

WPLYW SPOSOBU NAWOŻENIA, TERMINU SIEWU I ODMIAN
NA GROMADZENIE SKŁADNIKÓW MINERALNYCH PRZEZ
KUKURYDZĘ W POCZĄTKOWYM OKRESIE ROZWOJU*

Andrzej Kruczek, Hanna Sulewska

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

Streszczenie. Celem badań było określenie reakcji odmian, wyrażonej zdolnością pobierania składników mineralnych w początkowym okresie rozwoju, na sposób nawożenia i terminu siewu kukurydzy. Nawożenie rzędowe zwiększało zawartość fosforu i azotu oraz zmniejszało zawartość potasu i wapnia w suchej masie części nadziemnych roślin w fazie 4-5 liści, w porównaniu do nawożenia rzutowego. Odmianą pobierającą najwięcej P, N, K, Mg, Ca i Na była średnio późna odmiana Marignan. Pobieranie wszystkich analizowanych składników mineralnych przez kukurydzę wzrastało w miarę opóźnienia terminu siewu. Nawożenie rzędowe zwiększało pobieranie P, N, K, Mg, Ca i Na, w porównaniu do nawożenia rzutowego.

Słowa kluczowe: kukurydza, nawożenie startowe, terminy siewu, odmiany

WSTĘP

Początkowy wzrost i rozwój kukurydzy jest jednym z najważniejszych okresów w całym przebiegu wegetacji tej rośliny. Wynika to z wymagań środowiskowych kukurydzy i panujących w tym okresie warunków pogodowych, zwłaszcza termicznych, w Polsce. W temperaturach poniżej 10-12°C obniża się tempo mineralizacji materii organicznej, rozpuszczalność niektórych form fosforu, przepuszczalność błony cytoplazmatycznej. Osłabia się również aktywność korzeni, co zmniejsza pobieranie jonów, szczególnie fosforu, a w temperaturach <5°C również azotu [2,8,11]. Tym niekorzystnym zjawiskom można przeciwdziałać zwiększając koncentrację w roztworze glebowym brakujących roślinom składników pokarmowych. Jednym

* Praca wykonana w ramach Projektu Badawczego nr P06B 050 20 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

ze sposobów zwiększenia dostępności składników mineralnych jest nawożenie rzędowe, zlokalizowane w bezpośredniej bliskości korzeni, zwane startowym jeśli stosowane jest łącznie z siewem nasion [4,9,11,13,15]. Zlokalizowane stosowanie nawozów pod kukurydzę jest w niektórych krajach rutynową praktyką [1], natomiast w warunkach Polski jest praktycznie nie rozpoznane [3,5,7]. Skuteczność nawożenia zlokalizowanego zależy między innymi od prawidłowego doboru odmian. Mieszańce charakteryzujące się wrażliwością na temperaturę, wolnym tempem wzrostu korzeni oraz niskim wskaźnikiem pobierania składników mineralnych z gleby pozytywnie reagują na nawóz startowy [9,10,12,14]. W związku z powyższym podjęto badania mające na celu określenie reakcji odmian, wyrażonej zdolnością pobierania składników mineralnych w początkowym okresie rozwoju, na sposób nawożenia w różnych warunkach termicznych osiągniętych poprzez zróżnicowanie terminu siewu kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym Swadzim koło Poznania, w latach 2000-2002. Doświadczenia prowadzono w układzie „split-plot” z 3 czynnikami w 4 powtórzeniach. 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 stosowano jednakowy poziom nawożenia w wysokości: 120 kg N·ha⁻¹, 30,5 kg P·ha⁻¹ (70 kg P₂O₅·ha⁻¹) i 107,9 kg K·ha⁻¹ (130 kg K₂O·ha⁻¹). Nawożenie bilansowano względem fosforu, który w całości w wymaganej dawce zastosowano w formie fosforanu amonu pod handlową nazwą polidap NP (18% N, 46% P₂O₅). Brakującą część azotu, nie wysianego w formie polidapu, uzupełniono przedsiewnie w formie saletry amonowej (34% N).

