

TEMPO GROMADZENIA SUCHEJ MASY PRZEZ KUKURYDZĘ
W ZALEŻNOŚCI OD DAWKI FOSFORU, RODZAJU NAWOZU I SPOSOBU
NAWOŻENIA *

Andrzej Kruczek, Piotr Szulc

Katedra Uprawy Roli i Roślin, Akademia Rolnicza
ul. Mazowiecka 45/46, 60-623 Poznań
e-mail: kruczek@au.poznan.pl

Streszczenie. Celem badań, przeprowadzonych w latach 2000-2003, było określenie wpływu sposobu nawożenia na początkowy wzrost kukurydzy. Stosowano dwa sposoby nawożenia: rzutowo na całą powierzchnię i rzędowo jednocześnie z siewem nasion. Skuteczność sposobów nawożenia oceniano przy wzrastającym poziomie nawożenia od 17,4 kg P·ha⁻¹ do 56,7 kg P·ha⁻¹ i stosowaniu superfosfatu i fosforanu amonu. Rzędowa aplikacja nawozów zwiększała suchą masę 1 rośliny oraz plon suchej masy roślin w początkowym okresie wzrostu kukurydzy, w porównaniu do nawożenia rzutowego, przy czym wpływ ten wzrastał w miarę postępu wegetacji. Użycie nawozu dwuskładnikowego, fosforanu amonu, zwiększało skuteczność nawożenia zlokalizowanego, w stosunku do aplikacji superfosfatu w ten sam sposób.

Słowa kluczowe: nawożenie startowe, formy nawozu, dawki P

WSTĘP

Do czynników wpływających na pobieranie fosforu przez kukurydzę należą między innymi temperatura i wilgotność gleby. Spadki temperatury gleby poniżej 12°C powodują ograniczone pobieranie tego składnika, natomiast wilgotność gleby decyduje o szybkości jego przemieszczania w kierunku korzenia. Ograniczone pobieranie fosforu w niskiej temperaturze gleby spowodowane jest osłabieniem aktywności korzeni, zmniejszoną przepuszczalnością błon cytoplazmatycznych, większą lepkością wody oraz zmniejszeniem tempa rozkładu związków organicznych [4,5,10,16]. Objawami niedoboru fosforu we wczesnych fazach rozwoju kukurydzy jest zahamowanie wzrostu młodych roślin oraz purpurowo-

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 5 PO6B 050 20 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2001-2003.

czerwone przebarwienia siewek. Temu niekorzystnemu zjawisku można przeciwdziałać poprzez zwiększenie koncentracji fosforu w roztworze glebowym [1,13, 14,18,19]. Taką możliwość daje nawożenie zlokalizowane (rzędowe). Ten sposób aplikacji nawozu powoduje lepsze zaopatrzenie młodych roślin w składniki pokarmowe, przyczyniając się do stymulacji ich początkowego wzrostu. Nawożenie startowe jest praktykowane na Zachodzie Europy, natomiast w Polsce przeprowadzono dotychczas jedynie badania fragmentaryczne dotyczące takiej metody aplikacji fosforu pod kukurydzę [6,7,9]. Celem niniejszych badań było określenie wpływu startowego sposobu nawożenia na początkowy wzrost kukurydzy oraz dynamikę gromadzenia suchej masy w zależności od rodzaju nawozu i zasobności gleby w fosfor.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Swadzimiu koło Poznania w latach 2000-2003. Doświadczenie prowadzono w układzie „split-plot” z 3 czynnikami, w 4 powtórzeniach. Badano 4 dawki fosforu: 40 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ (17,4 kg $P \cdot ha^{-1}$), 70 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ (30,5 kg $P \cdot ha^{-1}$), 100 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ (43,6 kg $P \cdot ha^{-1}$) i 130 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ (56,7 kg $P \cdot ha^{-1}$); dwa rodzaje nawozów: superfosfat potrójny granulowany (46% P_2O_5) i fosforan amonu (18% N i 46% P_2O_5) o handlowej nazwie polidap; dwa sposoby wysiewu nawozu: rzutowy na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowy (zlokalizowany), wykonany jednocześnie z siewem nasion. Nawożenie N i K stosowano przed siewem kukurydzy w dawkach 120 kg $N \cdot ha^{-1}$ (saletra amonowa 34% N) i 120 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (99,6 kg $K \cdot ha^{-1}$) w postaci soli potasowej 60%. Przewidywaną dawkę azotu na obiektach gdzie zastosowano polidap pomniejszono o ilość azotu wnoszonego w tym nawozie. Poza schematem doświadczenia prowadzono obiekt kontrolny o nawożeniu: 0 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 120 kg $N \cdot ha^{-1}$ (saletra amonowa 34% N) i 120 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (99,6 kg $K \cdot ha^{-1}$). Do siewu wykorzystano siewnik punktowy Monosem z nadbudowanym aplikatorem do rzędowego (startowego) stosowania nawozów 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 mieszańca Mona hodowli Pioneer. W fazach pełni wschodów, 2-3, 4-5, 6-7 i 8-9 liści pobierano z każdego poletka z 2 rzędów środkowych przeznaczonych do zbioru próby roślinne, a następnie oddzielano korzenie od części nadziemnej. Po wysuszeniu określano zawartość suchej masy oraz suchą masę części nadziemnej jednej rośliny. Wyniki jednoroczne poddano jednozmienniej analizie wariancji, a następnie wykonano syntezę dla doświadczeń wielokrotnych. Istotność różnic szacowano na poziomie $\alpha = 0,05$.

Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej, wytworzonej z piasków gliniastych lekkich, płytko zalegających na glinie lekkiej, należącej do kompleksu żytznego dobrego. Zasobność gleby w fosfor była średnia w roku 2003 (6,4 mg P·100 g⁻¹ gleby), wysoka w 2000 (7,7 mg P·100 g⁻¹ gleby) oraz bardzo wysoka w latach 2001 i 2002 (odpowiednio 12,9 i 10,8 mg P100 g⁻¹ gleby). Natomiast zasobność w potas była niska w 2003 (5,2 mg P·100 g⁻¹ gleby), średnia w roku 2002 (12,3 mg P·100 g⁻¹ gleby) oraz wysoka w latach 2000 i 2001 (odpowiednio 16,0 i 13,5 mg K·100 g⁻¹ gleby). Kwasowość gleby wahała się od pH = 6,10 w 2000 r. do pH = 6,97 w 2002 r.

Warunki termiczne we wszystkich latach badań były sprzyjające dla początkowego wzrostu kukurydzy (tab. 1). Korzystne warunki wilgotnościowe, w analizowanym okresie, panowały jedynie w 2002r., natomiast w pozostałych 3 latach badań występowały w tym czasie okresowe, znaczne niedobory wody.

Tabela. 1. Warunki pogodowe w Swadzimiu

Table 1. Weather conditions at Swadzim

Lata - Years	IV	V	VI	IV-VI
Temperatura – Temperature (°C)				
2000	12,1	15,7	17,5	15,1
2001	8,3	15,2	15,3	12,9
2002	8,9	16,8	18,1	14,6
2003	8,6	15,7	19,2	14,5
1958-2003	7,8	13,3	16,5	12,5
Opady – Rainfall (mm)				
2000	15,7	47,4	29,9	93,0
2001	33,1	10,4	67,8	111,3
2002	34,2	45,7	38,1	118,0
2003	16,2	24,0	40,4	80,6
1958-2003	33,2	51,4	58,7	143,3
Współczynnik hydrotermiczny zabezpieczenia w wodę wg. Sielianinowa ¹⁾				
Hydrothermal coefficient of water supply assurance according to Sielianinow ¹⁾				
2000	0,43	0,97	0,57	0,65
2001	1,33	0,22	1,48	1,01
2002	1,28	0,87	0,71	0,95
2003	0,56	0,49	0,70	0,58
1958-2003	1,42	1,25	1,19	1,28

¹⁾ – według Molgi (11) – according to Molga (11)

Interpretacja współczynnika hydrotermicznego – Interpretation of hydrothermal coefficient

0,00-0,50 – susza – drought,

0,51-1,00 – półsusza (wilgotność dla większości roślin niedostateczna) – halfdrought (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).

