

WPLYW ODMIANY I SPOSOBU NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ
I NAGROMADZENIE MAKROELEMENTÓW
W CHARAKTERYSTYCZNYCH FAZACH ROZWOJOWYCH KUKURYDZY
(*ZEA MAYS*)

Agnieszka Baran¹, Grzegorz Pińczuk², Tadeusz Zajac^{2/3}, Czesława Jasiewicz¹

¹Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: Agnieszka.Baran@ur.krakow.pl

²Instytut Rolnictwa, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. J. Grodka w Sanoku
ul. Mickiewicza 21, 38- 500 Sanok

³Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

Streszczenie. W pracy porównano zawartości makroelementów: N, P, K, Ca i Mg w biomase kukurydzy uprawianej na ziarno z uwzględnieniem faz rozwojowych, typu odmiany i sposobu nawożenia mineralnego. Zawartość składników mineralnych w kukurydzy zmieniała się istotnie w zależności od fazy rozwojowej. Największą zawartość badanych składników mineralnych wykazano w fazie 8 liścia, natomiast najmniejszą w słomie (azot, fosfor, potas) oraz w ziarnie (magnez i wapń). Czynniki odmianowe wpłynęły istotnie na zawartość azotu i wapnia. Odmiana 'Ravello' *flint* charakteryzowała się największą zawartością azotu, a odmiana 'Oldman' *dent* wapnia. Rzędowy wysiew nawozów spowodował znaczące zmniejszenie się w kukurydzy zawartości azotu oraz zwiększenie zawartości fosforu w porównaniu do wysiewu rzutowego. Największe pobranie azotu, fosforu i potasu stwierdzono z plonem ziarna, natomiast magnezu i wapnia w fazie wyrzucania wiech. Czynniki odmianowe wpłynęły istotnie na pobranie przez kukurydze azotu, fosforu, potasu i magnezu. Największym ich pobraniem charakteryzowała się odmiana 'Ravello' *flint*. Rzędowy wysiew nawozów powodował istotne zwiększenie pobrania przez kukurydżę wszystkich badanych składników w stosunku do nawożenia rzutowego.

Słowa kluczowe: kukurydza, makroelementy, fazy wzrostu, odmiany – *flint*, *dent*, nawożenie rzędowe

WSTĘP

Kukurydza, ze względu na skład chemiczny ziarna i biomasy oraz duży potencjał plonotwórczy jest uniwersalną rośliną, bowiem wykorzystywana może być

zarówno na cele przemysłowe, spożywcze jak i konsumpcyjne. Wyprodukowane z niej pasze w postaci zielonki, kiszonki lub suszu mają zastosowanie w żywieniu zwierząt. Wzrastające zapotrzebowanie na kukurydzę powoduje, że powierzchnia jej uprawy w Polsce stale wzrasta, a ziarno i biomasa tej rośliny są ważnym źródłem węglowodanów oraz makro i mikroelementów dla zwierząt (Sulewska 1997, Sulewska 2001, Kruczek i Bober 2004). W Polsce na terenach cieplejszych uprawiana jest na znaczą skalę, jednak uzyskane plony nie zawsze są zadowalające z powodu nie zbyt sprzyjających warunków klimatycznych i glebowych, szczególnie występujących w początkowych fazach wzrostu i rozwoju kukurydzy (Kruczek i Sulewska 2005). W temperaturze 5-12°C osłabiona jest aktywność młodych korzeni kukurydzy do pobierania jonów, szczególnie fosforu i jonów azotu ogółem (Mozafar i in. 1993, Kruczek i Szulc 2005). Dodatkowo w tych warunkach zmniejsza się tempo procesu mineralizacji materii organicznej oraz rozpuszczalność niektórych form fosforu, co może skutkować zmniejszeniem plonowania kukurydzy, a w konsekwencji ujawnianie się w jej tkankach niedoboru składników mineralnych. Do ważniejszych elementów agrotechniki kukurydzy, ograniczających ten niekorzystny efekt zalicza się nawożenie, które najsilniej wpływa na plonowanie i skład chemiczny roślin, a ponadto jest warunkiem otrzymania plonów o dobrej jakości. Jednym ze sposobów zwiększania dostępności składników mineralnych jest nawożenie rzędowe zlokalizowane w bezpośredniej bliskości korzeni, zwane startowym, jeżeli jest stosowane łącznie z siewem nasion (Kruczek i Sulewska 2005, Kruczek i Szulc 2005). Skuteczność nawożenia rzędowego zależy między innymi od prawidłowego doboru odmian. Dotychczasowe nieliczne badania odnośnie sposobu nawożenia kukurydzy uprawianej na ziarno nie podają oddziaływania czynnika nawozowego na zawartość makroskładników w jej biomacie w charakterystycznych fazach rozwojowych. Również brak jest rozeznania odnośnie reakcji mieszańcowych odmian kukurydzy w typach *flint* i *dent* na sposób nawożenia. W związku z powyższym podjęto badania, które mają na celu ocenę wpływu fazy wzrostu, typu odmiany i sposobu nawożenia na zawartość i pobranie wybranych makroelementów przez kukurydzę.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano na polach produkcyjnych przy Zespole Szkół Rolniczych w Nowosielcach, w woj. Podkarpackim na glebie o składzie granulometrycznym gliny średniej i wartości pH 4,98. Doświadczenie prowadzono w układzie losowanych bloków z trzema czynnikami w czterech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszym były charakterystyczne fazy rozwojowe kukurydzy: 8 liść rozwinięty (BBCH 25), wiechowanie (BBCH 50) oraz dojrzałość fizjologiczna (ziarno i słoma) (BBCH 85). Czynnikiem drugim stanowiły dwie odmiany typu *flint*:

'Ravello' i 'Arobase' oraz dwie typu *dent*: 'Oldman' i 'Nekta'. Z kolei czynnik trzeci obejmował dwa sposoby wysiewu nawozów: rzutowo na całą powierzchnię przed siewem nasion i rzędowo (startowo) jednocześnie z siewem nasion. We wszystkich obiektach doświadczalnych zastosowano jednakowy poziom nawożenia w wysokości: 160 kg N; 80 kg P₂O₅; 180 kg K₂O·ha⁻¹. Azot zastosowano w formie mocznika (46% N), fosfor w formie Polifoski (6% N, 20% P, 30% K) (siew rzutowy) i fosforanu amonu 18% N, 46% P (siew rzędowy), a potas w postaci soli potasowej 60%. Do siewu nasion kukurydzy wykorzystano siewnik punktowy firmy Monosem (czterorzędowy), wyposażony w rozsiewacz nawozów do rzędowego ich stosowania jednocześnie z siewem nasion. Redlice nawozowe ustawiono, w stosunku do redlic nasiennych w ten sposób, aby nawóz był umieszczony w glebie 4 cm z boku i 4 cm poniżej nasion. Siew nasion wykonywano na głębokości 5 cm. W każdej z analizowanych faz pobrano, z każdego poletka, próby składające się z czterech roślin. Analiza chemiczna materiału roślinnego obejmowała oznaczenie zawartości wybranych makroelementów. Zawartość azotu ogólnego oznaczono metodą destylacyjną Kjeldahla przy użyciu aparatu typ Kjeltec 1026 System II, firmy Tecator. Zawartość pozostałych składników mineralnych oznaczono w materiale roślinnym po suchej mineralizacji i rozтворzeniu popiołu w HNO₃ (1:3). W uzyskanych ekstraktach zawartość potasu, magnezu i wapnia oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) przy użyciu aparatu SOLLAR M6 Mk2 Dual, Unicam, natomiast fosforu metodą atomowej spektrometrii emisyjnej (ICP-EAS) opartej na palniku indukcyjnie wzbudzonej plazmy wykorzystując aparat JY 238 ULTRACE, Jobin Von. Ponadto wyliczono pobranie pierwiastków w charakterystycznych fazach rozwojowych, opierając się na plonie suchej masy roślin kukurydzy. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie wykorzystując trzyczynnikową analizę wariancji i test Tukeya. Test Tukeya zastosowano, gdy wykazano brak równości pomiędzy średnimi. Analizę wariancji prowadzono przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Przy opracowaniu wyników wykorzystano program statystyczny Statistica 8.1.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartości badanych składników mineralnych w kukurydzy w zależności od fazy rozwojowej, odmiany i sposobu nawożenia przedstawiono w tabeli 1, a pobranie w tabeli 2. Wykazano, że zawartość makroelementów w suchej masie kukurydzy zmieniała się istotnie w zależności od fazy rozwojowej. Spośród analizowanych trzech faz rozwojowych istotnie największą zawartość badanych pierwiastków wykazano w kukurydzy w fazie 8 liścia rozwiniętego, natomiast najmniejszą w słomie (azot, fosfor, potas) oraz w ziarnie (magnez i wapń). Kukurydza w fazie początkowego wzrostu tj. 8 liścia rozwiniętego zawierała 3-krotnie więcej azotu i potasu, 6-krotnie fosforu oraz 2-krotnie magnezu i wapnia niż słoma (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość makroelementów w kukurydzy ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w zależności od badanych czynników doświadczenia**Table 1.** The content of macroelements in maize ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) depending on experimental factors studied