Do siewu wykorzystano siewnik punktowy Monosem, wyposażony w rozsiewacz nawozów do rzędowego (startowego) ich stosowania jednocześnie z siewem nasion. Redlice nawozowe ustawiono, w stosunku do redlic nasiennych, w ten sposób, aby nawóz był umieszczony w glebie 5 cm z boku i 5 cm poniżej nasion. Siew nasion wykonywano na głębokość 5-6 cm.

W fazie 4-5 liści pobierano z każdego poletka próby składające się z 20 roślin, następnie oddzielano korzenie od części nadziemnej i na próbach z kombinacji wykonano analizy chemiczne. Azot oznaczano metodą Kjeldahla, fosfor i magnez metodą kolorymetryczną, natomiast potas i wapń metodą fotopłomienną. Wyniki poddano analizie wariancji oraz 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 przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Warunki glebowe w Swadzimiu
Table 1. Soil condition at Swadzim

Lata – Years	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					
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

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			Opady – Rainfall (mm)			Współ. hydrotermiczny ¹⁾		
	Temperature (°C)						Hydrothermal coefficient ¹⁾		
	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
1958-2002	7,8	13,3	16,5	33,2	51,4	58,7	1,42	1,25	1,19

¹⁾ – Współczynnik hydrotermiczny zabezpieczenia w wodę wg. Sielianinowa – The hydrothermal coefficient of water availability according to Sielianinov.

Interpretacja współczynnika hydrotermicznego – Interpretation of hydrothermal coefficient: 0-0,5 – susza – drought, 0,51-1 – półsusza (wilgotność dla większości roślin niedostateczna) – halfdrought (insufficient moisture for a majority of plants), 1,01-2 – względna wilgotność (wilgotność dla większości roślin dostateczna) – relative moisture (sufficient moisture for a majority of plants), >2,01 – duże uwilgotnienie (wilgotność dla większości roślin nadmierna) – high moisture (excessive moisture for a majority of plants).

WYNIKI I DYSKUSJA

Czynnik odmianowy wpływał jedynie na zawartość magnezu w suchej masie części nadziemnej roślin kukurydzy (tab. 3). Istotnie najniższą zawartością tego składnika charakteryzowała się odmiana Costella. Odmiany Janna i Marignan nie różniły się istotnie zawartością magnezu. Wpływ czynnika odmianowego na skład chemiczny korzeni uwidocznił się w przypadku fosforu, potasu i magnezu (tab. 4). Odmiana Janna zgromadziła w suchej masie korzeni najwięcej potasu (2,025%) i magnezu (0,302%), a odmiana Costella najwięcej fosforu (0,274%). Natomiast odmiana Marignan charakteryzowała się najniższą zawartością tych pierwiastków w korzeniach.

Tabela 3. Zawartość składników mineralnych w częściach nadziemnych roślin w fazie 4-5 liści (2000-2002)

Table 3. Content of nutrients in the above-ground parts of plants in the stage of 4-5 leaves (2000-2002)

Wyszczególnienie Specification		Zawartość makroskładników w g·kg ⁻¹ suchej masy Content of nutrients in g kg ⁻¹ dry mass					
		P	N	K	Mg	Ca	Na
Odmiany Varieties	Janna	4,25	42,42	39,78	2,45	6,33	0,175
	Costella	4,31	42,05	41,30	1,71	5,91	0,341
	Marignan	4,21	42,08	36,43	2,38	6,88	0,627
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	0,415	r.n.	r.n.
Termin siewu Term of sowing	12.04	3,91	40,41	36,30	2,03	6,42	0,556
	26.04	4,63	43,14	40,64	2,25	6,20	0,261
	10.05	4,22	43,00	40,57	2,26	6,52	0,328
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	2,049	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Sposób nawożenia Method of fertilization	rzutowo – broadcast	3,56	38,56	39,91	2,20	6,66	0,488
	rzędowo – in rows	4,95	45,80	38,43	2,16	6,09	0,275
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,421	1,299	1,284	r.n.	0,190	r.n.