WYNIKI I DYSKUSJA

W fazie pełni wschodów różnice w suchej masie części nadziemnej pojedynczej rośliny oraz w plonie suchej masy, wynikające z oddziaływania badanych czynników doświadczenia, były statystycznie nieistotne (tab. 2 i 3). Brak wpływu badanych czynników na wartość rozpatrywanych cech można tłumaczyć tym, iż fosfor zawarty w ziarnie wystarcza roślinie na około 2 tygodnie od daty siewu (2,15). W fazie 2-3 liści statystycznie większą suchą masę pojedynczej rośliny stwierdzono przy zastosowaniu fosforanu amonu (0,090 g), w porównaniu do wysiewu superfosfatu potrójnego (0,087 g). Również w przypadku plonu suchej masy części nadziemnych roślin wyższe wartości tej cechy uzyskano przy stosowaniu fosforanu amonu ($7,30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w stosunku do superfosfatu ($7,07 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Nie stwierdzono wpływu sposobu nawożenia na suchą masę części nadziemnych jednej rośliny oraz plon suchej masy.

Tabela 2. Sucha masa części nadziemnej 1 rośliny (g) (2000-2003)

Table 2. Dry mass of above-ground parts of 1 plant (g) (2000-2003)

Wyszczególnienie Specification		Terminy pobierania prób – Sampling dates				
		Pełnia wsch. full emer- gency. ¹⁾	2-3 liście 2-3 leaves	4-5 liści 4-5 leaves	6-7 liści 6-7 leaves	8-9 liści 8-9 leaves ²⁾
Średnio dla kontroli Average for control		0,053	0,084	0,293	1,048	2,475
Dawka P ₂ O ₅ w kg·ha ⁻¹ P ₂ O ₅ dose in kg ha ⁻¹	40	0,053	0,090	0,327	1,435	3,658
	70	0,053	0,088	0,320	1,403	4,045
	100	0,051	0,088	0,328	1,487	3,865
	130	0,050	0,088	0,350	1,468	4,588
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	0,390
Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	superfosfat superphosphate	0,051	0,087	0,318	1,306	3,570
	fosforan amonu ammonium phosphate	0,052	0,090	0,344	1,591	4,509
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n. n.s.	0,002	0,013	0,076	0,238
Sposób nawożenia Fertilization method	rzutowo – broadcast	0,050	0,088	0,314	1,198	3,096
	rzędowo – in rows	0,054	0,089	0,348	1,699	4,982
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n. n.s.	r.n. n.s.	0,010	0,072	0,215

¹⁾ – tylko 2001r. only 2001r., ²⁾ – tylko lata 2002 i 2003, only years 2002 and 2003,
r.n. – różnice nieistotne – no significant differences.

Zależności te stwierdzono jedynie w latach 2000 i 2003, które cechowały się niedoborem opadów od siewu do wytworzenia przez kukurydzę 2-3 liści. W tych latach pod wpływem rzędowego sposobu wysiewu nawozu uzyskano statystycznie większą suchą masę części nadziemnych roślin (odpowiednio 0,058 g i 0,081 g) i plon suchej masy (odpowiednio 4,85 kg·ha⁻¹ i 6,55 kg·ha⁻¹), w stosunku do aplikacji rzutowej (odpowiednio 0,052 g i 0,077 g oraz 4,39 kg·ha⁻¹ i 6,18 kg·ha⁻¹).

Tabela 3. Plon suchej masy części nadziemnych roślin w kg·ha⁻¹ (2000-2003)

Table 3. Yield of dry mass of above-ground parts of plants in kg ha⁻¹ (2000-2003)

Wyszczególnienie Specification	Terminy pobierania prób – Sampling dates					
	Pełnia wsch. full emer- gency. ¹⁾	2-3 liście 2-3 leaves	4-5 liści 4-5 leaves	6-7 liści 6-7 leaves	8-9 liści 8-9 leaves ²⁾	
Średnio dla kontroli Average for control	4,52	6,79	24,06	86,71	195,75	
Dawka P ₂ O ₅ w kg·ha ⁻¹ P ₂ O ₅ dose in kg ha ⁻¹	40	4,45	7,30	26,61	117,97	284,35
	70	4,50	7,16	26,10	115,67	315,14
	100	4,30	7,15	26,73	122,64	303,32
	130	4,25	7,13	28,37	120,09	355,42
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	30,122
Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	superfosfat - superphosphate	4,33	7,07	25,87	107,09	277,64
	fosforan amonu – ammonium phosphate	4,42	7,30	28,04	131,10	351,48
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	0,170	1,044	6,594	17,753
Sposób nawożenia Fertilization method	rzutowo - broadcast	4,25	7,13	25,61	98,48	241,32
	rzędowo – in rows	4,50	7,23	28,29	139,71	387,79
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	0,801	6,526	17,085

¹⁾ – tylko 2001 r. only 2001 r.; ²⁾ – tylko lata 2002 i 2003; only years 2002 and 2003,
r.n. – różnice nieistotne – no significant differences.

