

WPLYW SPOSOBU NAWOŻENIA RÓŻNYMI RODZAJAMI NAWOZÓW  
NA GROMADZENIE SUCHEJ MASY I SKŁADNIKÓW MINERALNYCH  
PRZEZ KUKURYDZĘ W POCZĄTKOWYM OKRESIE WZROSTU

*Andrzej Kruczek*

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

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu sposobu nawożenia kukurydzy na plon suchej masy i pobieranie składników mineralnych w początkowym okresie wzrostu. Stosowano dwa sposoby nawożenia: rzutowo na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowo (startowo) jednocześnie z siewem nasion. Skuteczność sposobów nawożenia badano stosując nawóz P, NP i nawozy wieloskładnikowe. Nawożenie rzędowe powodowało wzrost plonu suchej masy części nadziemnych młodych roślin kukurydzy oraz zwiększało pobieranie i nagromadzanie fosforu, azotu, potasu, magnezu i wapnia. Nawóz wieloskładnikowy amofoska był jedynym nawozem, który zastosowany rzędowo nie zwiększał plonu suchej masy roślin i pobierania składników mineralnych w fazie 5-6 liści.

Słowa kluczowe: sposoby nawożenia, rodzaje nawozów

WSTĘP

Pobieranie azotu przez kukurydzę w temperaturach poniżej 5°C i fosforu poniżej 10°C jest ograniczone, a w Polsce zjawisko to występuje niemal corocznie w okresie wczesnowiosennym [8,11,13]. Jednym ze sposobów zwiększenia dostępności składników pokarmowych dla roślin jest nawożenie rzędowe zlokalizowane w bezpośredniej bliskości nasion, które po zastosowaniu razem z siewem nazywamy startowym [3,10,14,21]. Taki sposób nawożenia zwiększając dostępność składników pokarmowych powoduje lepsze zaopatrzenie w składniki pokarmowe młodych roślin i tym samym przyczynia się do stymulacji ich początkowego wzrostu [4,12,15,19]. Prawidłowy wzrost i rozwój roślin oraz pobieranie fosforu uzależnione jest od formy azotu i odpowiedniego stosunku N:P [5,16-18], czyli doboru odpowiedniego nawozu do nawożenia rzędowego. Nawożenie startowe kukurydzy fosforem i azotem w formie amonowej jest rutynową praktyką

w niektórych krajach [1,20], natomiast w warunkach Polski praktycznie jest nie rozpoznane. Badania polowe Dubasa i Duhra [2] oraz na mikroparcelach Kotera i in. [6] nie dały podstaw dla zaleceń praktycznych. Przesłanki te, jak również dostępność wielu nawozów wieloskładnikowych o różnym stosunku N:P, uzasadniły podjęcie badań nad wpływem rzędowego stosowania nawozów fosforowych i wieloskładnikowych na gromadzenie suchej masy i pobieranie składników mineralnych przez młode rośliny kukurydzy w zależności od rodzaju nawozu.

#### MATERIAŁ I METODY

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

- hydrofoska 16 (16% N w tym 6,5% N-NO<sub>3</sub> i 9,5% N-NH<sub>4</sub>; 16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 16% K<sub>2</sub>O) – N:P = 1:0,44,
- amofoska NPK/S (4% N, 16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18% K<sub>2</sub>O, 4,5% S) – N:P = 1:1,74,
- polifoska 8 NPK (8% N, 24% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 24% K<sub>2</sub>O) – N:P = 1:1,31,
- polidap NP – fosforan amonu (18% N, 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – N:P = 1:1,11,
- superfosfat potrójny granulowany (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>),

Czynnikiem 2-go rzędu były 2 sposoby nawożenia: rzutowo na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowo (startowo) jednocześnie z siewem nasion.