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

Termin siewu istotnie różnicował jedynie zawartość azotu w suchej masie roślin (tab. 3). Wczesny wysiew kukurydzy (12.04) ograniczał pobieranie azotu, co przejawiało się najniższą zawartością tego składnika w roślinach. Rośliny siane w terminie optymalnym (26.04) i opóźnionym (10.05) zawierały istotnie wyższą zawartość azotu w porównaniu do terminu wcześniejszego, a różnica między nimi była statystycznie nieistotna. Terminy siewu wpływały również na zawartość w korzeniach fosforu, potasu, magnezu i wapnia (tab. 4). Najkorzystniejszymi terminami siewu dla gromadzenia w korzeniach fosforu i potasu były 10.05 i 26.04 (brak różnic statystycznych),

magnezu 12.04 i 10.05 (brak różnic statystycznych) oraz wapnia 12.04. Natomiast najniższą zawartość P i K stwierdzono w suchej masie korzeni kukurydzy sianej 12.04, a Mg i Ca sianej 26.04.

Tabela 4. Zawartość składników mineralnych w korzeniach w fazie 4-5 liści (2000-2002)
Table 4. Content of nutrients in the roots in the stage of 4-5 leaves (2000-2002)

Wyszczególnienie Specification		Zawartość makroskładników w g·kg ⁻¹ suchej masy Content of nutrients in g kg ⁻¹ dry mass					
		P	N	K	Mg	Ca	Na
Odmiany Varieties	Janna	2,44	20,12	20,25	3,02	8,20	0,382
	Costella	2,74	20,61	19,45	2,70	7,48	0,399
	Marignan	2,41	19,94	17,19	2,53	8,52	0,356
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,113	r.n.	1,701	0,014	r.n.	r.n.
Termin siewu Term of sowing	12.04	2,45	19,61	16,91	2,82	8,94	0,416
	26.04	2,53	20,04	20,9	2,63	7,28	0,378
	10.05	2,60	21,01	19,08	2,80	7,98	0,344
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,086	r.n.	0,89	0,079	0,631	r.n.
Sposób nawożenia Method of fertilization	rzutowo – broadcast	2,20	19,17	18,82	2,74	8,10	0,386
	rzędowo – in rows	2,86	21,27	19,11	2,76	8,03	0,372
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,157	0,647	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

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

Sposób wysiewu nawozu najsilniej determinował zawartość makroskładników w częściach nadziemnych kukurydzy (tab. 3). Rzędowy wysiew nawozu istotnie zwiększał w roślinach zawartość fosforu i azotu oraz zmniejszał zawartość potasu i wapnia, w porównaniu do wysiewu rzutowego. Uzyskany wynik potwierdzą Dubas i Duhr [3], którzy w wyniku nawożenia rzędowego uzyskali, w stosunku do nawożenia rzutowego, istotnie większą zawartość fosforu (o 0,43 pkt.%) w suchej masie młodych roślin kukurydzy. Również w korzeniach sposób stosowania nawozu wywierał istotny wpływ na zawartość fosforu i azotu (tab. 4). Procentowa zawartość obu tych pierwiastków była wyższa przy rzędowym sposobie aplikacji nawozu w porównaniu do wysiewu tradycyjnego na całą powierzchnię. W przypadku fosforu różnica wynosiła 0,066 pkt.%, a azotu 0,21 pkt.%.

Zawartość azotu w suchej masie łodyg z liśćmi oraz korzeni kukurydzy zależała od współdziałania terminu siewu i sposobu aplikacji nawozu (tab. 5). We wszystkich terminach siewu rzędowe stosowanie nawozu istotnie zwiększało zawartość azotu w łodygach z liśćmi i korzeniach, w stosunku do wysiewu rzutowego. Wpływ omawianej interakcji polegał jedynie na różnej sile wzrostu zawartości N pod wpływem

techniki wysiewu nawozu w poszczególnych terminach siewu. Przyrost zawartości azotu w roślinach i korzeniach, przy rzędowym stosowaniu nawozu w stosunku do wysiewu rzutowego, przy siewie kukurydzy 26 kwietnia wynosił odpowiednio 27,5% i 12,7% (10,43 i 2,4 g·kg⁻¹ s.m.), przy siewie 12 kwietnia 17,9% i 17,4% (6,65 i 3,14 g·kg⁻¹ s.m.) i przy siewie 10 maja 11,4 % i 3,7% (4,64 i 0,76 g·kg⁻¹ s.m.).