Wpływ badanych czynników na suchą masę pojedynczej rośliny oraz plon suchej masy uwidaczniał się w większym stopniu wraz z postępowaniem wegetacji kukurydzy. W fazach 4-5 i 6-7 liści sucha masa pojedynczej rośliny oraz plon suchej masy zależały od rodzaju nawozu i sposobu nawożenia, natomiast w fazie 8-9 liści wykazano wpływ wszystkich 3 badanych czynników na te cechy (tab. 2 i 3). Sucha masa 1 rośliny w wyniku nawożenia rzędowego, w porównaniu do roślin nawożonych rzutowo, była wyższa o 10,8% w fazie 4-5 liści, o 41,8% w fazie 6-7

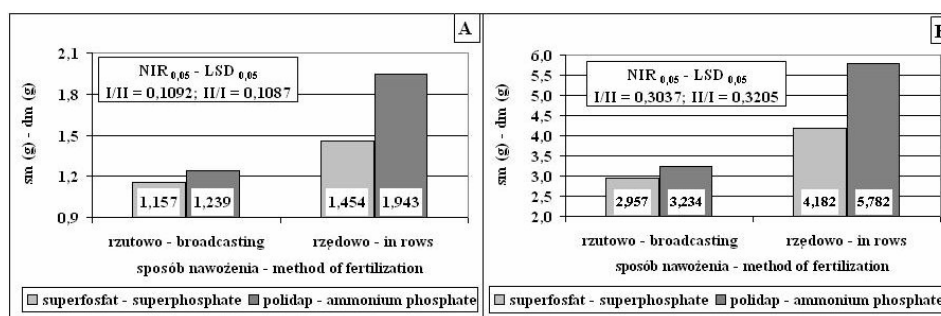
liści i o 60,9% w fazie 8-9 liści. Zastosowanie fosforanu amonu zwiększyło suchą masę 1 rośliny o 8,2% w fazie 4-5 liści, o 21% w fazie 6-7 liści i o 26,3% w fazie 8-9 liści, w stosunku do obiektów gdzie zastosowano superfosfat potrójny. Najwyższą istotnie suchą masę pojedynczej rośliny stwierdzono dla dawki $130 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$. Pozostałe dawki fosforu nie zmieniały tej cechy (tab. 2).

W fazach 4-5, 6-7 i 8-9 liści w wyniku nawożenia rzędowego plon suchej masy był wyższy odpowiednio o 10,5%, 41,6% i o 60,7% w stosunku do aplikacji rzutowej. Zastosowanie fosforanu amonu, w porównaniu do superfosfatu, dało zwiększenie plonu suchej masy o 8,4% w fazie 4-5 liści, o 22,4% w fazie 6-7 liści, i o 26,6% w fazie 8-9 liści. W fazie 8-9 liści najwyższy plon suchej masy stwierdzono dla dawki $130 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$ ($355,42 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), a najniższy przy dawce $40 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$ ($284,35 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) – tabela 3.

Wyższą suchą masę części nadziemnych jednej rośliny i jej plon pod wpływem nawożenia rzędowego uzyskano we wszystkich 4 latach prowadzenia badań. Lata te charakteryzowały się w początkowych fazach rozwojowych kukurydzy niedoborem wilgoci w glebie. Wilgotność gleby jest jedną z cech decydujących o pobieraniu składników mineralnych, co z pewnością przekłada się na tworzenie przez roślinę suchej masy. Jak podaje Grzebisz i Gała [8], Moskal [12] i Sharpley [17] decydującym procesem w transporcie fosforu w kierunku korzenia jest proces dyfuzji. Proces ten zachodzi szybciej w środowisku wilgotnym aniżeli suchym. Dlatego w okresie suszy rzędowe nawożenie roślin jest bardziej efektywne niż rzutowe. Uzyskana w badaniach własnych, w warunkach niedoboru wody w glebie, wyższa skuteczność nawożenia rzędowego, w porównaniu do rzutowego świadczy, że nawożąc kukurydzę w sposób rzędowy uniezależniamy się od okresowych niedoborów opadów wiosennych. W niniejszych badaniach nie potwierdzono tezy o wyższej skuteczności nawożenia startowego w przypadku niskich temperatur panujących wiosną.

