

GROMADZENIE SUCHEJ MASY W POCZĄTKOWYM OKRESIE  
WZROSTU JAKO WYZNACZNIK REAKCJI MIESZAŃCÓW KUKURYDZY  
NA SPOSÓB NAWOŻENIA I TERMIN SIEWU\*

*Andrzej Kruczek*

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 i rzędowo jednocześnie z siewem nasion. Skuteczność sposobów nawożenia badano w trzech terminach siewu i na trzech odmianach o różnej wczesności. Rzędowa aplikacja fosforu amonu zwiększała suchą masę 1 rośliny oraz plon suchej masy roślin w fazie 4-5 liści, w porównaniu do nawożenia rzutowego. Nawożenie startowe zwiększało suchą masę 1 rośliny i plon suchej masy w fazie 4-5 liści, we wszystkich terminach siewu. Masa roślin i ich plon w fazie 4-5 liści wzrastały w miarę opóźniania terminu siewu.

**Słowa kluczowe:** nawożenie startowe, terminy siewu, odmiany kukurydzy

WSTĘP

Badania wielu autorów wskazują, iż temperatura gleby ma wpływ na mechanizmy biorące udział w pobieraniu składników pokarmowych przez rośliny [5,6,10,17,22]. Przy temperaturach poniżej 10-12°C obniża się tempo mineralizacji materii organicznej, rozpuszczalność niektórych form fosforu, przepuszczalność błony cytoplazmatycznej, osłabia się aktywność korzeni, co zmniejsza pobieranie szeregu ważnych jonów, szczególnie fosforu [3,16]. Decydujące znaczenie w pobieraniu fosforu odgrywa proces dyfuzji [2,9,15]. Jak podaje Ching i Barber [4], niska temperatura gleby zwiększa lepkość roztworu glebowego oraz obniża tempo dyfuzji, co zmniejsza ilość fosforu docierającego do korzeni i tym samym ogranicza jego pobieranie. Niedobór fosforu objawia się w postaci czerwonych przebarwień wzdłuż brzegów blaszek liściowych i ich późniejszym zamieraniem, zwłaszcza przy

---

\* Badania finansowane przez Komitet Badań Naukowych, grant nr 5 P06B 050 20.

niedoborze wody oraz wyraźnym zahamowaniem wzrostu i rozwoju roślin. Objawy te występują szczególnie w lata o chłodnej wiosnie, nawet przy dostatecznej ilości fosforu w glebie. Tym niekorzystnym zjawiskom można przeciwdziałać zwiększając koncentrację składników pokarmowych w roztworze glebowym. Można to osiągnąć za pomocą nawożenia rzędowego, zlokalizowanego w bezpośredniej bliskości korzeni, zwanego startowym jeśli stosowane jest łącznie z siewem nasion [8,11,21,24,25]. Zlokalizowane stosowanie nawozów pod kukurydzą jest w niektórych krajach rutynową praktyką [1], natomiast w warunkach Polski jest praktycznie nie rozpoznane. Jedyne w Polsce badania Dubasa i Duhra [6], dotyczyły wpływu rzędowego stosowania nawozów fosforowych na plonowanie kukurydzy. Jednym z czynników decydujących o skuteczności nawożenia zlokalizowanego jest prawidłowy dobór odmian. Mieszańce charakteryzujące się wrażliwością na temperaturę, wolnym tempem wzrostu korzeni oraz niskim wskaźnikiem pobierania składników pokarmowych pozytywnie reagują na nawóz startowy [12,13,18,23]. W związku z powyższym podjęto badania mające na celu określenie reakcji odmian, wyrażonej zdolnością gromadzenia suchej masy w początkowym okresie wzrostu w warunkach polowych, w zależności od sposobu nawożenia i terminu siewu.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Swadziemiu koło Poznania w latach 2000-2003. Doświadczenia prowadzono w układzie „split-plot” z 3 czynnikami, w 4 powtórzeniach polowych. Czynnikiem 1-go rzędu były 3 odmiany: Janna (FAO 190), Costella (FAO 250) i Marignan (FAO 260); 2-go rzędu 3 terminy siewu w odstępach 14 dniowych: przyspieszony 12 kwietnia, optymalny 26 kwietnia i opóźniony 10 maja; oraz 3-go rzędu 2 sposoby wysiewu nawozu NP: rzutowo na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowo (startowo) jednocześnie z siewem nasion.