Zapotrzebowanie kukurydzy na fosfor zostało pokryte w ramach czynników badawczych, przy zastosowaniu dawki 21,8 kg P·ha<sup>-1</sup> (50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup>). Nawożenie potasem wykonano w całości przed siewem w dawce 99,6 kg K·ha<sup>-1</sup> (120 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> – sól potasowa 60%). Nawozy azotowe stosowano w dwóch terminach: przed siewem w dawce 50 kg N·ha<sup>-1</sup> (saletrzak 27,5% N) i pogłównie w formie oprysku dolistnego (9,06% roztworem mocznika w 400 l·ha<sup>-1</sup> cieczy użytkowej) w ilości 50 kg N·ha<sup>-1</sup>. Przed siewem dawki azotu i potasu zostały pomniejszone o ilości wnoszone do gleby w nawozach dwu- i wieloskładnikowych w ramach czynnika 1-go rzędu.

Do siewu wykorzystano siewnik punktowy Monosem, wyposażony w rozsiewacz nawozów. 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. Zakładana obsada roślin wynosiła 7,94 szt·m<sup>-2</sup> (rozstawa międzyrzędzi 70 cm, odległość roślin w rzędzie 18 cm). Siew nasion wykonywano na głębokość 5-6 cm. Wielkość poletka do siewu wynosiła 44,8 m<sup>2</sup> (długość 16 m, szerokość 2,8 m), a do zbioru 19,6 m<sup>2</sup>. W doświadczeniu wysiano mieszańca kukurydzy Marignan (FAO 260) hodowli firmy Novartis.

W fazie 5-6 liści pobierano z każdego poletka, z 2 rzędów środkowych, próbki składające się z 20 roślin a następnie oddzielano korzenie od części nadziemnej. Określono plon suchej masy roślin, a zsypy z kombinacji nawozowych przekazano do laboratorium w celu określenia zawartości składników mineralnych. Wyniki poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem jednozmiennnej analizy 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 żyniego dobrego. Zasobność gleby w składniki pokarmowe i jej kwasowość przedstawia tabela 1.

**Tabela 1.** Warunki glebowe w Swadzimiu

**Table 1.** Soil conditions at Swadzim

Lata Years	Zawartość w glebie – Content in soil					pH w KCl pH in KCl
	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	K	Mg	
	mg·100g <sup>-1</sup> gleby – mg 100g <sup>-1</sup> 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 podczas wegetacji w latach prowadzenia badań były sprzyjające dla 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. Zdecydowanie większe różnice pomiędzy latami wystąpiły w ilości opadów atmosferycznych. Największą ich sumę, dla okresu wegetacyjnego, odnotowano w 2001 roku 341 mm, która była wyższa o 121,5 mm od sumy opadów roku 2002 i o 141 mm od ilości opadów w roku 2003. Wyliczone współczynniki hydrotermiczne zabezpieczenia w wodę wg. Sielianiowa (tab. 2), uwzględniające w sposób kompleksowy zarówno temperatury powietrza jak i opady atmosferyczne, pozwoliły stwierdzić, że umiarkowanie korzystne warunki pogodowe panowały w 2001r. (z wyjątkiem maja). Pozostałe dwa lata badań charakteryzowały się znacznymi okresowymi niedoborami wilgoci w przeciągu całego okresu wegetacji. 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 (kwitnienie).

**Tabela 2.** Warunki pogodowe w Swadzimiu  
**Table 2.** Weather conditions at Swadzim

Lata Years	Temperatura Temperature			Opady Rainfall			Wspól. hydrotermiczny Hydrothermal coefficient		
	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI
	°C			mm					
2001	8,3	15,2	15,3	33,1	10,4	67,8	1,33	0,22	1,48
2002	8,9	16,8	18,1	34,2	45,7	38,1	1,28	0,87	0,71
2003	8,6	15,7	19,2	16,2	24,0	40,4	0,56	0,49	0,70
1958-2003	7,8	13,3	16,5	33,2	51,4	58,7	1,42	1,25	1,19