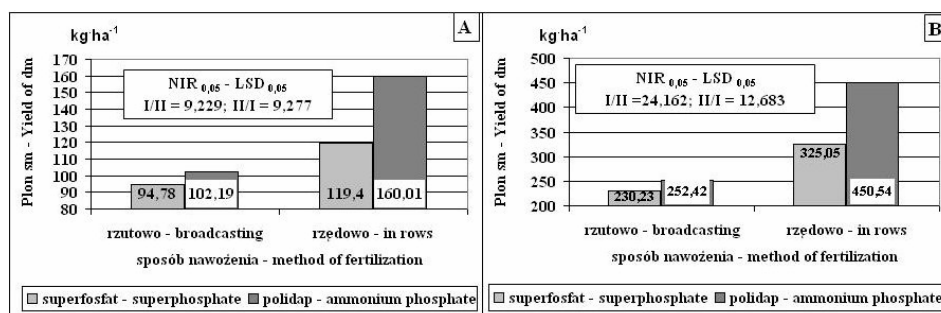
W fazach 6-7 i 8-9 liści stwierdzono wpływ współdziałania rodzaju nawozu i sposobu jego wysiewu na gromadzenie suchej masy przez kukurydzę (rys. 1 i 2). Fosforan amonu był nawozem dającym przy nawożeniu startowym, w porównaniu do nawożenia rzutowego, korzystniejszy efekt niż superfosfat potrójny. W przypadku superfosfatu przyrost suchej masy części nadziemnych 1 rośliny oraz plonu suchej masy pod wpływem nawożenia rzędowego w stosunku do rzutowego wynosił odpowiednio 0,297 g i $24,62 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w fazie 6-7 liści i 1,225 g i $94,82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w fazie 8-9 liści. Stosując fosforanu amonu różnica ta wynosiła odpowiednio 0,704 g i $57,82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w fazie 6-7 liści oraz 2,548 g i $198,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w fazie 8-9 liści. Większą skuteczność fosforanu amonu w stosunku do superfosfatu należy tłumaczyć tym, że w polidapie oprócz fosforu występuje również azot. Jak podaje Buchner i Strum [3], Moskal [12] i Murphy [13] przemiany związków fosforowych w glebie zależą od obecności soli towarzyszących, z których największy wpływ

wywierają związki azotowe. Kombinacja N i P, co ma miejsce w przypadku fosforanu amonu, powodowała większy przyrost suchej masy części nadziemnych jednej rośliny i ich plonu, aniżeli w przypadku nawozu jedno-składnikowego, którym był superfosfat potrójny. Różnice w tempie gromadzenia suchej masy w fazie 9-10 liści spowodowane sposobem nawożenia i rodzajem nawozu przedstawiają rysunki 4 i 5.



Rys. 1. Sucha masa części nadziemnej 1 rośliny w fazach 6-7 liści (A) i 8-9 liści (B) w zależności od rodzaju nawozu i sposobu nawożenia (2000-2003)