Na wszystkich obiektach doświadczalnych stosowano jednakowy poziom nawożenia w wysokości: 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, 30,5 kg P·ha<sup>-1</sup> (70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup>) i 107,9 kg K·ha<sup>-1</sup> (130 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>). Nawożenie bilansowano względem fosforu, który w całości w wymaganej dawce zastosowano w formie fosforanu amonu pod handlową nazwą polidap NP (18% N, 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Brakującą część azotu, nie wysianego w formie polidapu, uzupełniono przedsięwzięciem w formie saletry amonowej (34% N).

Do siewu wykorzystano siewnik punktowy Monosem, wyposażony w rozsiewacz nawozów do rzędowego (startowego) ich stosowania. 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 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 wielkość poletka do zbioru 19,6 m<sup>2</sup> (długość 14 m – po odcięciu 2 m z których pobierano próby, szerokość 1,4 m – 2 rzędy środkowe). W fazie 4-5 liści pobierano z każdego poletka, z 2 rzędów środkowych, próbki składające się z 20 roślin a następnie oddzielano korzenie od części nadziemnej. Po wysuszeniu określano zawartość suchej masy w korzeniach i częściach nadziemnych roślin oraz suchą masę części nadziemnej jednej rośliny. Wyniki jednoroczne poddano jednoziennej 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 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

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·100 g <sup>-1</sup> gleby – mg 100 g <sup>-1</sup> of soil					
2000	0,15	0,30	7,1	9,7	4,1	6,02
2001	0,16	0,32	16,6	12,2	4,0	6,76
2002	0,12	0,28	11,8	13,8	5,5	6,97
2003	0,08	0,34	6,5	9,4	6,2	6,40

Warunki termiczne w latach prowadzenia badań były sprzyjające dla początkowego wzrostu i rozwoju kukurydzy (tab. 2). Wyjątek stanowił niedobór ciepła po siewie w 1-szym i 2-gim terminie siewu w 2001 r., co znalazło odzwierciedlenie w opóźnieniu wschodów roślin. Względnie korzystne warunki wilgotnościowe podczas kiełkowania, wschodów i początkowego wzrostu wystąpiły jedynie w 2002 r. W pozostałych latach okresy suszy wystąpiły w III dekadzie kwietnia, w I dekadzie maja i w czerwcu w 2000 r., na początku maja w 2001 r. oraz od kwietnia do czerwca w 2003 r.

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

Lata Years	Temperatura Temperature (°C)			Opady Rainfall (mm)			Współ. hydrotermiczny <sup>1)</sup> Hydrothermal coefficient <sup>1)</sup>		
	IV	V	VI	IV	V	VI	IV	V	VI
2000	12,1	15,7	17,5	15,7	47,4	29,9	0,43	0,97	0,57
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

<sup>1)</sup> – Współczynnik hydrotermiczny zabezpieczenia w wodę wg. Sielianinowa –

The hydrothermal coefficient of water supply according to Sielianinow.

