

WPŁYW NAWOŻENIA RZĘDOWEGO RÓŻNYMI RODZAJAMI NAWOZÓW NA PLONOWANIE KUKURYDZY

Andrzej Kruczek

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Streszczenie. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2001-2003 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym w Swadzimiu koło Poznania. Jego celem było określenie wpływu sposobu nawożenia na gromadzenie suchej masy i zawartość składników mineralnych w początkowym okresie wzrostu oraz plonowanie kukurydzy. Stosowano dwa sposoby nawożenia: rzutowo na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowo (startowo) jednocześnie z siewem nasion. Skuteczność sposobów nawożenia badano stosując nawóz fosforowy, fosforowo-azotowy i nawozy wieloskładnikowe. Nawożenie rzędowe powodowało wzrost suchej masy części nadziemnych młodych roślin kukurydzy oraz zwiększało w nich zawartość fosforu i azotu, a obniżało zawartość magnezu i wapnia. Nawóz wieloskładnikowy amofoska był jedynym nawozem, który zastosowany rzędowo nie stymulował wzrostu początkowego roślin. Rzędowa aplikacja nawozów zwiększała istotnie plon ziarna w porównaniu z nawożeniem rzutowym.

Słowa kluczowe: sposoby nawożenia, rodzaje nawozów, kukurydza

WSTĘP

Umieszczenie nawozu w bezpośredniej bliskości nasion zwiększa dostępność składników pokarmowych dla roślin oraz przyczynia się do stymulacji ich wzrostu początkowego [Sleight i in. 1984, El-Hamdi i Woodard 1995, Mascagni i Boquet 1996, Tlustos i in. 1997, Rhoads i Wright 1998, Kruczek 2004]. Dotyczy to zwłaszcza fosforu, którego pobieranie przy niskich temperaturach (poniżej 10°C) jest ograniczone, co powoduje zahamowanie wzrostu i rozwoju kukurydzy. Gromadzenie oraz wykorzystanie fosforu przez rośliny zależy od obecności nieorganicznych związków azotowych, w wyniku wzajemnych powiązań fizjologicznych w metabolizmie rośliny [Moskal 1972, Murphy 1984]. Prawidłowy wzrost i rozwój roślin zapewnia wyłącznie odpowiedni stosunek P : N [Seidler i Górski 1980, 1984, 1986]. Szybkość absorpcji fosforu

zależy od formy azotu. Azot amonowy zakwasza roztwór glebowy, co z reguły zwiększa stężenie fosforu oraz tempo jego wchłaniania. Z kolei forma azotanowa, powodując alkalizację roztworu glebowego, zmniejsza absorpcję fosforu [Fotyma i in. 1987]. Startowe stosowanie nawozów pod kukurydzę jest stosowane zwłaszcza w USA [Arnon 1975, Teare i Wright 1990]. W Polsce jego celowość nie została jeszcze potwierdzona wynikami badań naukowych. Dotychczasowe prace wykonywano bez użycia specjalistycznego siewnika [Dubas i Duhr 1983], bądź założenia metodyczne ograniczały możliwość bezpośredniego przenoszenia wyników na plantacje produkcyjne [Koter i in. 1978]. Przesłanki te, jak również dostępność wielu nawozów wieloskładnikowych o różnym stosunku P : N, uzasadniły podjęcie badań nad wpływem rzędowego stosowania nawozów fosforowych i wieloskładnikowych na plonowanie kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w latach 2001-2003 w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Swadzimiu koło Poznania. Doświadczenia prowadzono w układzie „split-plot” z 2 czynnikami w 4 powtórzeniach polowych. Czynnikiem 1. rzędu było 5 rodzajów nawozów, charakteryzujących się różnym stosunkiem N do P:

- hydrofoska 16 (16% N, w tym 6,5% N-NO₃ i 9,5% N-NH₄, 16% P₂O₅, 16% K₂O)
– N : P = 1 : 0,44,
- amofoska NPK/S (4% N, 16% P₂O₅, 18% K₂O, 4,5% S) – N : P = 1 : 1,74,
- polifoska 8 NPK (8% N, 24% P₂O₅, 24% K₂O) – N : P = 1 : 1,31,
- polidap NP – fosforan amonu (18% N, 46% P₂O₅) – N : P = 1 : 1,11,
- superfosfat potrójny granulowany (46% P₂O₅).