### WYNIKI I DYSKUSJA

Plon suchej masy części nadziemnych roślin kukurydzy w fazie 5-6 liści zależał od rodzaju nawozu i sposobu nawożenia oraz współdziałania tych czynników (tab. 3 i 4). Niezależnie od lat, istotnie najniższy plon suchej masy uzyskano z obiektów nawożonych amofoską, a najwyższy z nawożonych polifoską i fosforanem amonu. Wpływ rodzaju nawozu na tę cechę był podobny w poszczególnych latach badań. Najkorzystniej na plon suchej masy roślin w fazie 5-6 liści wpływały nawozy o udziale N:P = 1:1,11-1,31 (fosforan amonu – N:P = 1:1,11 i polifoska – N:P = 1:1,31). Z badań wazonowych przeprowadzonych przez Seidlera i Górskiego [16-18] wynika, że najkorzystniejsze wartości niektórych cech morfologicznych roślin kukurydzy uzyskano przy stosunku azotu do fosforu 1:0,6, a asymilacji netto NAR i plonu suchej masy, jeśli zastosowano w pożywce ilości fosforu zbliżone do ilości azotu, czyli N:P = 1:0,8. Autorzy ci uzasadniają to wyższą efektywnością procesu

**Tabela 3.** Plon suchej masy części nadziemnych roślin w fazie 5-6 liści (kg·ha<sup>-1</sup>)

**Table 3.** The yield of dry mass of above-ground parts of plants in the phase of 5-6 leaves (kg ha<sup>-1</sup>)

Badane czynniki – Studied factors	Lata – Years			Średnio Mean
	2001	2002	2003	
Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	32,94	40,04	103,80	58,93
Amofoska; N:P = 1:1,74	28,93	36,68	54,19	39,93
Polifoska 8; N:P = 1:1,31	36,17	49,22	108,34	64,58
Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	34,01	49,87	113,01	65,63
Superfosfat – Superphosphate	33,34	40,27	74,84	49,49
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	3,624	9,621	28,805	9,499
Nawożenie rzutowe – Broadcast fertilization	31,20	41,83	56,05	43,03
Nawożenie rzędowe – In-row fertilization	34,96	44,60	125,63	68,39
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	2,143	r.n.	14,37	4,806

r.n. – różnice nieistotne – no significant differences.

fotosyntetycznego, a także bardziej oszczędnie prowadzoną przez rośliny gospodarką wodną. Z kolei ilości fosforu na poziomie wyższym od azotu (stosunek N:P = 1:1,6) powodował zakłócenia w przebiegu procesów fizjologicznych, czego konsekwencją był spadek plonu suchej masy. Fakt ten tłumaczy niską skuteczność amofoski (N:P = 1:1,74) w badaniach własnych odnośnie gromadzenia suchej masy w początkowym okresie wzrostu kukurydzy.

Niezależnie od lat i rodzaju nawozu nawożenie rzędowe istotnie zwiększało plon suchej masy roślin w fazie 5-6 liści o 58,9%, w stosunku do nawożenia rzutowego (tab. 3). Wynik ten potwierdza wcześniejsze badania Kruczka [7], w których rzędowy wysiew fosforanu amonu istotnie zwiększał tempo początkowego wzrostu kukurydzy, co przejawiało się uzyskaniem o 31,2% większego plonu suchej masy roślin w fazie 4-5 liści, w porównaniu do nawożenia rzutowego. Korzystny wpływ nawożenia rzędowego na początkowy wzrost roślin stwierdzono w badaniach własnych we wszystkich latach. W roku 2002, w którym suma opadów kwietnia i maja, czyli okresu poprzedzającego pobieranie prób, była prawie dwukrotnie większa niż w pozostałych latach, wpływu tego nie potwierdzono statystycznie. Można więc przypuszczać, że dodatni wpływ nawożenia rzędowego na wzrost roślin uwidocznił się zwłaszcza przy niedoborach wody w glebie. Wynika to z umieszczenia nawozu w głębszej i wilgotniejszej, nie spulchnionej uprawą przedsięwną warstwie gleby, co ułatwiało pobieranie składników mineralnych.

Rzędowe stosowanie superfosfatu oraz nawozów dwu- i wieloskładnikowych, z wyjątkiem amofoski, istotnie zwiększało plon suchej masy roślin w fazie 5-6 liści, w porównaniu do nawożenia rzutowego (tab. 4). Wzrost ten wahał się od 35,4% w przypadku superfosfatu do 93,2% w przypadku hydrofoski. Przy rzędowym wysiewie nawozów najwyższy plon suchej masy dały rośliny nawożone polifoską, fosforanem amonu i hydrofoską. Rzędowe stosowanie superfosfatu, a zwłaszcza amofoski istotnie zmniejszało plon suchej masy roślin w stosunku do pozostałych nawozów aplikowanych w ten sam sposób. Przy rzutowym wysiewie nawozów jego rodzaj nie różnicował plonu suchej masy roślin w fazie 5-6 liści.