Tabela 5. Zawartość azotu w częściach nadziemnych roślin i w korzeniach w fazie 4-5 liści w zależności od terminu siewu i sposobu nawożenia (2000-2002)

Table 5. Content of nitrogen in the above-ground parts of plants and in roots in the stage of 4-5 leaves in dependence on the term of sowing and the method of fertilization (2000-2002)

Część rośliny Plant's part	Termin siewu Term of sowing	Sposób nawożenia Method of fertilization		Sposób nawożenia Method of fertilization	
		rzutowo broadcast	rzędowo in rows	rzutowo broadcast	rzędowo in rows
		g·kg ⁻¹ suchej masy g·kg ⁻¹ dry mass		wartości względne relative values	
Część nadziemna Overground mass	12.04	37,08	43,73	100	117,9
	26.04	37,93	48,36	100	127,5
	10.05	40,68	45,32	100	111,4
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I/II = 2,249; II/I = 2,593		–	
Korzenie Roots	12.04	18,04	21,18	100	117,4
	26.04	18,84	21,24	100	112,7
	10.05	20,63	21,39	100	103,7
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I/II = 2,237; II/I = 2,593		–	

Pobieranie przez rośliny w fazie 4-5 liści analizowanych składników mineralnych, tzn. fosforu, azotu, potasu, magnezu, wapnia i sodu, zależało od wszystkich czynników badawczych (tab. 6). Zdecydowanie największym pobieraniem składników odznaczała się średnio późna odmiana Marignan. Natomiast najmniej P, N, K, Mg i Ca pobrała średnio wczesna odmiana Costella, która jednakże tylko w przypadku ilości pobranego Mg różniła się istotnie od wczesnej odmiany Janna. Najmniej fosforu, azotu, potasu, magnezu, wapnia i sodu pobrała kukurydza wysiewana 12 kwietnia. Opóźnianie terminu siewu o dwa tygodnie oraz o 1 miesiąc powodowało stopniowy wzrost pobierania wymienionych składników. Startowy wysiew nawozu powodował istotny wzrost, w porównaniu do nawożenia rzutowego, ilości pobranego P, N, K, Mg, Ca i Na. Przyrost ten w przypadku fosforu wynosił 85,5%, azotu 49,9%, potasu 23,0%, magnezu 28,3%, wapnia 16,6% i sodu 14,1%. Wynik ten potwierdzają El-Hamdi i Woodard [4], u których kukurydza nawożona rzędowo pobierała w 28 dniu od daty siewu więcej fosforu niż kukurydza nawożona rzutowo.

Tabela 6. Pobranie składników mineralnych przez rośliny w fazie 4-5 liści (2000-2002)
Table 6. Uptake of mineral components by plants in the stage of 4-5 leaves (2000-2002)

