

Wpływ stosowania zróżnicowanych dawek azotu na właściwości morfologiczne kukurydzy uprawianej na kiszonkę

W. ZIELEWICZ¹, D. SWĘDRZYŃSKA², A. SWĘDRZYŃSKI¹

¹*Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, ²Katedra Mikrobiologii Ogólnej
i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

The effect of using different doses of nitrogen on the morphological properties of maize grown for silage

Abstract. Field trials were conducted in years 2008–2009. The plant research material came from field crops of maize, of a production nature, located in the Agricultural Experimental Farm Brody, belonging to Poznań University of Life Sciences (52°43' N, 16°30' E). The two-factor experiment in the system of randomized blocks in three replications formed four fertilization variants: 1/ 120 kg N·ha⁻¹ + PK, 2/ 160 kg N·ha⁻¹ + PK, 3/ 200 kg N·ha⁻¹ + PK and 4/ 120 kg N·ha⁻¹ without fertilization P and K (control). The second factor was the maize varieties: Delitop FAO 240 and Magitop FAO 270. The highest yields of fresh and dry matter in the cultivation of both maize varieties studied were found in the variant fertilization with a dose of 200 kg N·ha⁻¹ + PK. Variety Magitop FAO 270 (stay green type), was characterized by higher yielding and formed cobs with a larger weight compared to the typical grain variety Delitop FAO 240. Application of nitrogen in a dose of 200 kg N·ha⁻¹ + PK, resulted in both maize varieties increased share of stalks and reduction of the share of cobs in the plant structure. The lack of fertilization with phosphorus and potassium in the control variant with the application of only 120 kg N·ha⁻¹ resulted in achieving the lowest yields of fresh and dry matter. Plants of both maize varieties in this fertilization variant were also characterized by the highest share of stems and the lowest share of cobs in the plant mass structure. It was also found that plants growing in the control variant achieved the lowest height compared to the remaining variants and formed the smallest mass of cobs.

Keywords: maize structure, yielding, height of maize, dry matter content.

1. Wstęp

Jednym z głównych źródeł wartościowej paszy w hodowli zwierząt przeżuwających obok pasz pochodzących z użytków zielonych jest kiszonka z kukurydzy. Roślina ta wykazuje duży potencjał plonotwórczy, ale też znaczne potrzeby pokarmowe. Wielkość plonu kukurydzy uzależniona jest od dostępności łatwo przyswajalnych składników pokarmowych, jest dlatego też wymaga stosowania nawożenia mineralnego (MICHALSKI i WSP., 1996; SZMIGIEL i WSP.,

2006). Na wytworzenie 1 dt ziarna wraz z odpowiednią ilością słomy kukurydza pobiera 2,9 kg N, 0,57 kg P, 2,74 kg K, 0,57 kg Ca oraz 0,54 kg Mg (DUBAS, 2003). Z badań wielu autorów wynika, iż bardzo ważnym czynnikiem plonotwórczym w uprawie kukurydzy jest nawożenie azotem, które wpływa nie tylko na wielkość plonu, ale i jego jakość (KRUCZEK, 1997; KRUCZEK i SZULC, 2000; MACHUL i BOROWIECKI, 2000). Optymalne dawki azotu stosowane pod kukurydzą, podawane w literaturze polskiej przez różnych autorów, wahają się w granicach 90–180 kg N·ha⁻¹ (FOTYMA, 1994; KRUCZEK, 1988). Stosowanie dużych dawek tego składnika, zwłaszcza na glebach lekkich, stwarza zagrożenie dla środowiska, ponieważ może prowadzić do koncentracji azotanów w glebie i skażenia wód gruntowych. Obniżenie poziomu nawożenia tym składnikiem uniemożliwia wykorzystanie potencjału produkcyjnego obecnie uprawianych odmian kukurydzy i prowadzi do zmniejszenia plonów (KSIĘŻAK i WSP., 2012). Zwiększenie wielkości plonów przez intensyfikację nawożenia azotem można stymulować tylko do pewnego poziomu, po przekroczeniu którego może nastąpić jego obniżenie (FOTYMA, 1988). Optymalizując nawożenie azotem należy wziąć pod uwagę efektywność rolniczą (produktywność), która jest miarą skuteczności nawożenia, rozumianą jako przyrost plonu na 1 kg azotu zastosowanego w nawozach (KRUCZEK, 2000; MAŁECKA i BLECHARCZYK, 2005).

Celem badań było określenie wpływu stosowania zróżnicowanych dawek azotu na właściwości morfologiczne i plonowanie kukurydzy odmian Delitop i Magitop uprawianych na kiszonce.