Czynnikiem 2. rzędu były dwa sposoby wysiewu nawozów: rzutowo na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowo (startowo) jednocześnie z siewem nasion.

Całą dawkę fosforu, 21,8 kg P·ha⁻¹ (50 kg P₂O₅·ha⁻¹), zastosowano na obiektach z nawożeniem rzędowym jednocześnie z siewem nasion, a na obiektach z nawożeniem rzutowym bezpośrednio przed siewem. Nawożenie K wykonano w całości przedsięwzięciem w ilości 99,6 kg K·ha⁻¹ (120 kg K₂O·ha⁻¹ – sól potasowa 60%). Nawozy fosforowo-potasowe stosowane przedsięwzięciem wymieszano z glebą agregatem uprawowym. Nawożenie N wykonano w dwóch terminach: przedsięwzięciem w ilości 50 kg N·ha⁻¹ (saletrzak 27,5% N) i pogłównie w formie oprysku dolistnego (9,06% roztworem mocznika w 400 dm³·ha⁻¹ cieczy użytkowej) w ilości 50 kg N·ha⁻¹. Przedsięwzięcie dawki azotu i potasu zostały pomniejszone o ilości wnoszone do gleby w nawozach dwu- i wieloskładnikowych w ramach czynnika 1. rzędu.

Do siewu wykorzystano siewnik punktowy Monosem, wyposażony w rozsiewacz nawozów. Redlice nawozowe ustawiono w stosunku do redlic nasiennych tak, aby nawóz był umieszczony w glebie 5 cm z boku i 5 cm poniżej nasion. Zakładana obsada roślin wynosiła 7,94 szt.·m⁻². Siew nasion wykonywano na głębokość 5-6 cm. Wielkość poletka do siewu wynosiła 44,8 m², a do zbioru 19,6 m². W doświadczeniu wysiano nasiona odmiany mieszańcowej Marignan (FAO 260) hodowli firmy Novartis.

W fazie 5-6 liści z 2 rzędów środkowych każdego poletka pobierano próbki składające się z 20 roślin, a następnie oddzielano korzenie od części nadziemnej. Po wysuszeniu określano suchą masę części nadziemnej jednej rośliny, a średnie próbki obiektowe przekazano do laboratorium w celu określenia zawartości składników mineralnych. Uzyskany

z poletek plon ziarna przeliczono na 15% zawartość wody. Wyniki poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem jednozmienną analizy wariancji, a następnie wykonano syntezę dla doświadczeń wielokrotnych. Istotność różnic szacowano na poziomie $\alpha = 0,05$.

Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej, gatunku piasków gliniastych lekkich, płytko zalegających na glinie lekkiej, należącej do kompleksu żytniego dobrego. Zasobność gleby w składniki pokarmowe i jej kwasowość przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Warunki glebowe w Swadzimiu

Table 1. Soil conditions at Swadzim

Rok Year	Zawartość w glebie – Content in soil					pH w KCl pH in KCl
	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg	
	mg·100g ⁻¹ gleby – mg·100g ⁻¹ of soil					
2001	0,17	0,31	14,8	13,6	3,4	6,8
2002	0,13	0,26	8,0	11,9	5,8	6,6
2003	0,16	0,32	4,5	6,1	5,9	6,0

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

Tabela 2. Warunki pogodowe w Swadzimiu

Table 2. Weather conditions at Swadzim

Rok – Year	Miesiąc – Month						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Temperatura – Temperature, °C							
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							
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 według Sielianinowa*							
Hydrothermal coefficient of water supply according to Sielianinov*							
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 – Hydrothermal coefficient interpretation