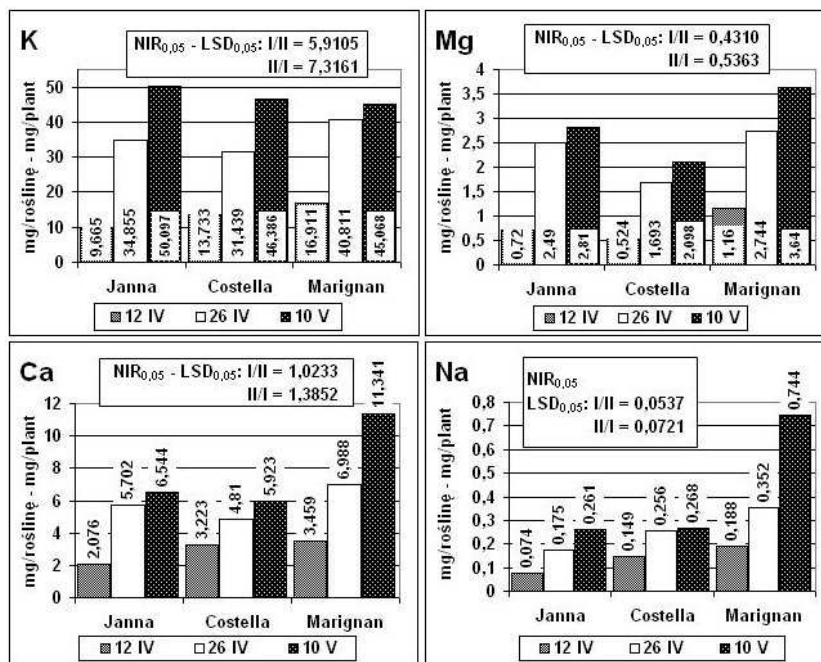
Wyszczególnienie Specification		Pobieranie w mg/roślinę – Uptake in mg/plant					
		P	N	K	Mg	Ca	Na
Odmiany Varieties	Janna	3,510	32,154	31,539	2,007	4,774	0,170
	Costella	3,322	31,835	30,520	1,438	4,319	0,224
	Marignan	4,279	41,768	34,263	2,514	7,263	0,428
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,1969	6,5727	3,6277	0,4185	1,1088	0,0574
Termin siewu Term of sowing	12.04	1,456	15,246	13,437	0,801	2,586	0,137
	26.04	4,417	39,622	35,702	2,309	5,833	0,261
	10.05	5,238	50,889	47,184	2,849	7,936	0,424
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,4055	3,5680	3,4123	0,2375	0,5908	0,0310
Sposób nawożenia Method of fertilization	rzutowo – broadcast	2,595	28,211	28,794	1,740	5,034	0,256
	rzędowo – in rows	4,813	42,294	35,420	2,233	5,870	0,292
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,2397	1,9879	1,7230	0,1185	0,2715	0,0137

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

Wszystkie odmiany kukurydzy reagowały wzrostem pobierania potasu, magnezu, wapnia i sodu na opóźnianie terminu siewu od 12 kwietnia do 10 maja (rys. 1). Różnice w ilości pobranych składników pomiędzy odmianami w poszczególnych terminach siewu były mniejsze aniżeli w obrębie poszczególnych odmian pod wpływem terminu siewu. Rzędowy wysiew nawozu istotnie zwiększał ilość pobranego fosforu u wszystkich odmian, w porównaniu do nawożenia rzutowego (rys. 2). Przyrost ten w przypadku odmiany Janna wynosił 71,9%, odmiany Costella 83,0%, zaś odmiany Marignan 99,8%. Ilości fosforu pobranego przez odmiany, na obiektach nawożonych rzutowo, nie różniły się istotnie. Natomiast na obiektach nawożonych rzędowo, odmiana Marignan pobierała istotnie więcej fosforu od odmian Janna i Costella. Większe pobieranie fosforu w wyniku nawożenia rzędowego, w 41 dniu po siewie, zarówno dla odmian reagujących jak i nie reagujących na sposób wysiewu nawozu wykazali Rhoads i Wright [12].