2. Materiał i metody

Badania polowe prowadzono w latach 2008–2009. Roślinny materiał badawczy pochodził z polowych upraw kukurydzy zlokalizowanych na terenie Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego Brody, należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (52°43' N, 16°30' E). Gleba charakteryzowała się 1,28% zawartością próchnicy, 16% udziałem części spławialnych, lekko kwaśnym odczynem o (pH_{KCl} = 6,2) oraz obecnością 115,0 mg P₂O₅, 147,0 mg K₂O i 78,0 mg MgO w odniesieniu do kg⁻¹ s.m. gleby. Doświadczenie dwuczynnikowe w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach tworzyły cztery warianty nawożenia: 1/ 120 kg N·ha⁻¹ + PK, 2/ 160 kg N·ha⁻¹ + PK, 3/ 200 kg N·ha⁻¹ + PK oraz 4/ 120 kg N·ha⁻¹ bez nawożenia P i K (kontrola). Czynnikiem drugiego rzędu były odmiany kukurydzy: Delitop i Magitop o liczbie FAO odpowiednio 240 i 270. Obie oceniane odmiany były uprawiane z przeznaczeniem na kiszonkę. Zasiewów kukurydzy obu odmian dokonano po 27 kwietnia w ilości 120.000 ziarniaków ha⁻¹ siewnikiem pneu-

matycznym Monosem. Rozstawa rzędów kukurydzy wynosiła 70,0 cm. Dla ochrony roślin przed chwastami zastosowano herbicyd Primextra Gold 720 SC w dawce 2,5 l·ha⁻¹ bezpośrednio po siewie. Pozostałe zabiegi agrotechniczne przeprowadzono zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki kukurydzy. Nawożenie azotowe w postaci saletry amonowej 34% N, podzielono na dwie części. Pierwszą dawkę dla wszystkich wariantów zaaplikowano przed wysiewem ziarniaków w ilości 80 kg N·ha⁻¹, drugą dawkę stosowano pogłównie na początku czerwca w fazie BBCH 16 kukurydzy, dodając 40 kg N·ha⁻¹ w wariacie pierwszym i czwartym, 80 kg N·ha⁻¹ w wariacie drugim i 120 kg N·ha⁻¹ w trzecim. Nawozy fosforowo-potasowe w dawce 60 kg·ha⁻¹ P₂O₅ i 120 kg ha⁻¹ K₂O oprócz kontroli (120 kg N·ha⁻¹ bez P i K) zastosowano pod uprawki gleby przed wysiewem ziarniaków kukurydzy. Poletka doświadczalne poszczególnych wariantów nawożenia miały powierzchnię 14,0 m² (2 rzędy × 0,7 m × 10,0 m). Zbioru masy roślinnej dokonywano w ciągu jednego dnia – w pierwszym roku badań 25 września a w roku drugim, 29 września. Kryteriami oceny odmian kukurydzy był plon świeżej i suchej masy oraz wybrane właściwości morfologiczne. W doświadczeniu oceniano także masę wytworzonych kolb, strukturę udziału organów pędu, wysokość roślin oraz zawartość suchej masy.

Opracowanie statystyczne uzyskanych wyników wykonano przy wykorzystaniu programów Statistica, Analwar 5.2 FR oraz MS Excell. Istotność wpływu badanych czynników doświadczenia zweryfikowano za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

3. Wyniki i dyskusja

Lata prowadzonych badań były zróżnicowane pod względem układu warunków pogodowych w okresie wegetacji kukurydzy (tab. 1). Pierwszy rok badań charakteryzował się wyższymi średnimi temperaturami w miesiącach: maju, czerwcu, lipcu i październiku oraz niższymi panującymi w kwietniu, sierpniu, wrześniu i listopadzie w odniesieniu do drugiego roku badań. Średnia temperatur w miesiącu marcu w pierwszym i drugim roku badań kształtowała się na podobnym poziomie. Z kolei suma opadów w pierwszym roku badań była niższa w okresie od marca do listopada o 8,2 mm, w porównaniu do drugiego roku. Jednak oba lata charakteryzowały się wyższą sumą opadów w analizowanym okresie w porównaniu do wielolecia. Pod względem rozkładu opadów rok 2008 okazał się mniej korzystny, ze względu na niski poziom opadów w kluczowych okresach początkowego rozwoju kukurydzy. W miesiącu kwietniu, suma opadów wyniosła tylko 8,7 mm, w maju 19,5 mm, a w czerwcu 8,6 mm. Dla po-

równania w roku 2009 w kwietniu odnotowano opady w wysokości 13,3 mm, w maju 85,3 mm oraz w czerwcu 79,3 mm.