0,00-0,50 – susza – drought

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

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

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

Zdecydowanie większe różnice pomiędzy latami wystąpiły w ilości opadów atmosferycznych. W okresie od kwietnia do września największą ich sumę – 341 mm – odnotowano w 2001 roku, która była wyższa o 121,5 mm od sumy opadów w roku 2002 i o 141 mm od ilości opadów w roku 2003. Wyliczone współczynniki hydrotermiczne zabezpieczenia w wodę według Sielianinowa (tab. 2), uwzględniające w sposób kompleksowy zarówno temperaturę powietrza, jak i opady atmosferyczne, pozwoliły stwierdzić, że umiarkowanie korzystne warunki pogodowe panowały w 2001 r. (z wyjątkiem maja). Pozostałe dwa lata badań charakteryzowały się znacznymi okresowymi niedoborami wilgoci w glebie. W roku 2003, pomimo najniższej sumy opadów w okresie kwiecień – wrzesień, warunki wilgotnościowe podczas kwitnienia i zawiązywania ziarna przez kukurydzę były wystarczające.

WYNIKI I DISKUSJA

Sucha masa części nadziemnych 1 rośliny w fazie 5-6 liści zależała zarówno od rodzaju nawozu, jak i sposobu jego stosowania oraz współdziałania obu czynników (tab. 3 i 4).

Tabela 3. Sucha masa części nadziemnych 1 rośliny w fazie 5-6 liści, g
Table 3. Dry matter of aboveground parts per 5-6 leaf-stage plant, g

Badany czynnik Factor studied	Rok – Year			Średnia Mean
	2001	2002	2003	
Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	0,39	0,66	1,76	0,94
Amofoska – N : P = 1:1,74	0,34	0,58	0,91	0,61
Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	0,43	0,75	1,80	0,99
Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	0,40	0,76	1,86	1,01
Superfosfat – Superphosphate	0,40	0,62	1,25	0,75
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,042	0,129	0,502	0,161
Nawożenie rzutowe – Broadcast fertilization	0,37	0,64	0,93	0,65
Nawożenie rzędowe – Fertilization-in-rows	0,42	0,71	2,10	1,07
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,023	ni – ns	0,231	0,077

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

Średnio dla 3 lat, najmniejszą suchą masę 1 rośliny stwierdzono u kukurydzy nawożonej amofoską i superfosfatem. Istotnie wyższą suchą masę miały rośliny nawożone fosforanem amonu, polifoską i hydrofoską. W poszczególnych latach badań wpływ rodzaju nawozu na tę cechę był istotny i podobny. Najkorzystniej na gromadzenie suchej masy przez kukurydzę wpływały nawozy o niższym udziale P w stosunku do N (hydrofoska – N : P = 1:0,44) lub w których udział P nieznacznie przekraczał udział N (fosforan amonu – N : P = 1:1,11 i polifoska – N : P = 1:1,31). Wyniki badań wazonowych przeprowadzonych przez Seidler i Górskiego [1980, 1984, 1986] wskazują, że największą wysokość roślin oraz sumaryczną powierzchnię blaszek liściowych roślin kukurydzy uzyskano przy stosunku azotu do fosforu 1:0,6, a asymilację netto NAR jeśli zastosowano w pożywce ilości fosforu zbliżone do ilości azotu, czyli N : P = 1:0,8. Autorzy ci uzasadniają to wyższą efektywnością procesu fotosyntetycznego, a także bardziej oszczędnie prowadzoną przez rośliny gospodarką wodną. Z kolei ilość fosforu na poziomie wyższym od azotu (stosunek N : P = 1:1,6) powodowała zakłócenia

w przebiegu procesów fizjologicznych. Fakt ten tłumaczyłby niską skuteczność amofoski (N : P = 1:1,74) w badaniach własnych odnośnie gromadzenia suchej masy.