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

Sucha masa części nadziemnej 1 rośliny i plon suchej masy części nadziemnych roślin w fazie 4-5 liści zależały od warunków pogodowych w latach. Ponieważ warunki termiczne we wszystkich latach badań były korzystne dla początkowego wzrostu roślin, o gromadzeniu przez nie suchej masy decydowały warunki wilgotnościowe. Najwyższe wartości suchej masy 1 rośliny i plony suchej masy z jednostki powierzchni uzyskano w 2002 r. (odpowiednio 1,244 g i 100,23 kg·ha<sup>-1</sup>), w którym w okresie od siewu do wykształcenia przez kukurydzę 4-5 liści zawartość wody w glebie była wystarczająca. Najniższy poziom wartości tych cech uzyskano w 2001r. (odpowiednio 0,305 g i 24,28 kg·ha<sup>-1</sup>), o czym zdecydował drastyczny niedobór wody w maju.

Wszystkie trzy badane czynniki istotnie różnicowały suchą masę 1 rośliny i plon suchej masy w początkowym okresie wegetacji kukurydzy (tab. 3 i 4). Czynniki odmianowy działał niezależnie od lat, a jego działanie w latach było takie samo, natomiast terminy siewu i sposoby stosowania nawozu działały różnie w latach. Sucha masa 1 rośliny w fazie 4-5 liści zależała ponadto od współdziałania sposobu wysiewu nawozu i terminu siewu oraz odmian i terminu siewu (rys. 1 i 2), a plon suchej masy od interakcji terminu siewu i sposobu nawożenia (rys. 1). Interakcje te działały niezależnie od lat, a działanie w latach było takie samo.

**Tabela 3.** Sucha masa części nadziemnych 1 rośliny w fazie 4-5 liści (g)**Table 3.** The dry mass of above-ground parts of 1 plant in the phase of 4-5 leaves (g)

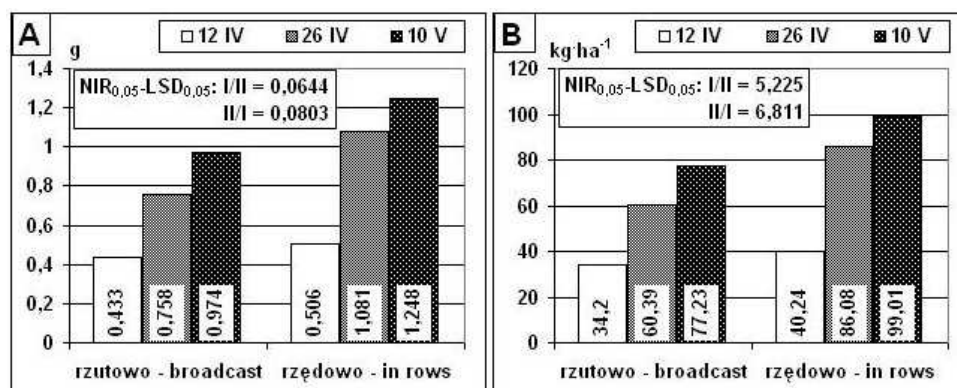
Wyszczególnienie Specification		Lata – Years				Średnia Average
		2000	2001	2002	2003	
Średnio dla lat – Average for years		0,928	0,305	1,244	0,857	–
Odmiany Varieties	Janna	0,821	0,210	1,218	0,848	0,774
	Costella	0,857	0,347	0,993	0,727	0,734
	Marignan	1,095	0,359	1,520	0,996	0,993
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,110	0,029	r.n.	0,196	0,119
Termin siewu Term of sowing	12.04	0,314	0,263	0,580	0,720	0,469
	26.04	0,755	0,346	1,613	0,964	0,920
	10.05	1,714	0,307	1,537	0,886	1,111
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,089	0,018	0,242	0,104	0,066
Sposób nawożenia Fertilization method	rzutowo – broadcast	0,846	0,276	1,049	0,716	0,722
	rzędowo – in rows	1,010	0,335	1,438	0,998	0,945
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,054	0,014	0,119	0,084	0,045

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

**Tabela 4.** Plon suchej masy części nadziemnych roślin w fazie 4-5 liści (kg·ha<sup>-1</sup>)**Table 4.** The yield of dry mass of above-ground parts of plants in the phase of 4-5 leaves (kg ha<sup>-1</sup>)