Tabela 1. Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji w RGD Brody w latach 2008–2009
Table 1. Weather conditions during the vegetation period in RGD Brody in the years 2008–2009

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza (°C) Average air temperature (°C)			Suma opadów (mm) Total rainfall (mm)		
	Rok Year 2008	Rok Year 2009	Średnia z lat 1961– 2006 Average from years 1961–2006	Rok Year 2008	Rok Year 2009	Średnia z lat 1961– 2006 Average from years 1961–2006
III	4,2	4,3	2,8	75,7	65,1	37,5
IV	8,7	11,7	7,7	8,7	13,3	37,2
V	15,2	13,4	13,1	19,5	85,3	54,7
VI	19,1	15,7	16,3	8,6	79,3	64,6
VII	20,0	19,7	17,9	80,1	68,1	77,5
VIII	18,8	19,7	17,4	171,5	31,4	62,7
IX	13,9	15,6	13,0	29,8	50,0	47,0
X	10,0	7,9	8,5	74,9	73,3	40,7
XI	5,7	6,7	3,4	34,3	45,4	44,1
Średnia/ Suma Mean/Sum III–XI	12,8	12,7	11,1	503,1	511,2	466,0

Na poziom plonów świeżej i suchej masy kukurydzy znaczący wpływ miał przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji oraz dawka stosowanego azotu. Plon świeżej masy odmiany Delitop w roku 2008 był o 17,2 dt·ha⁻¹ a odmiany Magitop o 16,7 dt·ha⁻¹ niższy niż w roku 2009. Najniższe plony suchej masy kukurydzy zanotowano w roku 2008, który charakteryzował się niską ilością opadów w miesiącach kwiecień, maj i czerwiec. Na podstawie uzyskanych wyników z lat badań można stwierdzić, że wpływ zastosowanego czynnika doświadczalnego (nawożenia azotem) na uzyskane plony był istotny. Najlepsze efekty wyrażone wzrostem plonowania świeżej masy uzyskano u obu odmian w przypadku wariantu nawożenia dawką 200 kg N·ha⁻¹ + PK (tab. 2). Odmiana Delitop (FAO 240) w tym wariantcie nawożenia plonowała wyżej w porównaniu do wariantu nawożenia dawką 120 kg N·ha⁻¹ + PK o 7%, co wyrażało się wzrostem o 45,2 dt·ha⁻¹ świeżej masy. W uprawie późniejszej

odmiany Magitop (FAO 270), różnica między tymi wariantami nawożenia azotem wyniosła 2,7%, co w ilości świeżej masy wyrażało się wyższym plonem o 19,4 dt·ha⁻¹. Najniżej plonującym, okazał się wariant kontrolny z aplikacją 120 kg N·ha⁻¹ bez stosowania P i K. Różnica w uzyskanych plonach w uprawie odmiany Delitop między wariantem kontrolnym a najwyżej plonującym wyniosła 20,7% (117,2 dt·ha⁻¹ ś.m.). W uprawie odmiany Magitop uzyskano różnicę w plonie między porównywanymi wariantami rzędu 6,4%, co przekładało się na wzrost o 43,4 dt·ha⁻¹ ś.m. (tab. 2).

Tabela 2. Plon świeżej masy nadziemnej roślin kukurydzy w zależności od wariantu nawożenia i odmian (dt·ha⁻¹)

Table 2. Yield of fresh mass of maize plants depending on the fertilization variant and varieties (dt·ha⁻¹)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Delitop			Magitop		
	2008	2009	Średnia Mean	2008	2009	Średnia Mean
120 kg N·ha ⁻¹ + PK	624,8	648,5	636,6	694,6	714,7	704,6
160 kg N·ha ⁻¹ + PK	658,2	672,6	665,4	708,1	726,1	717,1
200 kg N·ha ⁻¹ + PK	678,4	685,2	681,8	721,4	732,6	724,0
120 kg N·ha ⁻¹ bez P i K	552,6	576,7	564,6	674,8	686,5	680,6
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	5,62	2,485	x	1,956	1,208	x
Średnia Mean	628,5	645,7	637,1	698,2	714,9	706,5

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Delitop – LSD_{0,05} for years of research variety Delitop = 5,067

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Magitop – LSD_{0,05} for years of research variety Magitop = 1,601

NIR_{0,05} dla odmian – LSD_{0,05} for varieties = 3,752

Oznaczony plon suchej masy odmiany Delitop w roku 2008 był o 4,3 dt·ha⁻¹ niższy niż w roku 2009 (tab. 3). Z kolei różnica w średniej uzyskanych plonów odmiany Magitop między latami była nieco mniejsza i wyniosła 3,6 dt·ha⁻¹ s.m. W przypadku średnich plonów suchej masy w uprawie odmiany Delitop odnotowano różnicę między najwyżej plonującym wariantem nawożonym dawką 200 kg N·ha⁻¹ + PK a pozostałymi wariantami 120 kg N·ha⁻¹ + PK i 160 kg N·ha⁻¹ + PK odpowiednio: 4,7 i 1,6% (10,0 dt·ha⁻¹ i 3,5 dt·ha⁻¹). W uprawie odmiany Magitop stwierdzono już mniejsze różnice między porównywanymi wariantami nawożenia azotem, uzyskując wzrost plonu odpowiednio o 1,4 i 0,6% (3,1 dt·ha⁻¹ s.m.) i (1,3 dt·ha⁻¹ s.m.). KSIĘŻAK i MACHUL (2007) zwiększając dawkę nawożenia azotem z poziomu 120 do 160 kg·ha⁻¹ stwierdzili istotne zwiększenie poziomu plonowania kukurydzy. SOWIŃSKI i LISZKA-PODKOWA