Tabela 4. Wpływ współdziałania badanych czynników na suchą masę części nadziemnych 1 rośliny w fazie 5-6 liści

Table 4. Effect of the interaction between the factors studied on the dry matter of aboveground parts of 5-6 leaf-stage plant

Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	Sposób nawożenia Method of fertilization			
	rzutowo broadcast	rzędowo in rows	rzutowo broadcast	rzędowo in rows
	g·kg ⁻¹ suchej masy g·kg ⁻¹ dry matter		wartości względne relative values	
Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	0,62	1,25	100	201,6
Amofoska – N : P = 1:1,74	0,59	0,63	100	106,8
Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	0,67	1,32	100	197,0
Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	0,73	1,28	100	175,3
Superfosfat – Superphosphate	0,63	0,88	100	139,7
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I/II = 0,173 II/I = 0,202		–	

Rzędowe stosowanie nawozów zwiększało o 64,6% suchą masę części nadziemnych 1 rośliny w fazie 5-6 liści w stosunku do nawożenia rzutowego, niezależnie od lat i rodzaju nawozu (tab. 3). Wynik ten potwierdza wcześniejsze badania Kruczka [2004], w których rzędowy wysiew fosforu amonu istotnie zwiększał tempo początkowego wzrostu kukurydzy, co przejawiało się uzyskaniem o 30,9% większej suchej masy 1 rośliny w fazie 4-5 liści w porównaniu z nawożeniem rzutowym. Korzystny wpływ nawożenia rzędowego na początkowy wzrost roślin stwierdzono w badaniach własnych we wszystkich latach, lecz w roku 2002 nie potwierdzono go statystycznie. Był to rok, w którym suma opadów w okresie poprzedzającym pobieranie prób (kwiecień – maj) była prawie dwukrotnie większa niż w pozostałych latach. Wynika z tego, że dodatni wpływ nawożenia rzędowego na wzrost roślin uwidocznił się zwłaszcza przy niedoborach wody w glebie. Można to tłumaczyć umieszczeniem nawozu w głębszej i wilgotniejszej, nie spulchnionej uprawą przedsięwną warstwie gleby, co ułatwia pobieranie składników mineralnych. Należy jednakże dodać, że w roku 2003, w którym pozytywny wpływ nawożenia rzędowego na gromadzenie suchej masy był największy, zasobność gleby w fosfor była niska.

Rzędowe stosowanie superfosfatu oraz wszystkich form nawozów wieloskładnikowych, z wyjątkiem amofoski, istotnie zwiększało suchą masę 1 rośliny w fazie 5-6 liści w porównaniu z nawożeniem rzutowym (tab. 4). Wzrost ten wahał się od 39,7% w przypadku superfosfatu do 101,6% w przypadku hydrofoski. Przy rzędowym wysiewie nawozów największą suchą masę miały rośliny nawożone polifoską, fosforanem amonu i hydrofoską. Rzędowe stosowanie superfosfatu, a zwłaszcza amofoski, istotnie zmniejszało suchą masę roślin w stosunku do pozostałych nawozów aplikowanych w ten sam sposób. Przy rzutowym wysiewie nawozów jego rodzaj nie różnicował suchej masy roślin w fazie 5-6 liści.

Badane rodzaje nawozów wpływały na zawartość fosforu, azotu, potasu i magnezu w częściach nadziemnych roślin w fazie 5-6 liści (tab. 5). Najwięcej fosforu zgromadzi-

ła kukurydza nawożona polifoską i fosforanem amonu, a najmniej nawożona amofoską. Najniższą zawartość azotu miały rośliny nawożone nawozem zawierającym wyłącznie fosfor (superfosfat) oraz amofoską. Rośliny nawożone pozostałymi nawozami zawierały ilości azotu nie różniące się statystycznie. Zgodnie z oczekiwaniami najwięcej potasu zawierały rośliny nawożone nawozami zawierającymi ten składnik, czyli polifoską i hydrofoską. Natomiast rośliny nawożone trzecim nawozem zawierającym potas – amofoską – wykazywały zawartość tego składnika na poziomie roślin nawożonych fosforanem amonu względnie superfosfatem. Najwięcej magnezu zawierała kukurydza nawożona superfosfatem względnie fosforanem amonu. Rośliny nawożone nawozami wieloskładnikowymi zgromadziły istotnie niższą i podobną ilość tego składnika. Rzędowy sposób nawożenia zwiększał zawartość fosforu i azotu oraz zmniejszał zawartość magnezu i wapnia w częściach nadziemnych roślin w fazie 5-6 liści w porównaniu z nawożeniem rzutowym. Różnica w zawartości potasu w roślinach wywołana sposobami nawożenia była nieistotna. Potwierdza to wcześniejsze badania autora odnośnie P, N i Ca, w których wykazano, że rzędowy wysiew fosforanu amonu względnie superfosfatu powodował wzrost zawartości fosforu i azotu oraz obniżenie zawartości potasu i wapnia w suchej masie roślin w fazie 4-5 liści [Kruczek 2005, Kruczek i Sulewska 2005]. Brak spadku zawartości potasu w badaniach własnych pod wpływem nawożenia rzędowego wynikał z faktu obecności tego składnika w niektórych nawozach stosowanych tą metodą. Również Dubas i Duhr [1983] stwierdzili istotnie większą zawartość fosforu (o 0,43 pkt. %) w wyniku nawożenia rzędowego w stosunku do rzutowego.