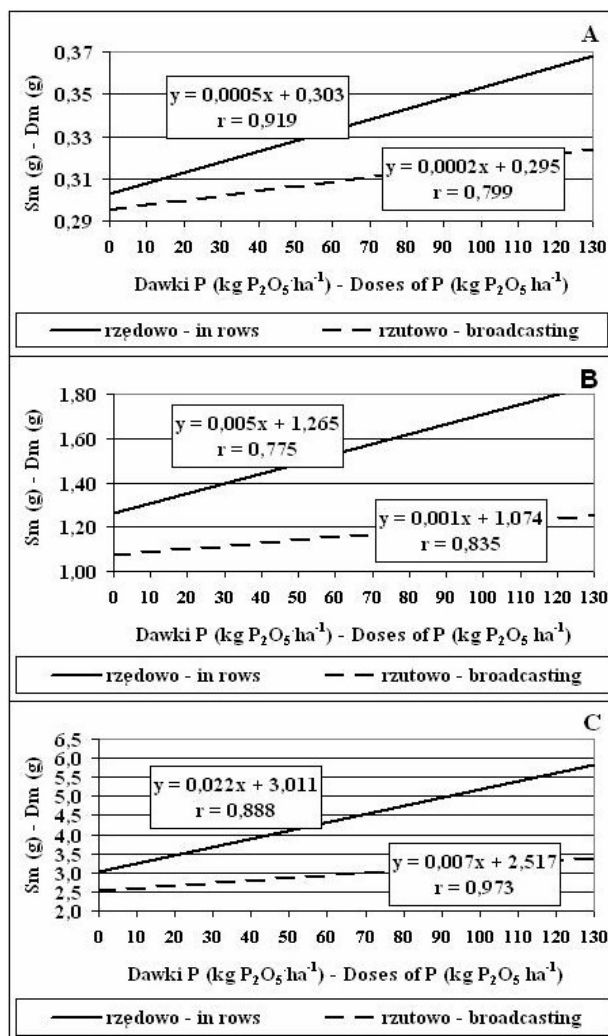
Fig. 1. Dry mass of above-ground part of one plant in phases of 6-7 leaves (A) and 8-9 leaves (B) in dependence on kind of fertilizer and method of fertilization (2000-2003)



Rys. 2. Plon suchej masy części nadziemnej w fazach 6-7 liści (A) i 8-9 liści (B) w zależności od rodzaju nawozu i sposobu nawożenia (2000-2003)

Fig. 2. Yield of dry mass of above-ground parts of plants in phases of 6-7 leaves (A) and 8-9 leaves (B) in dependence on kind of fertilizer and method of fertilization (2000-2003)

Po uwzględnieniu obiektów kontrolnych ($0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$) stwierdzono, że wzrost dawek fosforu, w przedziale od 0 do $130 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, powodował stopniowy wzrost suchej masy części nadziemnych 1 rośliny w fazach 4-5, 6-7 i 8-9 liści, zarówno przy rzutowym jak i rzędowym sposobie ich wysiewu. Zależności te miały charakter liniowy, przy czym wzrost tej cechy przy nawożeniu startowym był silniejszy (rys. 3).



Rys. 3. Sucha masa części nadziemnej 1 rośliny w fazach 4-5 liści (A), 6-7 liści (B) i 8-9liści (C) w zależności od dawki fosforu i sposobu nawożenia (2000-2003)

Fig. 3. Dry mass of above-ground part of one plant in phases of 4-5 leaves (A), 6-7 leaves (B) and 8-9 Leaves (C) in dependence on doses of phosphorus and method of fertilization (2000-2003)

Średnio dla 4 lat prowadzenia badań żaden z badanych czynników doświadczania nie wpłynął w istotny sposób w omawianych fazach rozwojowych na procentową zawartość suchej masy w częściach nadziemnych roślin. Wyłącznie w fazie 4-5 liści w wyniku nawożenia rzędowego, w porównaniu do rzutowego stwierdzono większą % zawartość suchej masy o 0,32 pkt % (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość suchej masy w częściach nadziemnych roślin w % (2000-2003)
Table 4. Content of dry mass in above-ground parts of plants in % (2000-2003)