(2008) w swoich badaniach podają, że poziom nawożenia azotem nie miał istotnego wpływu na plon świeżej i suchej masy kukurydzy. Autorzy odnotowali jedynie tendencję zwiększenia plonu kukurydzy pod wpływem wzrastających dawek azotu.

Interesujące okazało się porównanie plonowania suchej masy kukurydzy wariantów 120 kg N·ha⁻¹ + PK i kontrolnego 120 kg N·ha⁻¹ bez stosowania P i K. W uprawie odmiany Delitop różnica w plonie między tymi wariantami wyniosła aż 11,7% (22,2 dt·ha⁻¹) a w przypadku odmiany Magitop tylko 3,5% (7,5 dt·ha⁻¹). Brak nawożenia P i K okazał się czynnikiem silnie różnicującym plony w uprawie wcześniejszej odmiany, jaką była Delitop (tab. 3). W swoich badaniach FOTYMA (1994) wykazała, że dla kukurydzy uprawianej na kiszonkę optymalna dawka azotu powinna wynosić 140–150 kg·ha⁻¹. Według KRUCZKA (1996) optymalna dawka azotu, wyznaczona z relacji plonu suchej masy do efektywności nawożenia N wynosi 150 kg·ha⁻¹. Optymalne dawki azotu stosowane pod kukurydzę podawane w literaturze przez różnych autorów (BOROWIECKI, 1988; CZERNAWSKA, 1988; GONET i STADEJEK, 1990) wahały się w granicach 90–180 kg N·ha⁻¹. Odmienne oceny reakcji kukurydzy na nawożenie azotem wynikały z różnych kierunków uprawy, stosowania różnych odmian, różnej obsady roślin oraz terminu zbioru limitującego długość okresu wegetacji. BOGUCKA i WSP. (2008) zwracają uwagę na duże zróżnicowanie reakcji różnych odmian kukurydzy na nawożenie N i wskazują, że dla odmiany Junak

Tabela 3. Plon suchej masy roślin kukurydzy w zależności od wariantu nawożenia i odmian (dt·ha⁻¹)

Table 3. Yield of dry matter of maize plants depending on the fertilization variant and varieties (dt·ha⁻¹)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Delitop			Magitop		
	2008	2009	Średnia Mean	2008	2009	Średnia Mean
120 kg N·ha ⁻¹ + PK	209,3	215,3	212,3	220,1	222,9	221,5
160 kg N·ha ⁻¹ + PK	217,8	219,9	218,8	220,9	225,8	223,3
200 kg N·ha ⁻¹ + PK	221,1	223,4	222,3	222,1	227,1	224,6
120 kg N·ha ⁻¹ bez P i K	186,7	193,5	190,1	213,2	214,8	214,0
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	1,893	1,545	x	1,235	1,640	x
Średnia Mean	208,7	213,0	210,8	219,0	222,6	220,8

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Delitop – LSD_{0,05} for years of research variety Delitop = 3,044

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Magitop – LSD_{0,05} for years of research variety Magitop = 3,258

NIR_{0,05} dla odmian – LSD_{0,05} for varieties = 2,354

wystarczające okazało się nawożenie N w dawce $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a odmiana Boruta reagowała wzrostem plonu ziarna do dawki $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W przypadku badań własnych nad stosowaniem azotu, pozytywna reakcja na wzrastające dawki tego składnika stwierdzana była nawet do poziomu $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 3).