Tabela 5. Zawartość składników mineralnych w częściach nadziemnych roślin w fazie 5-6 liści
Table 5. Content of mineral nutrients in the aboveground parts of 5-6 leaf-stage plant

Badany czynnik Factor studied	Zawartość makroskładników, g·kg ⁻¹ suchej masy Content of macroelements, g·kg ⁻¹ dry matter				
	P	N	K	Mg	Ca
Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	3,43	39,57	38,28	1,66	4,49
Amofoska – N : P = 1:1,74	2,54	37,57	35,12	1,63	4,27
Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	3,80	39,10	41,53	1,63	4,37
Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	3,66	38,55	33,47	1,82	4,10
Superfosfat – Superphosphate	3,39	35,72	35,38	1,93	4,98
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,140	2,75	5,302	0,117	ni – ns
Nawożenie rzutowe – Broadcast fertilization	2,81	35,58	36,02	1,81	4,83
Nawożenie rzędowe – Fertilization-in-rows	3,91	40,62	37,49	1,66	4,05
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,182	1,519	ni – ns	0,095	0,325

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

Współdziałanie rodzaju nawozu i sposobu jego stosowania wpływało istotnie na zawartość P, N, K i Mg w roślinach w fazie 5-6 liści (tab. 6). Nawożenie rzędowe zwiększało, w stosunku do nawożenia rzutowego, zawartość fosforu w przypadku stosowania wszystkich nawozów z wyjątkiem amofoski, zawartość azotu przy stosowaniu hydrofoski, polifoski i fosforanu amonu oraz zawartość potasu jedynie przy stosowaniu polifoski. Aplikacja nawozów wieloskładnikowych, czyli hydrofoski, amofoski i polifoski, w sposób rzędowy istotnie zmniejszała zawartość magnezu w porównaniu z rzutowym ich stosowaniem.

Tabela 6. Wpływ współdziałania badanych czynników na zawartość składników mineralnych w częściach nadziemnych roślin w fazie 5-6 liści, g·kg⁻¹ suchej masyTable 6. Effect of the interaction of the factors studied on the content of mineral nutrients in the aboveground parts of 5-6 leaf-stage plants, g·kg⁻¹ dry matter

Składnik Component	Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	Sposób nawożenia Method of fertilization	
		rzutowo broadcast	rzędowo in rows
P	Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	2,85	4,01
	Amofoska – N : P = 1:1,74	2,59	2,48
	Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	2,98	4,62
	Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	2,68	4,64
	Superfosfat – Superphosphate	2,97	3,82
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I/II = 0,407	II/I = 0,320
N	Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	36,93	42,20
	Amofoska – N : P = 1:1,74	35,97	39,17
	Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	35,77	42,43
	Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	34,33	42,77
	Superfosfat – Superphosphate	34,90	36,53
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I/II = 3,398	II/I = 5,180
K	Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	36,51	40,05
	Amofoska – N : P = 1:1,74	35,57	34,66
	Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	36,54	46,51
	Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	34,20	32,74
	Superfosfat – Superphosphate	37,30	33,47
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I/II = 5,125	II/I = 6,421
Mg	Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	1,84	1,48
	Amofoska – N : P = 1:1,74	1,74	1,51
	Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	1,82	1,43
	Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	1,73	1,92
	Superfosfat – Superphosphate	1,90	1,95
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I/II = 0,213	II/I = 0,190
Ca	Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	5,16	3,83
	Amofoska – N : P = 1:1,74	4,61	3,94
	Polifoska 8 – N : P = 1:1,31	4,84	3,90
	Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	4,29	3,91
	Superfosfat – Superphosphate	5,26	4,69
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	ni – ns	