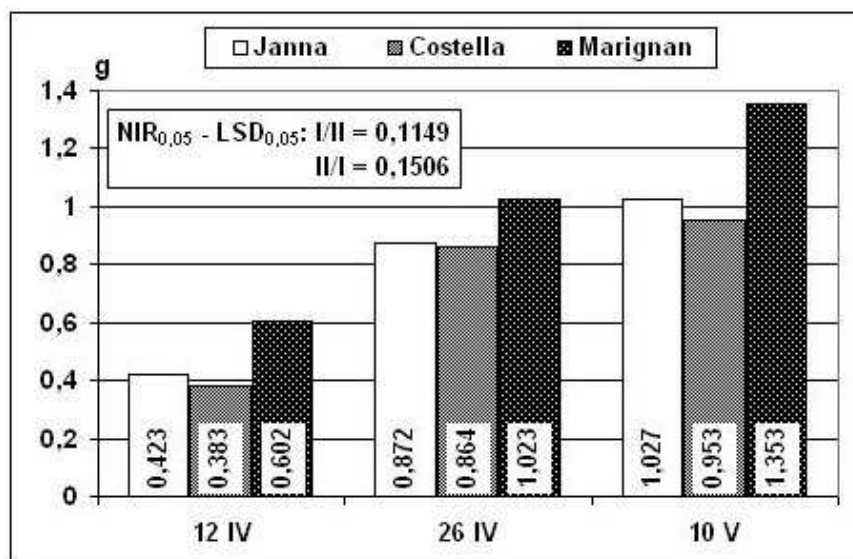
Wyszczególnienie Specification		Lata – Years				Średnia Average
		2000	2001	2002	2003	
Średnio dla lat – Average for years		74,76	24,28	100,23	65,49	–
Odmiany Varieties	Janna	64,66	14,82	99,10	65,27	60,96
	Costella	70,67	28,60	78,91	55,35	58,38
	Marignan	88,95	29,43	122,69	75,84	79,23
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	9,17	5,568	r.n.	14,968	9,868
Termin siewu Term of sowing	12.04	25,56	20,15	46,66	56,50	37,22
	26.04	59,13	28,29	132,58	72,93	73,23
	10.05	139,58	24,41	121,45	67,03	88,12
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	7,37	1,77	21,467	7,98	5,74
Sposób nawożenia Fertilization method	rzutowo – broadcast	68,02	22,01	84,48	54,57	57,27
	rzędowo – in rows	81,50	26,55	115,98	76,40	75,11
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	3,81	1,187	10,126	6,17	3,02

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



**Rys. 1.** Sucha masa 1 rośliny (A) i plon suchej masy (B) w fazie 4-5 liści w zależności od terminu siewu i sposobu nawożenia (2000-2003)

**Fig. 2.** The dry mass of one plant (A) and the yield of dry mass (B) in phase 4-5 leaves in dependence from term the sowing and method of fertilization (2000-2003)



**Rys. 2.** Sucha masa 1 rośliny w fazie 4-5 liści w zależności od odmian i terminu siewu (2000-2003)

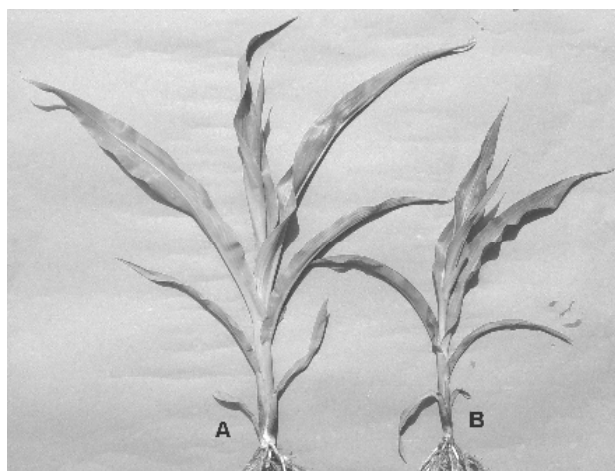
**Fig 2.** The dry mass of one plant in the phase of 4-5 leaves in dependence on varieties and term of sowing (2000-2003)