Jednym z parametrów oceny wpływu wariantów nawożenia obok plonu świeżej i suchej masy roślin kukurydzy jest masa wytwarzanych kolb. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że wzrastające dawki nawożenia azotem istotnie wpływały na masę kolb wytwarzanych przez rośliny kukurydzy. Jak donoszą SUBEDI i MA (2005), niedobór azotu do fazy drugiego liścia (BBCH 18) ma negatywny wpływ na średnicę kolby, jej długość i potencjalną liczbę ziarniaków kukurydzy. Cechy te wpływają także bezpośrednio na uzyskiwaną masę całych kolb i masę tysiąca ziaren. Największą masę kolb w przypadku obu badanych odmian, rośliny kukurydzy tworzyły w wariantcie nawożenia dawką $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} + \text{PK}$ (tab. 4). Odmiana Delitop, w tym wariantcie nawożenia tworzyła kolby o średniej masie 239,2 g, natomiast Magitop – 315,6 g. W wariantcie z aplikacją $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} + \text{PK}$, rośliny tworzyły kolby o średniej masie 215,6 g ś.m., w przypadku odmiany Delitop oraz 299,3,3 g ś.m. u odmiany Magitop. Stwierdzone różnice w masie kolb między tym wariantem nawożenia azotem a wariantem z aplikacją $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} + \text{PK}$ wyniosły u odmiany Delitop 23,6 g ś.m. a w przypadku Magitop 16,3 g ś.m. Pomimo takiej samej dawki aplikowanego azotu w ilości $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ można było zauważyć, że w wariantcie kontrolnym, pozbawionym nawożenia fosforem i potasem rośliny wytwarzały kolby o mniejszej masie w porównaniu do wariantu z dodatkowym nawożeniem tymi składnikami. Różnica w oznaczonej masie kolb wyniosła u odmiany Delitop tylko 5,1 g ś.m., jednak u odmiany Magitop było to już 25,9 g ś.m. Również warunki pogody miały istotny wpływ na tworzenie większych kolb w drugim roku badań, co było zauważalne u obu odmian. Średnia różnica między pierwszym i drugim rokiem prowadzonych badań w masie wytworzonych kolb wyniosła u odmiany Delitop 7,4 g ś.m. a w przypadku odmiany Magitop – 20,0 g ś.m. Istotne różnice w średniej masie tworzonych kolb odnotowano także między badanymi odmianami kukurydzy. Odmiana Magitop tworzyła kolby o większej masie w porównaniu do Delitop średnio o 76,0 g ś.m. (tab. 4).

Analizując uzyskane wyniki zawarte w tabeli 5, można stwierdzić, że warianty nawożenia azotem miały istotny wpływ na zróżnicowanie struktury suchej masy roślin kukurydzy. Rośliny kukurydzy odmiany Delitop pod wpływem stosowania dawki $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} + \text{PK}$ posiadały najniższy, 30,4% udział łodyg oraz najwyższy udział liści (10,5%). Odmienne ułożenie struktury roślin stwierdzono w wariantcie kontrolnym z aplikacją $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ bez stosowania P i K. Rośliny tej odmiany posiadały w tym wariantcie najwyższy, aż 35% udział ło-

Tabela 4. Masa kolb kukurydzy w zależności od wariantu nawożenia i odmian (g świeżej masy)

Table 4. Mass of maize cobs depending on the fertilization variant and varieties (g fresh matter)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Delitop			Magitop		
	2008	2009	Średnia Mean	2008	2009	Średnia Mean
120 kg N·ha ⁻¹ + PK	212,4	218,9	215,6	290,4	308,3	299,3
160 kg N·ha ⁻¹ + PK	217,6	224,6	221,1	286,7	317,5	302,1
200 kg N·ha ⁻¹ + PK	233,1	245,4	239,2	304,8	326,4	315,6
120 kg N·ha ⁻¹ bez P i K	208,6	212,5	210,5	268,6	278,2	273,4
NIR _{0,05}	17,860	6,073	x	9,456	7,820	x
LSD _{0,05}						
Średnia Mean	217,9	225,3	221,6	287,6	307,6	297,6

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Delitop – LSD_{0,05} for years of research variety Delitop = ns

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Magitop – LSD_{0,05} for years of research variety Magitop = 6,761

NIR_{0,05} dla odmian – LSD_{0,05} for varieties = 9,953

ns – różnice nieistotne – not significant differences

dyg oraz najniższy ze wszystkich udział kolb (56,1%). Wzrost dawki nawożenia azotem modyfikował strukturę roślin kukurydzy, zwiększając udział łodyg. Udział kolb w strukturze wzrastał do dawki 160 kg N·ha⁻¹. W przypadku liści, najmniejszy ich udział (6,9%), stwierdzono w roślinach tej odmiany w wariacie nawożenia dawką 160 kg N·ha⁻¹ + PK. Obserwując reakcję kukurydzy odmiany Magitop, można stwierdzić, że wzrastające dawki nawożenia azotowego wpływały na większy udział łodyg i liści oraz zmniejszanie się udziału kolb w strukturze roślin. W wariacie kontrolnym 120 kg N·ha⁻¹ bez nawożenia P i K, rośliny tej odmiany charakteryzowały się najwyższym ze wszystkich wariantów, prawie 45% udziałem łodyg oraz najniższym udziałem liści i kolb w strukturze suchej masy roślin kukurydzy.

