 5 do 8°C . Analizując warunki wilgotnościowe można zauważyć, że dodatni wpływ nawożenia startowego na plon ziarna ujawniał się silniej w latach, w których w okresie największego zapotrzebowania kukurydzy na wodę (14 dni przed i do 14 dni po kwitnieniu) panowały optymalne warunki wilgotnościowe, niezależnie od sumy opadów okresu wegetacyjnego.

Sposób nawożenia nie wpływał na plon ziarna kukurydzy w przypadku stosowania superfosfatu, natomiast rzędowy wysiew fosforanu amonu istotnie zwiększył plon ziarna o $2,67 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ w stosunku do wysiewu rzutowego (rys. 1). Jak podaje Moskal (13) przemiany związków fosforowych w glebie zależne są od obecności soli towarzyszących, z których największy wpływ wywierają związki azotowe. Współdziałanie dwóch składników N i P powodowało, że przyrost plonu ziarna w wyniku nawożenia rzędowego był większy w przypadku polidapu niż superfosfatu.



Rys. 1. Wpływ sposobu nawożenia oraz rodzaju nawozu na plon ziarna (2000–2003)
Effect of fertilization method and kind of fertilizer on grain yield (2000–2003)

Rodzaj nawozu i sposób jego wysiewu oraz współdziałanie obu tych czynników modyfikowały spośród elementów struktury plonu jedynie liczbę kolb produkcyjnych na jednostce powierzchni. Niezależnie od przebiegu pogody, zasobności gleby w fosfor i sposobu nawożenia, stosowanie polidapu zwiększyło liczbę kolb na jednostce powierzchni o 0,11 szt. \cdot m⁻² w porównaniu z nawożeniem superfosfatem. Średnio dla 4 lat badań, rzędowy sposób wysiewu nawozu zwiększył istotnie liczbę kolb na jednostce powierzchni o 0,08 szt. \cdot m⁻² w porównaniu z wysiewem rzutowym. Sposób wysiewu superfosfatu nie miał istotnego wpływu na liczbę kolb na jednostce powierzchni (rys. 2). Natomiast w przypadku polidapu istotnie większą liczbę kolb uzyskano przy rzędowej jego aplikacji, w porównaniu z aplikacją rzutową na całą powierzchnię gleby. Rodzaj nawozu wpływał istotnie na liczbę kolb na jednostce powierzchni jedynie przy rzędowym jego stosowaniu. Również w badaniach D u b a s a i D u h r a (4) stwierdzono, że korzystne działanie nawożenia startowego na plonowanie kukurydzy polegało na zwiększeniu liczby kolb z jednostki powierzchni.



Rys. 2. Wpływ sposobu nawożenia oraz rodzaju nawozu na liczbę kolb na 1 m² (2000–2003)
Effect of fertilization method and kind of fertilizer on number of cobs per m² (2000–2003)

Badane czynniki nie wpływały na masę 1000 ziarn oraz liczbę ziarn w kolbie. Z kolei B a r r y i M i l l e r (2), uzyskanie większego plonu ziarna roślin nawożonych rzędowo tłumaczy zwiększeniem liczby ziarn w kolbie. Wzrost masy 1000 ziarn w wyniku nawożenia zlokalizowanego, w stosunku do rzutowego, o 14% uzyskali K o t e r i n (8), natomiast o 3,8% M a s c a g n i i B o q u e t (10).

WNIOSKI

1. Rzędowe zastosowanie nawozu zwiększyło plon ziarna kukurydzy o $1,39 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ w stosunku do wysiewu rzutowego i to niezależnie od przebiegu pogody w latach, rodzaju nawozu i dawki fosforu.

2. Warunki wilgotnościowe w okresie kwitnienia i zawiązywania ziarna przez kukurydzę były czynnikiem decydującym o skuteczności nawożenia rzędowego. Przy optymalnym uwilgotnieniu gleby w tych fazach uzyskiwano większą zwyzkę plonu ziarna w wyniku nawożenia rzędowego niezależnie od sumy opadów dla całego okresu wegetacji.

3. Startowy wysiew polidapu zwiększył plon ziarna kukurydzy o $2,67 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ w stosunku do wysiewu rzutowego. W przypadku superfosfatu sposób nawożenia nie różnicował plonu ziarna.

4. Niezależnie od przebiegu pogody w latach, rzędowy wysiew nawozów obniżył wilgotność ziarna podczas zbioru o $0,4 \text{ pkt}\%$ w stosunku do wysiewu rzutowego.

5. Korzystne działanie nawożenia startowego na plonowanie kukurydzy było wynikiem zwiększenia liczby kolb na jednostce powierzchni.