Rodzaje nawozów wpływały na pobieranie przez rośliny fosforu, azotu, potasu, magnezu i wapnia (tab. 5). Najwięcej fosforu i azotu pobrała kukurydza nawożona polifoską, fosforanem amonu i hydrofoską; najwięcej potasu nawożona polifoską; najwięcej magnezu nawożona fosforanem amonu, zaś najwięcej wapnia nawożona polifoską, superfosfatem, hydrofoską i fosforanem amonu. Nawożenie amofoską wpływało niekorzystnie na pobieranie wszystkich analizowanych składników mineralnych, w porównaniu do pozostałych nawozów. Rzędowy sposób nawożenia zwiększał pobieranie fosforu o 149,4%, azotu o 85,9%, potasu o 78,4%, magnezu o 44,6% i wapnia o 17,8%, w porównaniu do nawożenia rzutowego. Potwierdza to wcześniejsze badania Kruczka i Sulewskiej [9], w których

wykazano, że rzędowy wysiew fosforanu amonu lub superfosfatu powodował wzrost pobrania fosforu o 85,5%, azotu o 49,9%, potasu o 23,0%, magnezu o 28,3% i wapnia o 16,6%. Również Dubas i Duhr [2] stwierdzili istotnie większą zawartość fosforu (o 0,43 pkt. %) w wyniku nawożenia rzędowego, w stosunku do nawożenia rzutowego. Według El-Hamdi i Woodard [4] kukurydza nawożona rzędowo pobierała w 28 dniu od daty siewu więcej fosforu niż kukurydza nawożona rzutowo.

**Tabela 4.** Wpływ współdziałania badanych czynników na plon suchej masy części nadziemnych roślin w fazie 5-6 liści

**Table 4.** Effect of interaction of studied factors on the yield of dry mass of above-ground parts of plants in the phase of 5-6 leaves

Rodzaj nawozu – Kind of fertilizer	Sposób nawożenia Method of fertilization			
	rzutowo broadcast	rzędowo in rows	rzutowo broadcast	rzędowo in rows
	kg·ha <sup>-1</sup>		wartości względne relative values	
Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	40,20	77,65	100	193,2
Amofoska; N:P = 1:1,74	39,09	40,78	100	104,3
Polifoska 8; N:P = 1:1,31	45,35	83,80	100	184,8
Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	48,46	82,81	100	170,9
Superfosfat – Superphosphate	42,04	56,93	100	135,4
	I/II = 10,747			
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	II/I = 12,164			–

**Tabela 5.** Pobranie składników mineralnych przez rośliny w fazie 5-6 liści

**Table 5.** Uptake of nutrients by plants in the phase of 5-6 leaves

Badane czynniki – Studied factors	Pobieranie w mg na roślinę Uptake in mg per plant				
	P	N	K	Mg	Ca
Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	3,41	35,24	36,26	1,37	3,16
Amofoska; N:P = 1:1,74	1,53	22,89	19,96	0,92	2,11
Polifoska 8; N:P = 1:1,31	4,02	36,97	42,86	1,42	3,44
Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	4,01	37,82	30,12	1,74	3,02
Superfosfat – Superphosphate	2,57	26,26	25,17	1,41	3,30
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,664	5,884	5,876	0,245	0,446
Nawożenie rzutowe – Broadcast fertilization	1,78	22,27	22,18	1,12	2,76
Nawożenie rzędowe – In-row fertilization	4,44	41,40	39,57	1,62	3,25
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,343	2,887	2,830	0,114	0,180

Współdziałanie rodzaju nawozu i sposobu jego stosowania wpływało istotnie na pobieranie składników mineralnych przez rośliny w fazie 5-6 liści (tab. 6). Rzędowe stosowanie wszystkich nawozów, z wyjątkiem amofoski, zwiększało pobieranie fosforu, azotu, potasu, magnezu i wapnia. W przypadku amofoski sposób nawożenia nie różnicował pobierania składników mineralnych przez kukurydzę.