Czynnik doświadczenia – Experimental factor		N	P	K	Mg	Ca
Faza wzrostu Growth phase	8 liść rozwinięty – 8 unfolded leaves	27,47 ^{d*}	3,18 ^d	21,64 ^c	3,69 ^d	5,14 ^d
	Wyrzucanie wiech – Tassel emergence	15,19 ^c	2,13 ^b	10,16 ^a	2,97 ^c	4,34 ^c
	Dojrzałość – ziarno Grain maturity	17,88 ^b	2,36 ^c	15,23 ^b	1,14 ^a	0,06 ^a
	Dojrzałość – słoma Straw maturity	8,18 ^a	0,57 ^a	8,26 ^a	1,91 ^b	3,30 ^b
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,96	0,15	2,22	0,31	0,26
Odmiana Variety	‘Ravello’ <i>flint</i>	18,09 ^b	2,16	14,99	2,45	2,96 ^a
	‘Arobase’ <i>flint</i>	16,87 ^{ab}	2,08	13,30	2,29	3,30 ^{ab}
	‘Oldman’ <i>dent</i>	16,46 ^a	1,97	13,02	2,56	3,36 ^b
	‘Nekta’ <i>dent</i>	17,30 ^a	2,02	13,98	2,41	3,23 ^{ab}
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,96	<i>n.i.</i> ^{**}	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>	0,26
Nawożenie Fertiliza- tion	Rzutowo Broadcast	17,82 ^b	1,99 ^a	14,01	2,53	3,19
	Rzędowo Row	16,54 ^a	2,13 ^b	13,64	2,33	3,23
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,68	0,11	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>	<i>n.i.</i>

* grupy jednorodnie wyznaczone testem Tukeya, ***n.i.* – nieistotne statystycznie *homogenous groups were determined using Tukey test, ** *n.s.* – statistically non-significant.

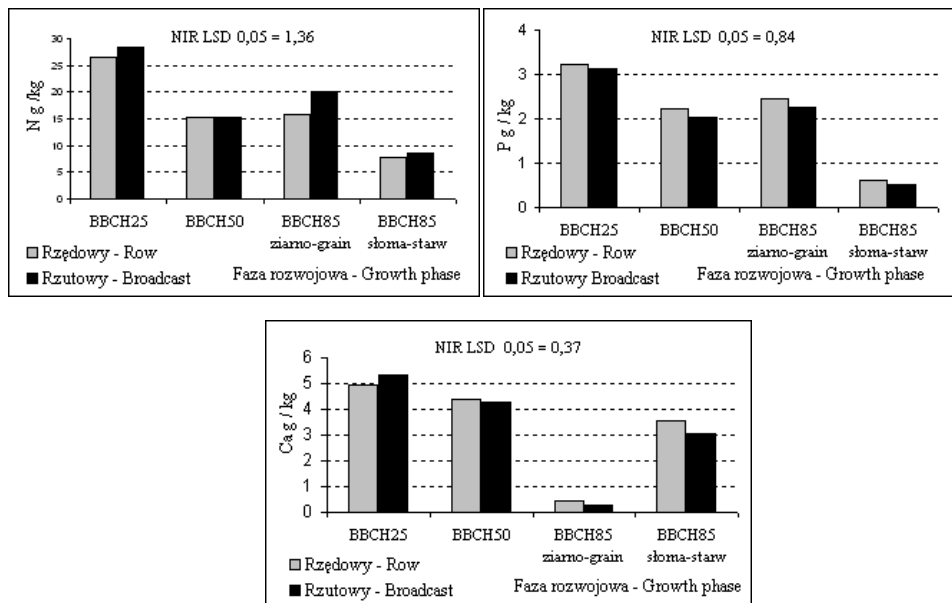
Tabela 2. Pobranie makroelementów przez kukurydzę ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) w zależności od porównywanych czynników doświadczenia**Table 2.** Uptake of macroelements by maize ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) depending on experimental factors compared

Czynnik doświadczenia – Experimental factor		N	P	K	Mg	Ca
Faza wzrostu Growth phase	8 liść rozwinięty – 8 unfolded leaves	11,37 ^{a*}	1,32 ^b	9,14 ^a	1,49 ^a	2,09 ^b
	Wyrzucanie wiech – Tassel emergence	17,18 ^b	2,42 ^c	11,73 ^a	3,37 ^c	4,92 ^d
	Dojrzałość – ziarno Grain maturity	21,01 ^c	2,80 ^d	17,92 ^b	1,35 ^a	0,07 ^a
	Dojrzałość – słoma Straw maturity	10,99 ^a	0,77 ^a	11,35 ^a	2,51 ^b	4,41 ^c
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	1,25	0,17	2,15	0,28	0,31
Odmiana Variety	‘Ravello’ <i>flint</i>	17,33 ^b	2,14 ^b	14,65 ^b	2,39 ^b	2,91
	‘Arobase’ <i>flint</i>	14,04 ^a	1,72 ^a	11,37 ^a	1,94 ^a	2,73
	‘Oldman’ <i>dent</i>	14,84 ^a	1,80 ^a	11,83 ^{ab}	2,35 ^b	3,05
	‘Nekta’ <i>dent</i>	14,33 ^a	1,65 ^a	12,29 ^{ab}	2,05 ^a	2,81
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	1,25	0,17	2,15	0,28	<i>n.i.</i> ^{**}
Nawożenie Fertiliza- tion	Rzutowo Broadcast	14,65 ^a	1,61 ^a	11,72 ^a	2,08 ^a	2,59 ^a
	Rzędowo Row	15,62 ^b	2,05 ^b	13,35 ^b	2,28 ^b	3,15 ^b
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,89	0,12	1,52	0,20	0,22