W ujęciu syntetycznym za okres 4 lat badań istotnie największą suchą masę 1 rośliny i najwyższy plon suchej masy dała średnio późna odmiana Marignan (tab. 1 i 2). Odmiany Janna i Costella nie różniły się istotnie pod względem wartości tych cech. Największa sucha masa 1 rośliny i najwyższy plon suchej masy roślin

w fazie 4-5 liści odmiany Marignan zostały potwierdzone we wszystkich latach. W badaniach własnych nie potwierdzono sugerowanej przez Mackay`a i Barber`a [12], Mascagni`ego i Boquet`a [13], Rhoads`a i Wright`a [18] i Teare`a i Wright`a [23], różnej reakcji odmian na sposób nawożenia. Wynikało to prawdopodobnie ze zbyt małego doboru odmian oraz z korzystnych, we wszystkich latach badań i terminach siewu, warunków termicznych w początkowym okresie wegetacji kukurydzy.

Średnio dla 4 lat badań sucha masa 1 rośliny i plon suchej masy wzrastały stopniowo w miarę opóźniania terminu siewu od 12 kwietnia do 10 maja (tab. 3 i 4). Wynik ten ukształtował jednak tylko 2000 r., gdyż w pozostałych latach największą suchą masą pojedynczych roślin i plonem suchej masy charakteryzowały się rośliny siane w optymalnym terminie 26 kwietnia.

Niezależnie od przebiegu pogody w latach, rzędowy wysiew nawozu zwiększał istotnie suchą masę 1 rośliny (0,945 g) i plon suchej masy roślin w fazie 4-5 liści ( $75,11 \text{ kg ha}^{-1}$ ) w porównaniu do wysiewu rzutowego na całą powierzchnię (odpowiednio 0,722 g i  $57,27 \text{ kg ha}^{-1}$ ) – tabele 1 i 2. Zależność ta została potwierdzona we wszystkich latach badań, lecz z różną siłą. Przyrost suchej masy 1 rośliny i plonu suchej masy w fazie 4-5 liści, pod wpływem nawożenia startowego, wahał się odpowiednio od 19,4% i 19,8% w 2000r. do 39,4% i 40% w 2003 r. Największe przyrosty obu analizowanych cech uzyskano w latach, w których od kwietnia do czerwca, względnie od maja do czerwca utrzymywała się niedostateczna wilgotność gleby. Przykładowe różnice w tempie początkowego wzrostu kukurydzy wywołane sposobami nawożenia przedstawia rysunek 3.



**Rys. 3.** Wpływ sposobu nawożenia na wzrost młodych roślin kukurydzy odmiany Marignan, sianej 12 kwietnia 2003 r. (A – nawożenie rzędowe, B – nawożenie rzutowe)

**Fig. 3.** Effect of the method of fertilization on the growth of young maize plants of Marigna variety, sowed on 12th April in 2003 (A – row fertilization, B – broadcast fertilization)