**Tabela 6.** Wpływ współdziałania badanych czynników na pobieranie składników mineralnych przez rośliny w fazie 5-6 liści (mg na roślinę)

**Table 6.** Effect of interaction of studied factors on the uptake of nutrients by plants in the phase of 5-6 leaves (mg per plant)

Składniki Components	Rodzaj nawozu – Kind of fertilizer	Sposób nawożenia Method of fertilization	
		rzutowo broadcast	rzędowo in rows
P	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	1,74	5,07
	Amofoska; N:P = 1:1,74	1,50	1,57
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	1,94	6,09
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	1,88	6,13
	Superfosfat – Superphosphate	1,82	3,32
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 0,766; II/I = 0,857	
N	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	22,39	48,09
	Amofoska; N:P = 1:1,74	20,90	24,89
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	23,03	50,91
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	23,70	51,94
	Superfosfat – Superphosphate	21,33	31,19
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 6,456; II/I = 7,447	
K	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	21,85	50,68
	Amofoska; N:P = 1:1,74	19,82	20,11
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	23,60	62,12
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	22,99	37,25
	Superfosfat – Superphosphate	21,63	28,72
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 6,328; II/I = 7,385	
Mg	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	1,11	1,63
	Amofoska; N:P = 1:1,74	0,99	0,85
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	1,18	1,67
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	1,18	2,29
	Superfosfat – Superphosphate	1,16	1,66
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 0,254; II/I = 0,304	
Ca	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	2,93	3,39
	Amofoska; N:P = 1:1,74	2,37	1,86
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	2,96	3,93
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	2,47	3,56
	Superfosfat – Superphosphate	3,08	3,52
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 0,402; II/I = 0,528	

Nagromadzanie składników mineralnych, stanowiące iloczyn plonu suchej masy i procentowej zawartości danego składnika, zależało od obydwu badanych czynników (tab. 7) oraz ich interakcji (tab. 8). Najkorzystniej na nagromadzanie fosforu wpływało stosowanie polifoski i fosforanu amonu; azotu stosowanie fosforanu amonu, polifoski i hydrofoski; potasu stosowanie polifoski; magnezu stosowanie fosforanu amonu; wapnia wysiew wszystkich nawozów, z wyjątkiem amofoski. Aplikacja amofoski spowodowała istotnie najniższe gromadzenie fosforu, magnezu i wapnia oraz najmniejsze gromadzenie azotu i potasu w roślinach kukurydzy. Rzędowy sposób nawożenia zwiększał nagromadzanie w fazie 5-6 liści fosforu o 137,4%, azotu o 78,2%, potasu o 69,3%, magnezu o 39,4% i wapnia o 14,6%, w porównaniu do nawożenia rzutowego. Podobnie jak w przypadku pobierania składników mineralnych, nawożenie rzędowe wszystkimi nawozami, z wyjątkiem amofoski, zwiększało pobieranie fosforu, azotu, potasu, magnezu i wapnia. W przypadku amofoski sposób nawożenia nie determinował nagromadzenia składników mineralnych. Jedynie rzędowa aplikacja amofoski zmniejszała nagromadzenie wapnia przez kukurydzę, w stosunku do nawożenia rzutowego tym nawozem.

**Tabela 7.** Nagromadzanie składników mineralnych przez rośliny w fazie 5-6 liści

**Table 7.** Accumulation of nutrients by plants in the phase of 5-6 leaves

Badane czynniki – Studied factors	Nagromadzanie Accumulation (g·ha <sup>-1</sup> )				
	P	N	K	Mg	Ca
Hydrofoska 16; N : P = 1 : 0,44	214,1	2247,8	2288,5	88,5	210,1
Amofoska; N : P = 1 : 1,74	100,5	1498,3	1335,4	61,6	149,0
Polifoska 8; N : P = 1 : 1,31	260,1	2433,4	2781,0	94,6	234,3
Polidap – Ammonium phosphate; N : P = 1 : 1,11	260,0	2482,7	1999,4	114,7	209,1
Superfosfat – Superphosphate	169,0	1736,5	1675,2	93,5	224,6
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	39,06	347,57	349,09	14,59	27,76
Nawożenie rzutowe – Broadcast fertilization	119,0	1495,0	1497,0	75,7	191,4
Nawożenie rzędowe – In rows fertilization	282,5	2664,5	2534,8	105,5	219,4
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	20,80	179,12	174,60	7,18	11,88