* grupy jednorodnie wyznaczone testem Tukeya, ***n.i.* – nieistotne statystycznie *homogenous groups were determined using Tukey test, ** *n.s.* – statistically non-significant.

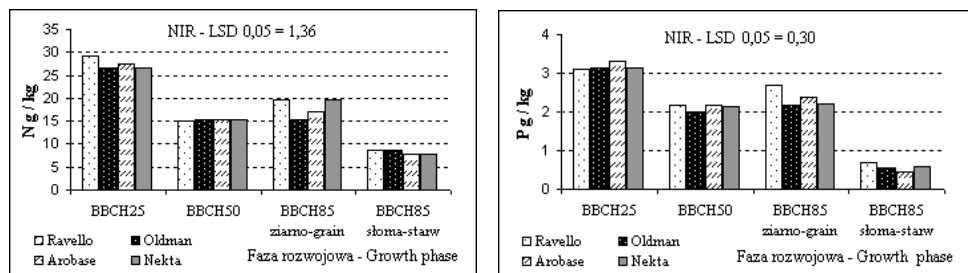
Generalnie zawartość azotu i fosforu w kukurydzy kształtowała się następująco: faza 8 liścia rozwiniętego > wyrzucanie wiech > ziarno > słoma, potasu: faza 8 liścia rozwiniętego > ziarno > wyrzucanie wiech > słoma, natomiast magnezu i wapnia: faza 8 liścia rozwiniętego > wyrzucanie wiech > słoma > ziarno. Czynnik odmianowy wpłynął istotnie na zawartość azotu i wapnia w biomacie roślin (tab. 1). Największą zawartością azotu charakteryzowała się odmiana 'Ravello' *flint*, a wapnia odmiana 'Oldman' *dent*. Z kolei najmniejsze zawartości azotu wykazano w odmianie 'Oldman' *dent*, a wapnia w odmianie 'Ravello' *flint*. Zawartość fosforu, potasu i magnezu w kukurydzy nie była istotnie determinowana czynnikiem odmianowym. Niemniej jednak największym stężeniem fosforu i potasu charakteryzowała się odmiana 'Ravello' *flint*, a magnezu 'Oldman' *dent*. Ponadto nie wykazano istotnych różnic w zawartości badanych makroelementów w obrębie tego samego typu. Analizując trzeci z badanych czynników doświadczalnych stwierdzono, że sposób nawożenia istotnie wpłynął na zawartość azotu i fosforu w kukurydzy. Rzędowy wysiew nawozów znacząco zmniejszył zawartość azotu i zwiększył zawartość fosforu o ponad 7% w porównaniu do wysiewu rzutowego. Podobne wyniki dla fosforu uzyskano w badaniach Kruczka i Sulewskiej (2005) oraz Dubasa i Duhra (1983). Autorzy w wyniku nawożenia rzędowego uzyskali istotnie większą zawartość azotu i fosforu w suchej masie młodych liści kukurydzy w stosunku do nawożenia sposobem rzutowym. Rzutowy sposób wysiewu nawozów zwiększył nieznacznie również, zawartość potasu i magnezu w kukurydzy oraz zmniejszył wapnia w stosunku do rzędowego.