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

Wilgotność ziarna podczas zbioru zmieniała się pod wpływem zróżnicowanych warunków pogodowych w latach. Najwięcej wody w ziarnie – 30,3% – stwierdzono w 2001 r., charakteryzującym się korzystnymi warunkami wilgotnościowymi w okresie wegetacji oraz chłodną i wilgotną pogodą w okresie dojrzewania ziarna. Najmniej wody (23,1%) zawierało ziarno w 2003 r., w którym podczas dojrzewania było wyjątkowo sucho i ciepło. Niezależnie od przebiegu pogody zawartość wody w ziarnie zależała wyłącznie od sposobu wysiewu nawozu. Na obiektach, gdzie nawóz wysiewano rzędowo, stwierdzono istotnie niższą wilgotność ziarna w porównaniu z obiektami nawożo-

nyymi rzutowo. Różnica w zawartości wody w ziarnie spowodowana sposobami nawożenia wynosiła średnio 0,5 pkt. %. Powyższą zależność stwierdzono we wszystkich latach badań, natomiast potwierdzono ją statystycznie w 2001 i 2002 r. Korzystny wpływ nawożenia rzędowego na wilgotność ziarna wykazali również Dibb i in. [1989], Mascagni i Boquet [1996] oraz Murphy [1984], którzy tłumaczą to lepszym odżywieniem fosforem, który jest składnikiem przyspieszającym dojrzewanie ziarna. Formy nawozów nie miały wpływu na wilgotność ziarna przy zbiorze zarówno w ujęciu syntetycznym, jak i w latach.

Przebieg pogody w latach był czynnikiem najsilniej wpływającym na wysokość plonu ziarna kukurydzy. Najgorsze warunki dla plonowania kukurydzy panowały w 2002 r., w którym średni plon ziarna wynosił 67,13 dt·ha⁻¹, natomiast najlepsze w roku 2003 – 102,49 dt·ha⁻¹. Należy nadmienić, że był to rok o najniższej sumie opadów w sezonie wegetacyjnym, a o poziomie plonu ziarna zdecydował korzystny ich rozkład. Poziom plonu ziarna w roku 2001 był zbliżony do poziomu z 2003 r. i wynosił średnio 100,00 dt·ha⁻¹. Z badanych czynników jedynie sposób nawożenia wpływał istotnie na plon ziarna (tab. 7).

Tabela 7. Plon ziarna kukurydzy, dt·ha⁻¹
Table 7. Maize grain yield, dt·ha⁻¹

Badany czynnik Factor studied	Rok – Year			Średnia Mean
	2001	2002	2003	
Hydrofoska 16 – N : P = 1:0,44	98,76	66,69	101,62	89,02
Amofoska – N : P = 1:1,74	100,67	65,55	102,69	89,64
Polifoska 8 – N : P = 1 : 1,31	102,67	68,08	97,32	89,36
Polidap – Ammonium phosphate – N : P = 1:1,11	98,90	69,92	106,72	91,85
Superfosfat – Superphosphate	98,98	65,39	104,07	89,48
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	ni – ns	ni – ns	ni – ns	ni – ns
Nawożenie rzutowe – Broadcast fertilization	97,75	66,84	100,88	88,49
Nawożenie rzędowe – Fertilization-in-rows	102,24	67,41	104,09	91,25
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	2,627	ni – ns	1,028	1,192