**Tabela 8.** Wpływ współdziałania badanych czynników na nagromadzenie składników mineralnych przez rośliny w fazie 5-6 liści (g·ha<sup>-1</sup>)**Table 8.** Effect of interaction of studied factors on the accumulation of nutrients by plants in the phase of 5-6 leaves (g ha<sup>-1</sup>)

Składniki Components	Rodzaj nawozu – Kind of fertilizer	Sposób nawożenia Method of fertilization	
		rzutowo broadcast	rzędowo in rows
P	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	113,3	314,8
	Amofoska; N:P = 1:1,74	100,3	100,8
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	132,3	387,9
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	125,9	394,1
	Superfosfat – Superphosphate	123,2	214,8
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 46,51; II/I = 51,07	
N	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	1464,7	3030,9
	Amofoska; N:P = 1:1,74	1396,8	1599,8
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	1574,8	3292,0
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	1591,8	3373,6
	Superfosfat – Superphosphate	1446,7	2026,3
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 400,53; II/I = 448,35	
K	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	1432,6	3144,4
	Amofoska; N:P = 1:1,74	1345,1	1325,7
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	1612,4	3949,5
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	1556,0	2442,8
	Superfosfat – Superphosphate	1438,9	1911,6
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 390,41; II/I = 445,03	
Mg	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	72,9	104,0
	Amofoska; N:P = 1:1,74	66,6	56,7
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	80,4	108,8
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	79,8	149,6
	Superfosfat – Superphosphate	78,6	108,3
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 16,05; II/I = 18,48	
Ca	Hydrofoska 16; N:P = 1:0,44	195,9	224,2
	Amofoska; N:P = 1:1,74	166,8	131,3
	Polifoska 8; N:P = 1:1,31	205,9	262,6
	Polidap – Ammonium phosphate; N:P = 1:1,11	175,5	242,8
	Superfosfat – Superphosphate	203,0	246,2
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	I/II = 26,57; II/I = 33,51	

## WNIOSKI

1. Rzędowy wysiew nawozów zwiększał, w porównaniu do nawożenia rzutowego, plon suchej masy roślin w fazie 5-6 liści, szczególnie w latach o niskich opadach w początkowym okresie wegetacji kukurydzy.

2. Najkorzystniej na plon suchej masy roślin w początkowym okresie wzrostu kukurydzy wpływało rzędowe stosowanie nawozów, w których zawartość P była mniejsza od zawartości N lub nieznacznie ją przekraczała jak w kolejności hydrofoska 16 (N:P = 1:0,44), polifoska 8 (N:P = 1:1,31) i fosforan amonu (N:P = 1:1,11). Rzędowe stosowanie amofoski NPK/S, czyli nawozu w którym zawartość P znacznie przewyższała zawartość N (N:P = 1:1,74) nie stymulowało początkowego wzrostu roślin kukurydzy.