W badaniach wykazano, że zawartość azotu, fosforu i wapnia w kukurydzy była istotnie zależna od współdziałania fazy rozwojowej i sposobu nawożenia (rys. 1). We wszystkich fazach wzrostu rzutowe stosowanie nawozów istotnie zwiększyło zawartość azotu w biomacie kukurydzy w stosunku do wysiewu rzędowego. W odniesieniu do fosforu stwierdzono natomiast większą zawartość tego składnika w kukurydzy nawożonej sposobem rzędowym niż rzutowym. Z kolei dla wapnia - w fazie wyrzucania wiech i dojrzałości fizjologicznej, kukurydza charakteryzowała się istotnie większą jego zawartością w obiektach nawożonych rzędowo w stosunku do nawożenia rzutowego, natomiast w fazie 8 liścia rozwiniętego wykazano odwrotną zależność. Zawartość azotu i fosforu w kukurydzy była również istotnie zależna od interakcji zachodzącej pomiędzy fazą rozwojową, a czynnikiem odmianowym (rys. 2). Niezależnie od sposobu nawożenia wszystkie badane odmiany charakteryzowały się największą zawartością azotu i fosforu w fazie 8 liścia rozwiniętego, mniejszą w ziarnie i w fazie wyrzucania wiech, a najmniejszą w słomie. Ponadto największą zawartością azotu we wszystkich fazach rozwojowych charakteryzowała się odmiana 'Ravello' *flint*. W przypadku fosforu również odmiana 'Ravello' *flint* odznaczała się największą zawartością tego makroelementu, z wyjątkiem fazy 8 liścia rozwiniętego.



Rys. 1. Zawartość azotu, fosforu i wapnia w biomacie kukurydzy

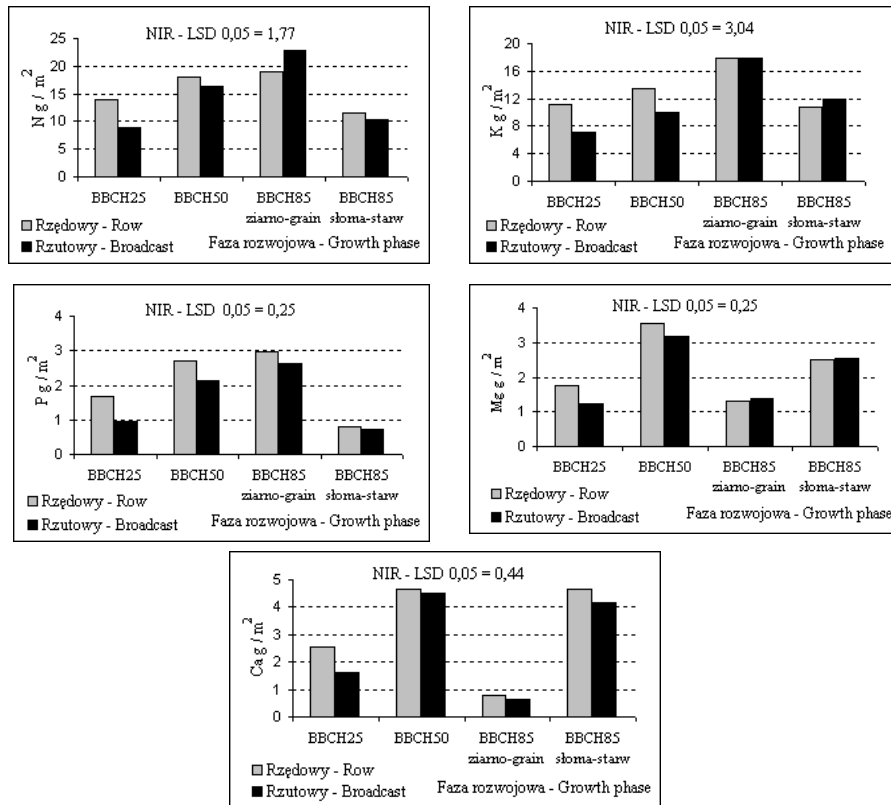
Fig. 1. Content of nitrogen, phosphorus and calcium in maize biomass



Rys. 2. Zawartość azotu i fosforu w biomacie kukurydzy w zależności od fazy wzrostu i odmiany

Fig. 2. Content of nitrogen and phosphorus in maize biomass depending on development phase and fertilization method

Pobranie makroskładników było istotnie zróżnicowane w zależności od fazy rozwojowej kukurydzy. Największy wnos azotu, fosforu i potasu stwierdzono z plonem ziarna, natomiast magnezu i wapnia w fazie wyrzucania wiech (tab. 2, rys. 3). Z kolei najmniejszym pobraniem azotu i fosforu charakteryzowała się słoma, potasu kukurydza w fazie 8 liścia rozwiniętego, a magnezu i wapnia ziarno.