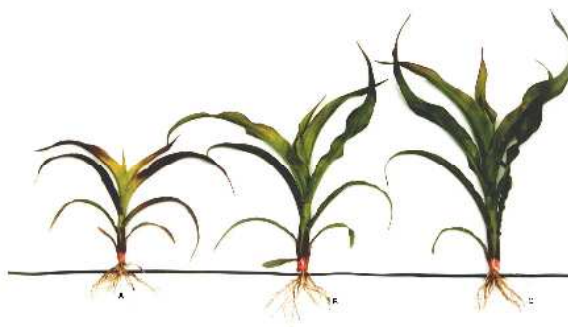
Wyszczególnienie Specification	Terminy pobierania prób – Sampling dates					
	Pełnia wsch. full emer- gency. ¹⁾	2-3 liście 2-3 leaves	4-5 liści 4-5 leaves	6-7 liści 6-7 leaves	8-9 liści 8-9 leaves ²⁾	
Średnio dla kontroli Average for control	9,99	13,96	14,13	13,69	12,82	
Dawka P ₂ O ₅ w kg·ha ⁻¹	40	10,83	14,54	14,34	13,74	13,54
	70	10,29	14,66	14,12	13,73	13,14
	100	10,69	14,35	14,24	13,93	12,75
P ₂ O ₅ dose in kg ha ⁻¹	130	10,09	14,21	14,29	13,27	13,02
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	superfosfat superphosphate	10,38	14,50	14,31	13,61	13,26
	fosforan amonu ammonium phosphate	10,56	14,38	14,18	13,73	12,97
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sposób nawożenia Fertilization method	rzutowo – broadcast	10,14	14,32	14,09	13,67	13,32
	rzędowo – in rows	10,81	14,56	14,41	13,67	12,90
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	0,241	r.n.	r.n.
		n.s.	n.s.		n.s.	n.s.

¹⁾ – tylko 2001 r. only 2001 r.; ²⁾ – tylko lata 2002 i 2003; only years 2002 and 2003,
r.n. – różnice nieistotne – no significant differences.



Rys. 4. Kukurydza w fazie 9-10 liści w 2001r: A – kontrola (0 kg P₂O₅·ha⁻¹), B – nawożenia rzutowe (70 kg P₂O₅·ha⁻¹), C – nawożenia rzędowe (70 kg P₂O₅·ha⁻¹)

Fig. 4. Maize in phase of 9-10 leaves in 2001: A – control (0 kg P₂O₅ ha⁻¹), B – broadcasting fertilization (70 kg P₂O₅ ha⁻¹), C – in rows fertilization (70 kg P₂O₅ ha⁻¹)



Rys 5. Kukurydza w fazie 9-10 liści w 2001r: A – Kontrola ($0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$), B – superfosfat (rzędowo $70 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$), C – fosforan amonu (rzędowo $70 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$)

Fig. 5. Maize in phase of 8-9 leaves in 2001: A – Control ($0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$), B – superphosphate (in rows $70 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$), C – ammonium phosphate (in rows $70 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$)

WNIOSKI

1. Wpływ nawożenia startowego na tempo gromadzenia suchej masy przez kukurydzę w początkowym okresie wzrostu uwidocznił się począwszy od fazy 4-5 liści i wzrastał w miarę postępu wegetacji.

2. Sucha masa części nadziemnej 1 rośliny w wyniku nawożenia rzędowego, w porównaniu do nawożenia rzutowego, była wyższa o 10,8% w fazie 4-5 liści, o 41,8% w fazie 6-7 liści i o 60,9 % w fazie 8-9 liści, natomiast plon suchej masy o 10,5% w fazie 4-5 liści, o 70,48 % w fazie 6-7 liści i 62,22 % w fazie 8-9 liści.

3. Rzędowe stosowanie jednoskładnikowego nawozu fosforowego (superfosfat potrójny) i nawozu dwuskładnikowego (fosforan amonowy) korzystnie wpływało na gromadzenie suchej masy przez kukurydzę w początkowych fazach wzrostu. Większą skuteczność stwierdzono w przypadku fosforanu amonu.

4. Sucha masa części nadziemnych wzrastała w miarę wzrostu poziomu nawożenia fosforowego w fazach od 4-5 do 8-9 liści. Przy rzędowym stosowaniu nawozu wzrost ten był znacznie silniejszy.

PIŚMIENNICTWO

1. **Anghinoni I., Barber S.A.:** Predicting the most efficient phosphorus placement for corn. Soil Sci.Soc.Am.J., 44, 1016-1020, 1980.
2. **Arnon I.:** Mineral Nutrition of maize. International Potash Institute Bern/Switzerland, 287-316, 1975.
3. **Buchner A., Sturm H.:** Gezielter düngen: intensiv-wirtschaftlich-umweltbezogen DLG- Verlag Frankfurt (Main), 1985.