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant differences

W ujęciu syntetycznym (za 3 lata) rzędowy sposób wysiewu nawozu zwiększał plon ziarna o 2,76 dt·ha⁻¹ w porównaniu z nawożeniem rzutowym. Podobną zależność stwierdzono we wszystkich latach, jednakże nie potwierdzono jej statystycznie w wyjątkowo suchym roku 2002. Korzystny wpływ nawożenia rzędowego na plon ziarna kukurydzy potwierdzają również Dibb i in. [1989], Mascagni i Boquet [1996], Murphy [1984] i Teare i Wright [1990]. Barry i Miller [1989] stwierdzili, że duża koncentracja fosforu w suchej masie roślin kukurydzy przed fazą sześciu liści istotnie zwiększa plon ziarna, co potwierdzono również w badaniach własnych. Z kolei Dubas i Duhr [1983] wykazali, że dodatni wpływ nawożenia startowego nawozami fosforowymi lub wieloskładnikowymi na plon ziarna kukurydzy ujawnił się tylko w latach, w których w początkowym okresie wegetacji temperatura gleby była bardzo niska (<6°C). W badaniach własnych warunki termiczne w początkowym okresie rozwoju były korzystne dla kukurydzy we wszystkich latach. Brak wpływu badanych rodzajów nawozów, o różnym stosunku N do P, na plonowanie kukurydzy nie potwierdza doniesień literaturowych. Seidler i Górski [1980, 1984, 1986] stwierdzili, że zastosowanie w pożywcę fosforu

w ilości zbliżonej do poziomu azotu (stosunek N : P = 1:0,8) korzystnie wpływa na plon suchej masy, natomiast ilości fosforu na poziomie znacznie wyższym od azotu (stosunek N : P = 1:1,6) powodowały depresję plonu.

Zarówno rodzaj nawozu, jak i sposób jego stosowania nie modyfikowały w istotny sposób liczby kolb produkcyjnych na jednostce powierzchni, masy 1000 ziaren oraz liczby ziaren w kolbie. Natomiast Dubas i Duhr [1983] korzystne działanie nawożenia zlokalizowanego tłumaczy zwiększeniem liczby kolb z jednostki powierzchni, a Barry i Miller [1989] zwiększeniem liczby ziaren w kolbie. Koter i in. [1978] uzyskali większą o 14%, a Mascagni i Boquet [1996] o 3,8% masę 1000 ziaren w wyniku nawożenia zlokalizowanego w porównaniu z nawożeniem rzutowym.

WNIOSKI

1. Rzędowy wysiew nawozów dodatnio wpływał na plon ziarna kukurydzy w porównaniu z nawożeniem rzutowym, szczególnie w latach, w których rozkład opadów był sprzyjający dla uzyskania wysokich plonów. W roku charakteryzującym się niedoborem opadów w ciągu całego okresu wegetacji wpływu tego nie stwierdzono.

2. Niezależnie od warunków meteorologicznych rzędowe stosowanie nawozów przyczyniało się do wzrostu suchej masy części nadziemnych młodych roślin kukurydzy oraz zwiększenia w nich zawartości fosforu i azotu, a obniżenia zawartości magnezu i wapnia.

3. Najkorzystniej na wzrost roślin w początkowym okresie wegetacji oraz zawartość fosforu i azotu w roślinach wpływało rzędowe stosowanie nawozów, w których zawartość P była mniejsza od zawartości N lub nieznacznie ją przekraczała. Były to nawozy: hydrofoska 16 (N : P = 1:0,44), polifoska 8 (N : P = 1:1,31), fosforan amonu (N : P = 1:1,11) i superfosfat.

PIŚMIENNICTWO

- Arnon I., 1975. Mineral nutrition of maize. International Potash Institute Bern-Worblaufen, Switzerland.
- Barry D.A.J., Miller M.H., 1989. The phosphorus nutritional requirement of maize seedling for maximum yield. *Agron. J.* 81, 95-99.
- Dibb W.D., Fixen E.P., Murphy S.L., 1989. Balanced fertilization with particular reference to phosphates: Interaction of phosphorus with other inputs and management practices. Potash & Phosphate Institute, Atlanta, Georgia.
- Dubas A., Duhr E., 1983. Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. *Pam. Puł.* 81, 131-139.
- El-Hamdi K.H., Woodard H.J., 1995. Response of early corn growth to fertilizer phosphorus rates and placement methods. *J. Plant Nutr.* 18 (6), 1103-1120.
- Fotyma M., Mercik S., Faber A., 1987. Chemiczne podstawy żyzności gleb i nawożenia. PWRiL Warszawa.
- Koter Z., Jeśmanowicz A., Krawczyk Z., Kukuła S., 1978. Wzrost i plonowanie dwu mieszańców kukurydzy w zależności od sposobu stosowania nawozów mineralnych. *IUNG Puławy, R 132*, 24-36.
- Kruczek A., 2004. Gromadzenie suchej masy w początkowym okresie wzrostu jako wyznacznik reakcji mieszańców kukurydzy na sposób nawożenia i termin siewu. *Acta Agrophys.* 4(2), 361-372.