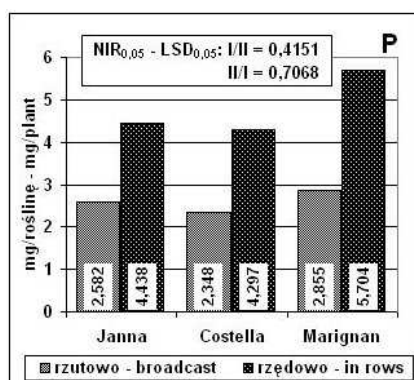
Pobieranie P, N, K, Mg, Ca i Na wzrastało w miarę opóźniania terminu siewu kukurydzy, zarówno przy rzutowym jak i rzędowym wysiewie nawozu (rys. 3). Przy nawożeniu startowym wzrost ilości pobranych pod wpływem opóźniania siewu składników był znacznie silniejszy. Przy wczesnym siewie kukurydzy (12 kwietnia) sposób nawożenia nie determinował pobierania składników mineralnych. Korzystniejszy wpływ nawożenia startowego na pobieranie składników mineralnych był wyraźny w warunkach optymalnego terminu siewu (26.04) oraz przy siewie opóźnionym (10.05). Uzyskany wynik nie potwierdza hipotezy przedstawionej we wstępie,

że lepsze efekty nawożenia startowego w porównaniu do nawożenia rzutowego, ujawniają się przede wszystkim w niekorzystnych warunkach termicznych, czyli przy najwcześniejszym terminie siewu kukurydzy. Wynika to z ograniczonego pobierania składników pokarmowych w temperaturach $<10^{\circ}\text{C}$ [2,8,11].



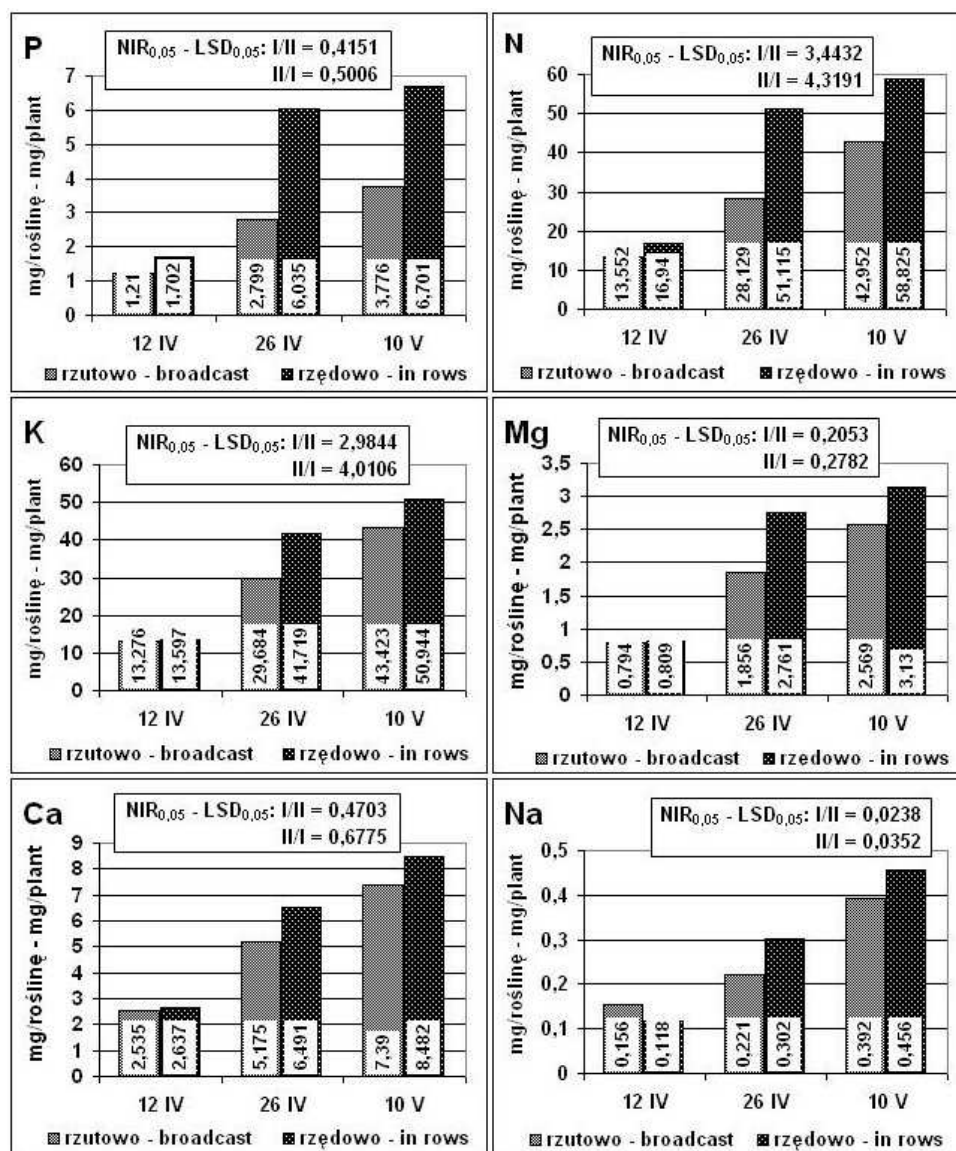
Rys. 1. Pobranie K, Mg, Ca i Na przez rośliny w fazie 4-5 liści w zależności od odmian i terminu siewu (2000-2002)