LITERATURA

1. Arnon I.: Mineral Nutrition of maize. International Potash Institute Bern/Switzerland, 1975, 287-316.
2. Barry D.A.J., Miller M.H.: The phosphorus nutritional requirement of maize seedlings for maximum yield. *Agron. J.*, 1989, 81: 95-99.
3. Dibb W.D., Fixen E.P., Murphy S.L.: Balanced fertilization with particular reference to phosphates: Interaction of phosphorus with other inputs and management practices. Potash & Phosphate Institute, 1989, Atlanta, Georgia, 1-27.
4. Dubas A., Dühr E.: Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. *Pam. Puł.*, 1983, 81: 131-139.
5. Eghball B., Sander D.H.: Phosphorus fertilizer solution distribution in the band as affected by application variables. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 1987, 51: 1350-1354.
6. El-Hamdi K.H., Woodard H.j.: Response of early corn growth to fertilizer phosphorus rates and placement methods. *J. Plant Nutr.*, 1995, 18(6): 1103-1120.
7. Fotyma M., Kęsik K.: Ocena skuteczności rzędowego stosowania superfosfatu przy użyciu siewnika kombinowanego konstrukcji polskiej. *Pam. Puł.* 1984, 81: 179-189.
8. Koter Z., Jeśmanowicz A., Krawczyk Z., Kukula S.: Wzrost i plonowanie dwu mieszańców kukurydzy w zależności od sposobu stosowania nawozów mineralnych. *IUNG Puławy*, 1978, R(132): 24-36.
9. Lorgeou J., Gautier X., Block D., David S., Hoffman D.: Récolte á maturité: l'un des premiers critères de qualité du maïs. *Mat. z sympozjum: Qualité et débouchés du maïs*, 20-21.07.1994, Bordeaux, 4.1: 22.
10. Mascagni J.H., Boquet J.D.: Starter fertilizer and planting date effects on corn rotated with cotton. *Agron. J.*, 1996, 88: 975-981.
11. Miller M.H., Mitchell W.A., Stypa M., Barry D.A.: Effect of nutrient availability and subsoil bulk density on corn yield and nutrient absorption. *Can. J. Soil. Sci.*, 1987, 67: 281-292.

12. Mollier A., Pellerin S.: Maize root system growth and development as influenced by phosphorus deficiency. *J. Exp. Bot.*, 1999, 50(333): 487-497.
13. Moskal S.: Przemiany nawozów fosforowych w glebie. *Prace Naukowe Instytutu Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych, Polit. Wrocław*, 1972, 4: 33-87.
14. Mozafar A., Schreiber P., Oertli J.J.: Photoperiod and root-zone temperature: Interacting effects on growth and mineral nutrients of maize. *Plant Soil*, 1993, 153: 71-78.
15. Murphy L.S.: Recent developments in liquid fertilizer application techniques. Great Plants Director Potash & Phosphate Institute Manhattan, Kansas, USA, Seminar Sao Paulo, Brazil, 1984, October 25-26, 1-27.
16. Peterson G.A., Sander D.H., Grabouski P.H., Hooker M.L.: A new look row and broadcast recommendations for winter wheat. *Agron. J.*, 1981, 73: 13-17.
17. Raun R.W., Barreto J.H.: Regional maize yield response to applied phosphorus in Central America. *Agron. J.*, 1995, 87: 208-213.
18. Rhoads F.M., Wright D.L.: Root mass as a determinant of corn hybrid response to starter fertilizer. *J. Plant Nutr.*, 1998, 21(8): 1743-1751.
19. Sleight D.M., Sander D.H., Peterson G.A.: Effect of fertilizer phosphorus placement on the availability of phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1984, 48: 336-340.

EFFECT OF PHOSPHORUS RATE, FERTILIZER TYPE AND METHOD OF FERTILIZATION ON THE YIELD OF MAIZE CULTIVATED FOR GRAIN

Summary

The field experiment was carried out at the Agricultural Experimental Station in Swadzim in 2000–2003. Four doses of phosphorus: 40, 70, 100 and 130 kg P₂O₅ ha⁻¹; 2 fertilizer types: superphosphate and ammonium phosphate; and 2 methods of fertilization: broadcast as well as band application with fertilizer placed 5 cm off the side and 5 cm below the seeds were tested.

The starter fertilization significantly increased the yield of grain by about 1.39 dt ha⁻¹ than in the broadcast treatment. The starting fertilization with ammonium phosphate increased the yield of grain by about 2.67 dt ha⁻¹ in relation to broadcast fertilization. In case of superphosphate the method of fertilization did not influence the grain yield. Band fertilization significantly lowered water content in grain (27.5%), in relation to broadcast fertilization (27.9%). Method of fertilization, fertilizer type and doses of phosphorus did not influence on weight of 1000 grains and the number of grains per ear. Method the fertilization and fertilizer type significantly influenced the number of cobs per 1 m².

Praca wpłynęła do Redakcji 15 XII 2004 r.