Wzrastające dawki aplikacji azotu istotnie wpływały także na wysokość pędów obu odmian roślin kukurydzy. Na podstawie średniej z dwóch lat badań można zauważyć, że w uprawie odmiany Delitop, różnica w wysokości roślin między wariantem z aplikacją 120 kg N·ha⁻¹ + PK a wariantem z najwyższą dawką azotu, wyniosła prawie 20 cm. Porównując uzyskane różnice między tymi samymi wariantami nawożenia w uprawie późniejszej odmiany Magitop, również odnotowano podobną reakcję, uzyskując efekt zwiększenia wysokości roślin, średnio o 21,7 cm. W doświadczeniu analizowano również wpływ braku nawożenia fosforem i potasem roślin kukurydzy aplikując jedynie azot w dawce

Tabela 5. Struktura suchej masy roślin kukurydzy w zależności od wariantu nawożenia i odmian w latach 2008-2009 (%)

Table 5. Structure of dry matter of maize plants depending on the fertilization variant and varieties in years 2008-2009 (%)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Delitop			Magitop		
	Łodyga Stalk	Liście Leaves	Kolby Cob	Łodyga Stalk	Liście Leaves	Kolby Cob
120 kg N·ha ⁻¹ + PK	30,4	10,5	59,1	40,3	12,2	47,5
160 kg N·ha ⁻¹ + PK	33,6	6,9	59,5	40,8	12,5	46,7
200 kg N·ha ⁻¹ + PK	34,6	9,0	56,4	41,3	13,6	45,1
120 kg N·ha ⁻¹ bez P i K	35,0	8,9	56,1	44,9	9,1	46,0
NIR _{0,05}	2,033	1,976	0,298	2,640	0,313	0,571
LSD _{0,05}						
Średnia Mean	33,4	8,8	57,7	33,5	11,8	46,3

120 kg·ha⁻¹ w porównaniu do wariantu aplikacji 120 kg N·ha⁻¹ + PK. Okazuje się, że pominięcie w nawożeniu kukurydzy fosforu i potasu skutkowało uzyskaniem niższych roślin. W odmianie Delitop średnia różnica między porównywanymi wariantami wyniosła 4,9 cm a w odmianie Magitop 3,8 cm. Analizując wpływ warunków pogodowych panujących w okresie lat badań na cechę wysokości roślin okazało się, że dla odmiany Delitop były one istotne, natomiast już dla odmiany Magitop nie miały one istotnego wpływu. Średnia różnica w wysokości roślin między tymi odmianami wyniosła 23,1 cm. Wzrost wysokości roślin kukurydzy pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem KSIĘŻAK i wsp. (2012) zanotowali tylko w jednym roku prowadzenia badań (2010), natomiast w pozostałych latach miało ono niewielki wpływ na tę cechę.

Na podstawie uzyskanych wyników zawartości suchej masy w ciągu dwóch lat badań można stwierdzić, że w roku 2008 rośliny odmiany Delitop charakteryzowały się większą jej zawartością (33,2%) a różnice między wariantami nawożenia azotem były istotne (tab. 7). W drugim roku badań, średnia zawartość suchej masy w roślinach tej odmiany wyniosła 32,7%, na co wpływ miał korzystniejszy rozkład opadów w okresie wegetacji. W przypadku tej odmiany stwierdzono także istotny wpływ wzrastających dawek azotu na obniżanie zawartości suchej masy w roślinach. W uprawie odmiany Magitop średnia zawartość suchej masy w obu latach badań kształtowała się na podobnym poziomie. Wpływ wariantów nawożenia azotem był istotny tylko w roku 2008, natomiast w kolejnym, odnotowano jedynie niewielki trend obniżania zawartości suchej masy pod wpływem zwiększających się dawek azotu.

Tabela 6. Wysokość roślin kukurydzy w zależności od wariantu nawożenia i odmian (cm)
 Table 6. Height of maize plants depending on the fertilization variant and varieties (cm)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Delitop			Magitop		
	2008	2009	Średnia Mean	2008	2009	Średnia Mean
120 kg N·ha ⁻¹ + PK	219,1	221,5	220,3	237,3	242,5	239,9
160 kg N·ha ⁻¹ + PK	227,3	229,4	228,3	256,7	261,2	258,9
200 kg N·ha ⁻¹ + PK	239,2	241,2	240,2	259,5	263,8	261,6
120 kg N·ha ⁻¹ bez P i K	216,6	214,3	215,4	233,6	238,6	236,1
NIR _{0,05}	2,108	1,686	x	3,541	2,372	x
LSD _{0,05}						
Średnia Mean	225,5	226,6	226,0	246,7	251,5	249,1

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Delitop – LSD_{0,05} for years of research variety Delitop = 1,735

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Magitop – LSD_{0,05} for years of research variety Magitop = ns

NIR_{0,05} dla odmian – LSD_{0,05} for varieties = 2,793

ns – różnice nieistotne – not significant differences

Tabela 7. Zawartość suchej masy roślin kukurydzy w zależności od wariantu nawożenia i odmian (%)