Rys. 3. Pobranie makroelementów przez kukurydzę w zależności od fazy wzrostu i sposobu nawożenia
Fig. 3. Macroelements uptake by maize depending on growth phase and fertilization method

Oceniając strukturę pobrania makroelementów w fazie 8 liścia rozwiniętego kukurydza pobrała 19% azotu, 18% fosforu, potasu i magnezu oraz 17% wapnia z całkowitej sumy. Z kolei w fazie wyrzucania wiech z plonem roślin odprowadzono 28% azotu, 33% fosforu, 23% potasu, 39% magnezu i 43% wapnia. W fazie dojrzałości fizjologicznej z plonem ziarna kukurydzy odprowadzono 35% azotu, 38% fosforu, 36% potasu, 15% magnezu i 1% wapnia, a z plonem słomy odpowiednio 18% azotu; 11% fosforu; 23% potasu; 29% magnezu i 38% wapnia. Czynniki odmianowy wpłynął istotnie na pobranie azotu, fosforu, potasu i magnezu przez kukurydzę (tab. 2). Największym wynosem podanych wyżej makroelementów charakteryzowała się odmiana 'Ravello' *flint*, która pobrała średnio więcej azotu o 20%, fosforu i potasu o 24% i magnezu o 13% w porównaniu do pozostałych odmian. Dobór odmian nie różnicował znacząco pobrania wapnia. W obrębie typu *flint*, wykazano istotnie większe pobranie azotu, fosforu, potasu i magnezu

przez odmianę 'Ravello' niż 'Arobase'. Natomiast w obrębie typu *dent* odmiany istotnie różniły się tylko pobraniem magnezu. Rzędowy wysiew nawozów powodował istotne zwiększenie pobrania przez kukurydzę wszystkich badanych składników w stosunku do nawożenia rzutowego. Przyrost ten wyniósł dla azotu o 7%, dla fosforu o 21%, dla potasu o 14%, dla magnezu o 10% i dla wapnia o 22%. Otrzymane wyniki potwierdzają badania El Hamid i Woodard (1995) oraz Kruczka i Sulewskiej (2005), którzy wykazali, że rzędowy wysiew nawozów powoduje istotny wzrost pobrania makroelementów w porównaniu do nawożenia rzutowego.

Pobranie analizowanych makroelementów przez kukurydzę było istotnie zależne od współdziałania fazy wzrostu i sposobu nawożenia (rys. 3). Niezależnie od analizowanej odmiany w fazie 8 liścia rozwiniętego i w fazie wyrzucania wiech przy nawożeniu rzędowym zwiększenie ilości pobranych składników mineralnych przez kukurydzę było większe niż przy rzutowym sposobie ich rozsiewu. W fazie 8 liścia rozwiniętego wzrost ten w przypadku azotu wyniósł 57%; fosforu 74%; wapnia 55%; potasu 58% oraz magnezu 44%. W fazie wyrzucania wiech wielkość ta była nieco niższa. Z kolei w fazie dojrzałości fizjologicznej w zależności od badanego pierwiastka, kukurydza reagowała różnie na nawożenie. Wynos azotu i magnezu z plonem ziarna był większy pod wpływem nawożenia rzutowego niż rzędowego, a w przypadku fosforu, potasu i wapnia wykazano odwrotną zależność. Z kolei pobranie azotu, fosforu i wapnia przez słomę było większe przy rzędowym nawożeniu w stosunku do rzutowego, natomiast potasu i magnezu przy rzutowym sposobie nawożenia.

W wielu badaniach stwierdzono, że wartość paszowa kukurydzy ulega zmianom przede wszystkim w zależności od fazy rozwojowej, jak również w mniejszym stopniu od obsady i nawożenia azotem (Gonet i Siuta 1996, Sulewska 2001). Generalnie zawartość składników mineralnych maleje od fazy rozwoju wegetatywnego do pełnej dojrzałości ziarna, szczególnie dotyczy to zawartości potasu. Mniejszy spadek zawartości obserwuje się w przypadku fosforu i magnezu (Gonet i Siuta 1996). Otrzymane wyniki potwierdzają tę zależność. W badaniach wykazano ponad 2-krotne zmniejszenie zawartości potasu oraz ponad 1-krotne pozostałych makroelementów w roślinach zebranych w fazie wyrzucania wiech w stosunku do roślin zebranych w fazie 8 liścia rozwiniętego. Z pewnością zależność ta jest związana z przyrostem plonu suchej masy kukurydzy i zjawiskiem rozcieńczenia składników. W prezentowanym doświadczeniu oceniono zawartość makroelementów pod względem paszowym. Według literatury za optymalną ilość, pokrywającą zapotrzebowanie zwierząt na poszczególne pierwiastki przyjmuje się: 3,0 g P; 17-20 g K; 2,0 g Mg; 7,0 g Ca·kg⁻¹ s.m. paszy (Czuba i Mazur 1988). Optymalne zawartości badanych pierwiastków stwierdzono tylko w fazie 8 liścia rozwiniętego dla fosforu i potasu oraz w fazie wiechowania dla magnezu. W badaniach Sulewskiej (2001) zawartość makroelementów w suchej masie całych roślin kukurydzy wahała się od 1,90 do