4. **Carey R.W., Berry J.A.:** Effects of low temperature on respiration and uptake of rubidium ions by excised barley and corn roots. *Plant Physiol.*, 61, 858-860, 1978.
5. **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, Atlanta, Georgia, 1-27, 1989.
6. **Dubas A., Duhr E.:** Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. *Pam. Puł.*, 81, 131-139, 1983.
7. **Fotyma M., Kęsik K.:** Ocena skuteczności rzędowego stosowania superfosfatu przy użyciu siewnika kombinowanego konstrukcji polskiej. *Pam. Puł.*, 81, 179-189, 1984.
8. **Grzebisz W., Gała Z.:** Zmiany w technice nawożenia roślin uprawnych – podstawy teoretyczne i możliwe rozwiązania praktyczne, VI Międzynarodowe Sympozjum: Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia ochrony roślin i uprawy gleby. IBMER – Warszawa, 23-24 września, Mat. Konf., 59-68, 1999.
9. **Koter Z., Jeśmanowicz A., Krawczyk Z., Kukula S.:** Wzrost i plonowanie dwu mieszańców kukurydzy w zależności od sposobu stosowania nawozów mineralnych. *IUNG Puławy, R (132)*, 24-36, 1978.
10. **Lu S., Miller M.H.:** Determination of the most efficient phosphorus placement for field-grown maize (*Zea mays L.*) in early growth stages. *Can. J. Soil Sci.*, 73, 349-358, 1993.
11. **Molga M.:** Meteorologia rolnicza. PWR i L. Warszawa, 470-475, 1986.
12. **Moskal S.:** Przemiany nawozów fosforowych w glebie. *Prace Naukowe Instytutu Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych, Politechnika Wrocław*, 4, 33-87, 1972.
13. **Murphy L.S.:** Recent developments in fluid fertilizer application techniques. Great Plants Director Potash & Phosphate Institute Manhattan, Kansas, USA. Seminar Sao Paulo, Brazil, October 25-26, 1-27, 1984.
14. **Rhoads F.M., Wright D.L.:** Root mass as a determinant of corn hybrid response to starter fertilizer. *Journal of Plant Nutrition*, 21(8), 1743-1751, 1998.
15. **Rintelen P.:** Mais, ein handbuch über produktionstechnik und Ökonomik. DLG -Verlag Frankfurt/Main, 1971.
16. **Schaff B.E., Skogley E.O.:** Diffusion of potassium, calcium and magnesium in Bozeman silt loam as influenced by temperature and moisture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46, 521-524, 1982.
17. **Sharpley A.N.:** Disposition of fertilizer phosphorus applied to winter wheat. *Soil Sci Soc. Amer Journal*, 50, 953-958, 1986.
18. **Tlustos P., Balik J., Pavlikova D., Vanek V.:** Vyuziti dusiku kukurici po lokalni aplikaci siaranu amonneho. *Rostlinna Vyroba*, 43(1), 13-18, 1997.
19. **Vitosh M.L., Johnson W.J., Mengel D.B.:** Tri-state fertilizer recommendations for corn, soybeans, wheat and alfalfa. *Extension Bulletin, E-2567 (New)*, July, 1-21, 1995.

RATE OF ACCUMULATION OF DRY MASS BY MAIZE
IN DEPENDENCE ON DOSE OF PHOSPHORUS, KIND OF FERTILIZER
AND METHOD OF FERTILIZATION

Andrzej Kruczek, Piotr Szulc

Department of Plant and Soil Cultivation, University of Agriculture
ul. 45/46 Mazowiecka, 60-623 Poznań
e-mail: kruczek@au.poznan.pl

Abstract. The aim of the research, conducted in the years 2000-2003, was to examine the effect of maize fertilization method on the initial growth of maize. Two methods of fertilization were applied: broadcasting and in rows simultaneously with sowing of grains. The effectiveness of fertilization methods was estimated at increasing levels of fertilization, from 17,4 kg P·ha⁻¹ to 56,7 kg P·ha⁻¹, and with the application of superphosphate and ammonium phosphate. The row application of fertilizers caused an increase in the dry mass of 1 plant and in the yield of dry plant mass in the initial period of maize growth, in comparison to broadcast fertilization, the influence increasing in measure with the progress of vegetation. The use the two-component fertilizer, ammonium phosphate, increased the effectiveness of localized fertilization in relation to the application of superphosphate in the same way.

Key words: starter fertilization, kind of fertilizer, doses of P