Table 7. Dry matter content of maize plants depending on the fertilization variant and varieties (%)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Delitop			Magitop		
	2008	2009	Średnia Mean	2008	2009	Średnia Mean
120 kg N·ha ⁻¹ + PK	33,5	33,2	33,3	31,7	31,2	31,4
160 kg N·ha ⁻¹ + PK	33,1	32,7	32,9	31,2	31,1	31,1
200 kg N·ha ⁻¹ + PK	32,6	32,3	32,4	30,8	31,0	30,9
120 kg N·ha ⁻¹ bez P i K	33,8	33,6	33,7	31,6	31,3	31,4
NIR _{0,05}	0,673	0,535	x	0,356	ns	x
LSD _{0,05}						
Średnia Mean	33,2	32,7	33,0	31,3	31,1	31,2

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Delitop – LSD_{0,05} for years of research variety Delitop = ns

NIR_{0,05} dla lat badań odmiana Magitop – LSD_{0,05} for years of research variety Magitop = 0,264

NIR_{0,05} dla odmian – LSD_{0,05} for varieties = 0,214

ns – różnice nieistotne – not significant differences

Również w badaniach KSIĘŻAKA i WSP. (2012) zwiększenie poziomu nawożenia kukurydzy azotem w latach powodowało zmniejszenie zawartości suchej masy w roślinach. ADAMCZYK (2001) oraz PODKÓWKA i PODKÓWKA (2004) wskazują, że w polskich warunkach zawartość suchej masy w kiszonce z kukurydzy powinna wynosić od 30 do 35%. Jednocześnie autorzy ci obserwowali mniejszą niż 30% zawartość s.m., która wskazuje na zbyt wczesny zbiór roślin. JOHNSON i WSP. (2002) w swoich badaniach stwierdzają, że dobrą kiszonkę z kukurydzy można uzyskać nawet przy zawartości suchej masy ponad 43%.

4. Wnioski

- Najwyższe plony świeżej i suchej masy w uprawie obu badanych odmian kukurydzy stwierdzono w wariacie nawożenia dawką $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} + \text{PK}$. Odmiana Magitop o liczbie FAO 270 charakteryzująca się typem stay green odznaczała się wyższym plonowaniem oraz tworzyła kolby o większej masie w porównaniu do typowo ziarnowej odmiany Delitop FAO 240.
- Aplikacja azotu w dawce $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} + \text{PK}$, powodowała u obu badanych odmian kukurydzy zwiększenie udziału łodyg oraz zmniejszenie udziału kolb w strukturze roślin. Zwiększanie dawki azotu istotnie różnicowało wysokość roślin obu odmian kukurydzy.
- Wzrost dawek aplikowanego azotu wpływał istotnie na zmniejszanie zawartości suchej masy w roślinach odmiany Delitop. Istotny wpływ wzrastających dawek azotu na tą cechę odnotowano także w przypadku odmiany Magitop w roku 2008, natomiast w kolejnym roku, stwierdzono jedynie niewielki trend obniżania zawartości suchej masy w roślinach.
- Brak nawożenia fosforem i potasem w wariacie kontrolnym z aplikacją tylko $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ skutkowało uzyskaniem najniższych plonów świeżej i suchej masy kukurydzy. Rośliny obu badanych odmian w tym wariacie nawożenia charakteryzowały się także najwyższym udziałem łodyg oraz najniższym udziałem kolb w strukturze masy roślinnej. Stwierdzono także, że rośliny rosnące w wariacie kontrolnym osiągały w porównaniu do pozostałych wariantów najniższą wysokość oraz tworzyły najmniejszą masę kolb.

Literatura

ADAMCZYK J., 2001. Znaczenie doboru odmian w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę. Biuletyn Informacyjny Instytutu Zootechniki, 39(1), 29-35.