Fig. 1. Uptake of K, Mg, Ca and Na by plants in the stage of 4-5 leaves in dependence on the varieties and term of sowing (2000-2002)



Rys. 2. Pobranie fosforu przez rośliny w fazie 4-5 liści w zależności od odmian i sposobu nawożenia (2000-2002)

Fig. 2. Uptake of phosphorus by plants in the stage of 4-5 leaves in dependence on the varieties and method of fertilization (2000-2002)



Rys. 3. Pobranie P, N, K, Mg, Ca i Na przez rośliny w fazie 4-5 liści w zależności od terminu siewu i sposobu nawożenia (2000-2002)

Fig. 3. Uptake of P, N, K, Mg, Ca and Na by plants in the stage of 4-5 leaves in dependence on the term of sowing and method of fertilization (2000-2002)

Temperatura gleby na głębokości 10 cm w latach 2000 i 2002 przekraczała 10°C we wszystkich terminach siewu, a jedynie w 2001 utrzymywała się <10°C przez okres 11 dni po siewie kukurydzy w terminie 12 kwietnia, co opóźniło wschody. Fazę 4-5 liści, w której pobierano próby, kukurydza osiągnęła dopiero po 40 dniach od daty siewu. Można więc stwierdzić, że warunki termiczne dla pobierania składników mineralnych we wszystkich terminach siewu i latach były wystarczające. Pozytywny wpływ nawożenia startowego na pobieranie składników mineralnych, w optymalnym i opóźnionym terminie siewu, można tłumaczyć korzystniejszym umiejscowieniem nawozu w warstwie gleby penetrowanej przez korzenie, aniżeli w przypadku nawożenia rzutowego na całą powierzchnię. Jest to ważne, ponieważ w miarę postępu wegetacji wiosną zapasy wody zimowej w glebie zmniejszają się w skutek wzrostu temperatury. Nawoząc kukurydzę metodą rzędową nawóz umieszczany jest w nie rozluźnionej, wilgotnej na skutek podsiąkania warstwie gleby, natomiast rzutowo nawóz pozostaje w spulchnionej i przesuszonej warstwie wierzchniej, co dodatkowo ogranicza pobieranie składników w okresach suszy. Przedstawiony pogląd potwierdzają badania Koca [6], który stwierdził, że na glebach wytworzonych z piasku słabo gliniastego i gliny średniej (czyli odpowiadających glebom w badaniach własnych) pobieranie fosforu było dodatnio skorelowane z wilgotnością gleby. Opisane zależności tłumaczą większe pobieranie składników mineralnych w warunkach wyższych temperatur gleby i niedoboru wody w glebie, które to warunki wystąpiły podczas siewu kukurydzy w trzeciej dekadzie kwietnia i w pierwszej dekadzie maja.

WNIOSKI

1. Niezależnie od warunków pogodowych, odmian i terminu siewu kukurydzy startowy sposób wysiewu fosforanu amonowego powodował wzrost zawartości fosforu i azotu w suchej masie łodyg z liśćmi i korzeni tej rośliny. Taki sposób nawożenia spowodował jednak obniżenie zawartości potasu i wapnia w suchej masie części nadziemnych.