Kukurydza jest rośliną mającą w rozwoju ontogenetycznym dwa okresy krytyczne zapotrzebowania na fosfor. Pierwszy z nich przypada na początek wzrostu, czyli od kiełkowania do fazy 6-7 liści. Niedobór fosforu w tym okresie powoduje zahamowanie wzrostu młodych roślin, ograniczenie rozwoju systemu korzeniowego, a tym samym pobieranie wody przez rośliny w warunkach jej okresowych braków w glebie. Jak podają Mollier i Pellerin [14] oraz Schroeder i in. [19] do szybkiego wzrostu systemu korzeniowego kukurydzy konieczne jest odpowiednie stężenie azotu i fosforu w roztworze glebowym, co umożliwi ograniczenie skutków stresu żywieniowego. Wykazany w badaniach własnych korzystny wpływ nawożenia startowego na wzrost i rozwój kukurydzy w młodocianych fazach rozwoju, można tłumaczyć opisaną wyżej zależnością pomiędzy stężeniem składników w roztworze glebowym i systemem korzeniowym roślin. Zgodnie z doniesieniami literatury [3,10,16,17,22] warunki termiczne dla pobierania fosforu były korzystne we wszystkich latach badań. Pomimo tego startowy sposób nawożenia, który miał wspomagać pobieranie fosforu w niskich temperaturach, był zdecydowanie efektywniejszy od nawożenia rzutowego na całą powierzchnię. Wynikało to z korzystniejszego umiejscowienia nawozu w warstwie gleby penetrowanej przez korzenie kukurydzy. Nawożąc kukurydzę metodą rzędową umieszczamy nawóz w nie rozluźnionej, wilgotnej warstwie gleby, natomiast rzutowo nawóz pozostaje w pulchnionej wierzchniej warstwie, dlatego pobieranie w okresach suszy składników jest ograniczone. Jak podaje Barber i in. [2], Grzebisz i Gała [9], Moskal [15] i Sharpley [20], decydującym procesem w transporcie fosforu w kierunku korzeni jest dyfuzja. Proces ten zachodzi szybciej w środowisku wilgotnym aniżeli suchym. Stąd, pomimo występujących we wszystkich latach badań niedoborów wody od siewu do wytworzenia kilku liści, wykazano wyraźnie stymulujący wpływ nawożenia rzędowego na początkowy wzrost roślin kukurydzy.

Odmiany Janna i Marignan zwiększały suchą masę 1 rośliny w miarę opóźnienia terminu siewu od 12 IV do 10 V (rys. 2). Różnice pomiędzy wszystkimi terminami siewu były istotne. Również odmiana Costella najmniejszą masę pojedynczej rośliny wykształciła przy wczesnym siewie 12 IV. Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny wzrost suchej masy 1 rośliny, lecz terminy siewu 26 IV i 10 V nie różniły się istotnie.

Startowy wysiew fosforanu amonu istotnie zwiększał suchą masę części nadziemnych 1 rośliny i plon suchej masy w fazie 4-5 liści, w porównaniu do nawożenia rzutowego, we wszystkich terminach siewu (rys. 1). Zarówno przy rzutowym jak i rzędowym stosowaniu nawozu sucha masa 1 rośliny i plon roślin w fazie 4-5 liści wzrastały stopniowo w miarę opóźnienia terminu siewu od 12 IV do 10 V. W każdym przypadku różnice pomiędzy terminami siewu były istotne. Powyższa interakcja polegała na szybszym wzroście wartości tych cech przy rzędowym stosowaniu nawozu w porównaniu do wysiewu rzutowego.



Zmienne warunki pogodowe w latach różnicowały zawartość suchej masy w roślinach i korzeniach. Najwięcej suchej masy zawierały rośliny w 2001 r., a korzenie w 2002 r. Najniższą zawartością suchej masy charakteryzowały się rośliny w 2000 r., a korzenie w 2001 r. (tab. 5).

**Tabela 5.** Zawartość suchej masy w częściach nadziemnych roślin i w korzeniach w fazie 4-5 liści (%)  
**Table 5.** The content of dry mass in above-ground parts of plants and in roots in the phase of 4-5 leaves (%)