2,60 g P; od 1,10 do 1,30 g Mg; od 12,8 do 27,2 g K oraz od 2,50 do 3,10 g Ca·kg⁻¹. W badaniach Skowrońskiej i Filipka (2009) w ziarnie kukurydzy oznaczono 15,19 g N i 5,80 g P, a w słomie 4,13 g N i 0,58 g P·kg⁻¹ s.m. W niniejszych badaniach biorąc pod uwagę średnią zawartość makroelementów w kukurydzy wykazano podobną zawartość fosforu, większą magnezu i wapnia oraz mniejszą potasu w stosunku do zaprezentowanych wyników badań Sulewskiej (2001). Z kolei w ziarnie i słomie kukurydzy wykazano większe zawartości azotu i fosforu w stosunku do badań Skowrońskiej i Filipka (2009). W badaniach Kruczka i Sulewskiej (2005) kukurydza w początkowym okresie wzrostu zawierała więcej azotu, fosforu, potasu i wapnia oraz mniej magnezu w stosunku do zawartości tych składników w kukurydzy w fazie 8 liścia rozwiniętego. W wielu badaniach wykazano, że rzędowy wysiew nawozów szczególnie fosforowych i fosforowoazotowych daje możliwość uzyskania większych plonów ziarna niż rzutowe nawożenie tymi składnikami (Barry i Miller 1989, El-Hamid i Woodard 1995, Mascagni i Boquet 1996, Kruczek 2005ab, Kruczek i Szulc 2005). Badania Kruczka i Sulewskiej (2005) donoszą również o większej zawartości składników mineralnych w kukurydzy pod wpływem nawożenia rzędowego w stosunku do nawożenia rzutowego. Efekt ten związany jest z zwiększonym pobieraniem składników mineralnych, zwłaszcza fosforu przez kukurydze, szczególnie w początkowym okresie wzrostu (Kruczek 2005b). W niniejszych badaniach tylko w przypadku zawartości fosforu wykazano istotnie większą zawartość tego składnika w kukurydzy nawożonej sposobem rzędowym w porównaniu do rzutowego. Z kolei pobranie wszystkich makroelementów z plonem kukurydzy było większe w przypadku nawożenia rzędowego niż rzutowego. Ponadto jak podają Mascagni i Boquet (1996), Kruczek (2005a) nie wszystkie odmiany reagują zwyżką plonu na nawożenie startowe, a związane jest to przede wszystkim z warunkami meteorologicznymi. Lepsze efekty nawożenia startowego uzyskuje się w niekorzystnych warunkach termicznych, co wynika z ograniczonego pobierania składników pokarmowych. W badaniach Kruczka i Sulewskiej (2005) zastosowane odmiany istotnie reagowały zwiększeniem pobrania fosforu pod wpływem nawożenia rzutowego w porównaniu do rzędowego. W prezentowanych badaniach nie wykazano natomiast istotnego współdziałania doboru odmian i sposobu nawożenia na zawartość oraz pobranie analizowanych składników mineralnych.

WNIOSKI

1. Zawartość składników mineralnych w kukurydzy zmieniała się istotnie w zależności od fazy rozwojowej. Największą zawartość badanych składników mineralnych wykazano w fazie 8 liścia rozwiniętego, natomiast najmniejszą

w fazie dojrzałości fizjologicznej słoma (azot, fosfor, potas) oraz w ziarno (magnez i wapń).

2. Czynniki odmianowe wpłynęły istotnie na zawartość azotu i wapnia. Odmiana 'Ravello' *flint* charakteryzowała się największą zawartością azotu, z kolei wapnia odmiana 'Oldman' *dent*. Zawartość fosforu, potasu i magnezu w kukurydzy nie była istotnie determinowana czynnikiem odmianowym.

3. Rzędowy wysiew nawozów znacząco zmniejszył tylko zawartość azotu oraz zwiększył zawartość fosforu w kukurydzy w porównaniu do wysiewu rzutowego.

4. Największy wnos azotu, fosforu i potasu stwierdzono z plonem ziarna, natomiast magnezu i wapnia w nadziemnej biomacie w fazie wiechowania.

5. Czynniki odmianowe wpłynęły istotnie na pobranie przez kukurydzę azotu, fosforu, potasu i magnezu. Największym wynosem makroelementów charakteryzowała się odmiana 'Ravello' *flint*.

6. Rzędowy wysiew nawozów powodował istotne zwiększenie pobrania przez kukurydzę azotu o 7%; fosforu o 21%, potasu o 14%, magnezu o 10% i wapnia o 22% w stosunku do nawożenia rzutowego.