- Kruczek A., 2005. Phosphorus Utilization from Fertilizer and Accumulation of Mineral Components in the Initial Stage of Maize Development. *Pol. J. Environ. Stud.* 14 (4), 83-91.
- Kruczek A., Sulewska H., 2005. Wpływ sposobu nawożenia, terminu siewu i odmian na gromadzenie składników mineralnych przez kukurydzę w początkowym okresie rozwoju. *Acta Agrophys.* 5(3), 683-694.
- Mascagni J.H., Boquet J.D., 1996. Starter fertilizer and planting date effects on corn rotated with cotton. *Agron. J.* 88, 975-981.
- Moskal S. 1972. Przemiany nawozów fosforowych w glebie. *Prace Nauk. Inst. Tech. Nieorg. i Naw. Miner. Politechniki Wrocławskiej* 4, 33-87.
- Murphy L.S., 1984. Recent developments in fluid fertilizer application techniques. *ANDA Fluid Fertilizers Seminar, Sao Paulo, Brazil*, 1-27.
- Rhoads F.M., Wright D.L., 1998. Root mass as a determinant of corn hybrid response to starter fertilizer. *J. Plant Nutr.* 21 (8), 1743-1751.
- Seidler M., Górski D., 1980. Niektóre aspekty żywienia kukurydzy fosforem. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu, Chemia* 181, 211-217.
- Seidler M., Górski D. 1984. Wpływ zróżnicowanych dawek fosforu na niektóre procesy fizjologiczne kukurydzy na tle zmiennych warunków wilgotności podłoża. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu, Chemia* 267, 204-215.
- Seidler M., Górski D., 1986. Wpływ zaopatrzenia w fosfor na produktywność roślin kukurydzy i prosa. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu, Chemia* 338, 95-103.
- Sleight D.M., Sander D.H., Peterson G.A., 1984. Effect of fertilizer phosphorus placement on the availability of phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 336-340.
- Teare I.D., Wright D.L., 1990. Corn hybrid- Starter fertilizer interaction for yield and lodging. *Crop Sci.* 30, 1298-1303.
- Tlustos P., Balik J., Pavlikova D., Vanek V., 1997. Vyuziti dusiku kukurici po lokalni aplikaci sjaranu amonneho. *Rostlinna Vyroba* 43 (1), 13-18.

EFFECT OF ROW FERTILIZATION WITH DIFFERENT KINDS OF FERTILIZERS ON THE MAIZE YIELD

Abstract. A field experiment was carried out over 2001-2003 at Agricultural Experimental Station at Swadzim, in the vicinity of Poznań. The aim was to examine the effect of fertilization method on the accumulation of dry matter and the content of nutrients at the initial stage of maize growth, and the grain yield and its structure. Two methods of fertilization were applied: broadcasting before sowing and sowing in rows (starter fertilization) simultaneously with grain sowing. The effectiveness of fertilization methods was studied applying P, NP and multiple fertilizers. Row fertilization increased the dry matter of above-ground parts of young plants of maize as well as increased their content of phosphorus and nitrogen and decreased the content of magnesium and calcium. A multi-component fertilizer, ammophoska, was the only fertilizer which, when applied in rows, did not stimulate the initial plant growth. The row application of fertilizers significantly increased the grain yield, as compared with broadcasting fertilization.

Key words: methods of fertilization, kinds of fertilizers, maize

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 20.09.2005