Wyszczególnienie Specification	Lata – Years								Średnia Average	
	2000		2001		2002		2003		R	K
	R	K	R	K	R	K	R	R	K	
Średnio dla lat Average for years	11,73	10,82	12,12	10,13	12,00	11,03	11,86	–	–	
Odmiany Varieties	Janna	11,91	10,72	12,42	10,44	12,04	10,81	11,94	12,08	10,66
	Costella	11,81	10,26	11,92	9,47	11,90	10,92	11,81	11,86	10,22
	Marignan	11,48	11,47	12,02	10,48	12,05	11,38	11,84	11,85	11,11
	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	0,790	0,362	0,405	r.n.	r.n.	r.n.	0,190	0,246
Termin siewu Term of sowing	12.04	12,99	10,85	12,68	12,21	14,06	11,37	11,89	12,91	11,47
	26.04	12,03	12,11	11,62	9,51	9,96	9,39	11,72	11,33	10,34
	10.05	10,18	9,49	12,05	8,68	11,97	12,34	11,97	11,54	10,17
	NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	0,334	0,642	0,362	0,567	0,302	0,769	r.n.	0,157	0,316
Sposób nawoże- nia Fertili- zation method	rzutowo broadcast	11,77	10,82	12,14	10,14	11,93	11,14	12,03	11,97	10,70
	rzędowo in rows	11,70	10,81	12,10	10,12	12,06	10,92	11,70	11,89	10,62
	NIR <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,260	r.n.	r.n.
	LSD <sub>0,05</sub>									

R – rośliny – plants; K – korzenie – roots; r.n. – różnice nieistotne – non significant differences.

W ujęciu syntetycznym zawartość suchej masy w roślinach i korzeniach zależały od odmian oraz terminu siewu (tab. 5). Najwięcej suchej masy w roślinach posiadała wczesna odmiana Janna, a w korzeniach średnio późna odmiana Marignan. Zależność ta potwierdziła się w pojedynczych latach, zwłaszcza w przypadku roślin. Odmiany Costella i Marignan nie różniły się istotnie zawartością suchej masy w częściach nadziemnych roślin. Najmniej suchej masy w korzeniach posiadała odmiana Costella. Średnio dla 4 lat badań rośliny z obiektów wysianych najwcześniej 12 IV posiadały najwyższą zawartość suchej masy, zarówno w roślinach jak i korzeniach. Najmniej suchej masy w roślinach stwierdzono przy siewie 26 IV, a w korzeniach 10 V i 26 IV. Wpływ terminu siewu na zawartość suchej masy w roślinach i korzeniach był

różny w latach. Sposób stosowania nawozu nie różnicował zawartości suchej masy w częściach nadziemnych roślin i w korzeniach w fazie 4-5 liści.

#### WNIOSKI

1. Startowy wysiew fosforanu amonu istotnie zwiększał tempo początkowego wzrostu kukurydzy, co przejawiało się uzyskaniem o 30,9% większej suchej masy części nadziemnych 1 rośliny i o 31,2% większego plonu suchej masy roślin, w porównaniu do rzutowego sposobu nawożenia.

2. Korzystniejszy wpływ nawożenia rzędowego, na początkowy wzrost kukurydzy wynikał z umieszczenia nawozu w głębszej, nie spulchnionej przez agregat uprawowy warstwie gleby, co w większym stopniu uniezależniało jego działanie od wiosennych opadów.

3. Rzędowy wysiew nawozu zwiększał suchą masę 1 rośliny i plon suchej masy w fazie 4-5 liści, we wszystkich terminach siewu.

4. Sucha masa części nadziemnych 1 rośliny i plon suchej masy roślin w fazie 4-5 liści wzrastały w miarę opóźniania terminy siewu od 12 kwietnia do 10 maja. Wzrost ten był silniejszy na obiektach gdzie nawóz stosowano startowo w porównaniu do obiektów nawożonych rzutowo.