3. Nawożenie rzędowe, w porównaniu do nawożenia rzutowego, zwiększało pobieranie i nagromadzanie P, N, K, Mg i Ca w młodych roślinach kukurydzy, zarówno niezależnie od rodzaju nawozu jak i przy stosowaniu hydrofoski 16, polifoski 8, fosforanu amonu oraz superfosfatu. Sposób nawożenia nie wpływał na pobieranie i nagromadzanie składników mineralnych w przypadku stosowania amofoski NPK/S.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Arnon I.:** Mineral nutrition of maize. Int. Potash Institute, Bern-Worblaufen/Switzerland, 1975.
2. **Dubas A., Duhr E.:** Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. Pam. Puł., 81, 131-139, 1983.
3. **Eghball B., Bander D.H.:** Phosphorus fertilizer solution distribution in the band as affected by application variables. Soil Sci. Soc. Am. J., 51, 1350-1354, 1987.
4. **El-Hamdi K.H., Woodard H.J.:** Response of early corn growth to fertilizer phosphorus rates and placement methods. Journal of Plant Nutrition, 18(6), 1103-1120, 1995.
5. **Fotyła M., Mercik S., Faber A.:** Chemiczne podstawy żyzności gleb i nawożenia. PWRiL, Warszawa, 100-102, 1987.
6. **Koter Z., Jeśmanowicz A., Krawczyk Z., Kukuła S.:** Wzrost i plonowanie dwu mieszańców kukurydzy w zależności od sposobu stosowania nawozów mineralnych. IUNG Puławy, R(132), 24-36, 1978.
7. **Kruczek A.:** Gromadzenie suchej masy w początkowym okresie wzrostu jako wyznacznik reakcji mieszańców kukurydzy na sposób nawożenia i termin siewu. Acta Agrophysica, 4(2), 361-372, 2004.
8. **Kruczek A., Książak J.:** Potrzeby pokarmowe kukurydzy i zasady nawożenia. Technologia produkcji kukurydzy. Wieś Jutra, Warszawa, 40-51, 2004.
9. **Kruczek A., Sulewska H.:** Wpływ sposobu nawożenia, terminu siewu i odmian na gromadzenie składników mineralnych przez kukurydzę w początkowym okresie rozwoju. Acta Agrophysica, 5(3), 2005.
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. **Mackay A.D., Barber S.A.:** Soil temperature effects on root growth and phosphorus uptake by corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48, 818-823, 1984.
12. **Mascagni J.H., Boquet J.D.:** Starter fertilizer and planting date effects on corn rotated with cotton. *Agron. J.*, 88, 975-981, 1996.
13. **Mozafar A., Schreiber P., Oertli J.J.:** Photoperiod and root-zone temperature: Interacting effects on growth and mineral nutrients of maize. *Plant and Soil*, 153, 71-78, 1993.
14. **Raun R.W., Barreto J.H.:** Regional maize yield response to applied phosphorus in Central America. *Agron. J.*, 87, 208-213, 1995.
15. **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.
16. **Seidler M., Górski D.:** Niektóre aspekty żywienia kukurydzy fosforem. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu, Chemia*, 159/181, 211-217, 1980.
17. **Seidler M., Górski D.:** Wpływ zróżnicowanych dawek fosforu na niektóre procesy fizjologiczne kukurydzy na tle zmiennych warunków wilgotności podłoża. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu, Chemia*, 267, 204-215, 1984.
18. **Seidler M., Górski D.:** Wpływ zaopatrzenia w fosfor na produktywność roślin kukurydzy i prosa. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu, Chemia*, 338, 95-103, 1986.
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.*, 48, 336-340, 1984.
20. **Teare I.D., Wright D.L.:** Corn hybrid- Starter fertilizer interaction for yield and lodging. *Crop Sci.*, 30, 1298-1303, 1990.
21. **Tlustos P., Balik J., Pavlikova D., Vanek V.:** Vyuziti dusiku kukurici po lokalni aplikaci siaranu amonneho. *Rostlinna Vyroba*, 43(1), 13-18, 1997.

THE EFFECT OF METHOD OF FERTILIZATION WITH DIFFERENT KINDS  
OF FERTILIZERS ON ACCUMULATION OF DRY MASS  
AND MINERAL COMPONENTS BY MAIZE  
IN INITIAL STAGE OF GROWTH

*Andrzej Kruczek*

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

**Abstract.** The aim of studies was to examine the effect of maize fertilization method on the yield of dry mass and the uptake of mineral components in the initial stage of maize growth. Two methods of fertilization were applied: broadcasting before sowing and in rows (starter fertilization) simultaneously with sowing of grains. The effectiveness of fertilization methods was studied applying P, NP and multiple fertilizers. Row fertilization caused an increase of the yield of dry mass of aboveground parts of young plants of maize as well as an increase of the uptake and accumulation of phosphorus, nitrogen, potassium, magnesium and calcium. The multiple fertilizer amofoska was only fertilizer which, applied in rows, did not increase the yield of dry mass and the uptake of mineral components in the 5-6-leaf-stage.

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