PIŚMIENNICTWO

- Barry D.A.J., Miller M.H., 1989. The phosphorus nutritional requirement of maize seedling for maximum yield. *Agronomy Journal*, 81, 95-99.
- Czuba R., Mazur T., 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa.
- Dubas A., Duhr E., 1983. Wpływ sposobu nawożenia fosforem na plonowanie kukurydzy. *Pamiętnik Puławski*, 81, 131-139.
- El-Hamid K. H., Woodard H. J., 1995. Response of early corn growth to fertilizers phosphorus rate and placement methods. *Journal of Plant Nutrition*, 18(6), 1103-1120.
- Gonet Z., Siuta A. 1996. Wpływ obsady roślin na plonowanie i wartość paszową kukurydzy uprawianej na zielonkę. II. Skład chemiczny i wartość paszowa roślin zbieranych w różnych fazach rozwojowych. *Pamiętnik Puławski*, 108, 33-48.
- Kruczek A. 2005a. Reakcja odmian kukurydzy na sposób nawożenia dwuskładnikowym nawozem NP w zależności od terminu siewu. *Pamiętnik Puławski*, 140, 117-127.
- Kruczek A. 2005b. Wpływ dawek azotu i sposobów stosowania nawozów azotowych i nawozu wieloskładnikowego na plonowanie kukurydzy. *Pamiętnik Puławski*, 140, 129-138.
- Kruczek A., Sulewska H., 2005. Wpływ sposobu nawożenia, terminu siewu i odmian na gromadzenie składników mineralnych przez kukurydzę w początkowym okresie rozwoju. *Acta Agrophysica*, 5(3), 683-694.
- Kruczek A., Szulc P., 2005. Wpływ wielkości dawki fosforu, rodzaju nawozu i sposobu nawożenia na plonowanie kukurydzy uprawianej na ziarno. *Pamiętnik Puławski*, 140, 150-157.
- Kruczek G., Bober A., 2004. Wpływ różnych sposobów dokarmiania roślin na zawartość miedzi, cynku, manganu i żelaza w ziarnie kukurydzy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 502, 181-187.
- Mascagni J. H., Boquet J. D., 1996. Starter fertilizer and planting date effects on corn rotated with cotton. *Agronomy Journal*, 88, 975-981.

- Mozafar A., Schreiber P., Oertli J.J., 1993. Photoperiod and root-zone temperature: interacting effect on growth and mineral nutrients of maize. *Plant Soil*, 153, 71-78.
- Skowrońska M., Filipek T., 2009. Akumulacja azotu i fosforu przez kukurydzę pod wpływem ograniczanego nawożenia potasem. *Proceedings of ECOpole*, 2(1), 109-112.
- Sulewska H., 1997. Uprawa kukurydzy na zielonkę w świetle badań własnych i literatury. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 450, 185-200.
- Sulewska H., 2001. Plonowanie i wartość pokarmowa kukurydzy zbieranej na zielonkę w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR w Poznaniu. Rozp. Nauk.*, 315.

EFFECT OF VARIETY AND METHOD OF FERTILIZATION
ON THE CONTENT AND ACCUMULATION OF MACROELEMENTS
IN THE CHARACTERISTIC DEVELOPMENT PHASES OF MAIZE (*ZEA MAYS*)

Agnieszka Baran¹, Grzegorz Pińczuk², Tadeusz Zając^{2,3}, Czesława Jasiewicz¹

¹Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture in Krakow
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Krakow

²Institute of the Farming, State Higher Vocational School in Sanok
ul. Mickiewicza 21, 38-500 Sanok

³Department of Crop Production, University of Agriculture in Krakow
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Krakow
e-mail: Agnieszka.Baran@ur.krakow.pl

Abstract. The paper presents a comparison of the contents of macroelements: N, P, K, Ca and Mg in the biomass of the maize grown for grain, taking into account the developmental phases, the varieties and the method of fertilization. The content of mineral elements in maize changed significantly depending on the developmental phase. The highest content of mineral elements was shown in the phase of 8 leaves, whereas the smallest was found in the phases of straw (N, P, K) and in grain (Mg, Ca) maturity. The variety factor affected the content of nitrogen and calcium. Variety 'Ravello' *flint* was characteristic of the highest content of nitrogen, while the highest level of calcium was determined in variety 'Oldman' *dent*. Row fertilization considerably decreased only the content of nitrogen and increased the content of phosphorus in maize in comparison to broadcast fertilization. The highest uptake of nitrogen, phosphorus and potassium were noted with the yield of the grain, while that of magnesium and calcium in the phase of tassel formation (BBCH 50) of maize. The variety factor affected significantly the uptake of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium by maize. The highest uptake of macroelements was characteristic of 'Ravello' *flint*. Row fertilization caused a significant increase in the uptake of all macroelements by maize in relation to broadcast fertilization.

Key word: maize, macroelements, developmental phases, varieties – flint, dent, broadcast fertilization