5. Nie stwierdzono różnej reakcji odmian wczesnej Janna, średnio wczesnej Costella i średnio późnej Marignan, wyrażonej wielkością suchej masy części nadziemnych roślin i ich plonem, na sposób stosowania nawozu fosforowo-azotowego.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Arnon I.:** Mineral nutrition of maize. International Potash Institute, Bern-Worblaufen/Switzerland, 1975.
2. **Barber S.A., Walker J.M., Vasey E.H.:** Mechanisms for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to the plant root. *Agricultural and Food Chemistry*, 11, 3, 204-207, 1963.
3. **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.
4. **Ching P.C., Barber S.A.:** Evaluation of temperature effects on K uptake by corn. *Agronomy J.*, 71, 1040-1044, 1979.
5. **Dibb W.D., Fixen E.P., Murphy S.L.:** Balanced fertilization with particular reference to phosphates: Interaction of phosphorus with other input 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. **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.
8. **El-Hamdi K.H., Woodard H.J.:** Response of early corn growth to fertilizer phosphorus rates and placement methods. *J. of Plant Nutrition*, 18(6), 1103-1120, 1995.

9. **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, Mat. Konf., 59-68, 1999.
10. **Hempler K.:** Anbau und Verwertung von Körnermais. Der Stickstoff, 7, 49-58, 1969.
11. **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.
12. **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.
13. **Mascagni J.H., Boquet J.D.:** Starter fertilizer and planting date effects on corn rotated with cotton. Agron. J., 88, 975-981, 1996.
14. **Mollier A., Pellerin S.:** Maize root system growth and development as influenced by phosphorus deficiency. Journal of Exp. Botany, 50(333), 487-497, 1999.
15. **Moskal S.:** Przemiany nawozów fosforowych w glebie. Prace Naukowe Instytutu Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych, Politechnika Wrocław, 4, 33-87, 1972.
16. **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.
17. **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.
18. **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.
19. **Scroeder J.J., Groenwold J., Zaharieva T.:** Soil mineral nitrogen availability to young maize plants as related to root density distribution and fertilizer application method. Netherland J. Agric. Sci., 44(3), 209-225, 1996.
20. **Sharpley N.A.:** Disposition of fertilizer phosphorus applied to winter wheat. Soil Sci. Soc. Amer. Journal, 50, 953-958, 1986.
21. **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.
22. **Sowiński P.:** Wrażliwość kukurydzy na chłód. Cz. II. System korzeniowy, regulacja funkcjonowania rośliny, perspektywy hodowli. Biuletyn IHAR, 214, 3-16, 2000.
23. **Teare I.D., Wright D.L.:** Corn hybrid- Starter fertilizer interaction for yield and lodging. Crop Science, 30, 1298-1303, 1990.
24. **Tlustos P., Balik J., Pavlikova D., Vanek V.:** Vyuziti dusiku kukurici po lokalni aplikaci siaranu amonneho. Rostlinna Vyroba, 43(1), 13-18, 1997.
25. **Van Dijk W., Brouwer G.:** Nitrogen recovery and dry matter production of silage maize as effected by subsurface application of mineral nitrogen fertilizer. Netherland J. Agric. Sci., 46(2), 139-155, 1998.

ACCUMULATION OF DRY MASS IN PRIMARY STAGE OF GROWTH  
AS DETERMINANT OF THE REACTION OF MAIZE HYBRIDS  
TO FERTILIZATION METHODS AND TERM OF SOWING

*Andrzej Kruczek*

Department of Plant and Soil Cultivation, University of Agriculture  
ul. Mazowiecka 45/46, 60-623 Poznań  
e-mail: [kruczek@au.poznan.pl](mailto: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. The effectiveness of the fertilization methods was studied in three sowing terms and on three maize varieties of different earliness. The row application of ammonium phosphate increased the dry mass of one plant as well as the yield of dry mass of plants in the phase of 4-5 leaves, in comparison to broadcast fertilization. The starting fertilization increased the dry mass of one plant and the yield of dry mass in the phase of 4-5 leaves, in all the terms of sowing. Dry mass of one plant and yield of dry mass in the phase of 4-5 leaves increased with delay of term of sowing from 12th April till 10th May.

**Key words:** starter fertilization, terms of sowing, corn varieties