2. Rzędowy wysiew fosforanu amonu zwiększał w fazie 4-5 liści zawartość azotu w częściach nadziemnych kukurydzy sianej we wszystkich terminach oraz w korzeniach kukurydzy sianej 12 i 26 kwietnia.

3. Pobieranie fosforu, azotu, potasu, magnezu, wapnia i sodu zależało od odmiany, terminu siewu i sposobu nawożenia kukurydzy. Odmianą pobierającą najwięcej składników mineralnych była średnio późna odmiana Marignan. Pobieranie składników mineralnych wzrastało stopniowo w miarę opóźniania terminu siewu kukurydzy. Rzędowy wysiew nawozu zwiększał pobieranie wszystkich składników mineralnych, w porównaniu do nawożenia rzutowego.

4. Startowy sposób wysiewu fosforanu amonu zwiększał pobieranie P, N, K, Mg, Ca i Na, przez kukurydzę sianą 26 kwietnia i 10 maja, w porównaniu do rzutowego sposobu jego stosowania. Przy przyspieszonym siewie kukurydzy (12 kwietnia), sposób nawożenia nie determinował pobierania składników mineralnych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Arnon I.:** Mineral nutrition of maize. International Potash Institute, Bern-Worblaufen/Switzerland, 1975.
2. **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.
3. **Dubas A., Duhr E.:** Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. *Pam. Puł.*, 81, 131-139, 1983.
4. **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.
5. **Fotyma M., Kęsik K.:** Ocena skuteczności rzędowego stosowania superfosfatu przy użyciu siewnika kombinowanego konstrukcji polskiej. *Pam. Puł.*, 82, 179-190, 1984.
6. **Koc J.:** Wpływ wilgotności gleby na wykorzystanie fosforu z nawozów. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu, Chemia*, 727, 190-199, 1996.
7. **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.
8. **Kruczek A., Księżak J.:** Technologia produkcji kukurydzu – Potrzeby pokarmowe kukurydzy i zasady nawożenia. *Wyd. Wieś Jutra*, pod red. A. Dubasa, Warszawa, 40-51, 2004.
9. **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.
10. **Mascagni J.H., Boquet J.D.:** Starter fertilizer and planting date effects on corn rotated with cotton. *Agron. J.*, 88, 975-981, 1996.
11. **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.
12. **Rhoads F.M., Wright D.L.:** Root mass as a determinant of corn hybrid response to starter fertilizer. *J. of Plant Nutrition*, 21(8), 1743-1751, 1998.
13. **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.
14. **Teare I.D., Wright D.L.:** Corn hybrid- Starter fertilizer interaction for yield and lodging. *Crop Science*, 30, 1298-1303, 1990.
15. **Tlustos P., Balik J., Pavlikova D., Vanek V.:** Vyuziti dusiku kukurici po lokalni aplikaci sjaranu amonneho. *Rostlinna Vyroba*, 43(1), 13-18, 1997.

EFFECT OF METHOD OF FERTILIZATION, TERM OF SOWING
AND VARIETIES ON ACCUMULATION OF MINERAL COMPONENTS
BY MAIZE IN INITIAL STAGE OF DEVELOPMENT

Andrzej Kruczek¹, Hanna Sulewska²

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

Abstract. The objective of the study was the determination of the reaction of maize varieties, expressed by their ability of mineral component uptake in the initial stage of development to the method of fertilization and term of sowing. Row fertilization increased the content of phosphorus and nitrogen as well as decreased the content of potassium and calcium in dry mass of above-ground parts of plants in the stage of 4-5 leaves, in comparison to broadcast fertilization. The medium late variety, Marignan, took up the most P, N, K, Mg, and Na. The uptake of all analyzed mineral components by maize increased with delay in the time of sowing from 12th April till 10th May. Row fertilization increased the uptake of P, N, K, Mg, and Na in comparison to broadcast fertilization.

Key words: maize, starter fertilization, terms of sowing, varieties