- BOGUCA B., SZEMPLIŃSKI W., WRÓBEL E., 2008. Reakcja kukurydzy ziarnowej na nawożenie azotem w warunkach północno-wschodniej Polski. Materiały Konferencji Naukowej „Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo”, UP Poznań, 44-46.
- BOROWIECKI J., 1988. Efektywność nawożenia azotem kukurydzy kiszonkowej w zależności od obsady roślin. Materiały Konferencji Naukowej „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”, IUNG Puławy, 10-15.
- CZERNAWSKA A., 1988. Porównanie plonowania i wartości pokarmowej kukurydzy na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. Materiały Konferencji Naukowej „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”, IUNG Puławy, Cz. II, 25-31.
- DUBAS A., 2003. Szczegółowa uprawa roślin. Tom 1. Praca zbiorowa pod redakcją Zofii Jasińskiej i Andrzeja Koteckiego, Wrocław.
- FOTYMA E., 1988. Reakcja roślin uprawnych na nawożenie azotem. I. Zboża. Pamiętnik Puławski, 93, 37-59.
- FOTYMA E., 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. III. Kukurydza. Fragmenta Agronomica, 11(4), 20-35.
- GONET Z., STADEJEK H., 1990. Wpływ nawożenia azotem i ilości wysiewu na plony kukurydzy uprawianej na zielonkę bezpośrednio do skarmiania. Fragmenta Agronomica, 7(3), 30-43.
- JOHNSON L.M., HARRISON J.H., DAVIDSON D., MAHANNA W.C. SHINERST K., LINDER D., 2002. Corn silage management; Effects of maturity inoculation and mechanical processing on pack density and aerobic stability. Journal of Dairy Science, 85, 434-444.
- KRUCZEK A., 1988. Określenie optymalnych dawek, sposobów i terminów stosowania nawozów azotowych pod kukurydzę uprawianą na ziarno. Materiały Konferencji Naukowej „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”. IUNG Puławy, Cz. II, 19-24.
- KRUCZEK A., 1996. Efektywność nawożenia azotem kukurydzy uprawianej na ziarno w rejonie Wielkopolski. Roczniki Nauk Rolniczych, A, 112(3-4), 50-66.
- KRUCZEK A., 1997. Wpływ nawożenia azotowego na pobieranie azotu przez kukurydzę i zmiany jego zawartości w glebie. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych PTPN., 83, 23-34.
- KRUCZEK A., 2000. Wpływ wielkości dawki azotu i dolistnego dokarmiania kukurydzy azotem i mikroelementami na wybrane wskaźniki efektywności nawożenia. Fragmenta Agronomica, 17(3), 5-17.
- KRUCZEK A., SZULC P., 2000. Wpływ dolistnego stosowania mocznika na pobieranie i wykorzystanie azotu przez kukurydzę. Fragmenta Agronomica, 17(3), 18-29.
- KSIĘŻAK J., MACHUL M., 2007. Ocena plonowania sorga w zależności od sposobu siewu i poziomu nawożenia azotem. Roczniki Naukowe Zootechniki, Supplementum, 23, 103-106.
- KSIĘŻAK J., BOJARSZCZUK J., STANIAK M., 2012. Produkcyjność kukurydzy i sorga w zależności od poziomu nawożenia azotem. Polish Journal of Agronomy, 8, 20-28.
- MACHUL M., BOROWIECKI J., 2000. Wpływ nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu kukurydzy uprawianej na kiszonkę z kolb (CCM). Pamiętnik Puławski, 121, 117-125.
- MAŁECKA I., BLECHARCZYK A., 2005. Efektywność nawożenia azotem w różnych systemach uprawy roli. Fragmenta Agronomica, 22(1), 503-511.
- MICHAŁSKI T., SULEWSKA H., WALIGÓRA H., DUBAS A., 1996. Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A, 112, 1-2, 103-110.

- PODKÓWKA W., PODKÓWKA Z., 2004. Wpływ poziomu suchej masy na zawartość białka ogólnego, NDF i ADF w kiszonce z kukurydzy. *Annals Warsaw Agricultural University, Animal Science, Special Number*, 111-116.
- SOWIŃSKI J., LISZKA-PODKOWA A., 2008. Wielkość i jakość plonu suchej masy kukurydzy (*Zea mays* L.) oraz sorga cukrowego (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) na glebie lekkiej w zależności od dawki azotu. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 7(4), 105-115.
- SUBEDI K., MA B., 2005. Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy maize hybrids. *Crop Science*, 45, 740-747.
- SZMIGIEL A., KOŁODZIEJCZYK M., OLEKSY A., 2006. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na plon ziarna kukurydzy. *Fragmenta Agronomica*, 23(3), 70-79.

The effect of using different doses of nitrogen on the morphological properties of maize grown for silage

W. ZIELEWICZ¹, D. SWĘDRZYŃSKA², A. SWĘDRZYŃSKI¹

¹*Department of Grassland and Natural Landscape Sciences*, ²*Department of General and Environmental Microbiology, Poznan University of Life Sciences*

Summary

Field trials were conducted in years 2008-2009. The plant research material came from field crops of maize, of a production nature, located in the Agricultural Experimental Farm Brody, belonging to Poznań University of Life Sciences (52°43 'N, 16°30' E). The aim of the study was to determine the effect of applying differentiated doses of nitrogen on morphological properties and yielding of maize of the Delitop and Magitop cultivars grown for silage. The two-factor experiment in the system of randomized blocks in three replications formed four fertilization variants: 1/ 120 kg N·ha⁻¹ + PK, 2/ 160 kg N·ha⁻¹ + PK, 3/ 200 kg N·ha⁻¹ + PK and 4/ 120 kg N·ha⁻¹ without fertilization P and K (control). The second factor was the maize varieties: Delitop FAO 240 and Magitop FAO 270. The highest yields of fresh and dry matter in the cultivation of both maize varieties studied were found in the variant fertilization with a dose of 200 kg N·ha⁻¹ + PK. Variety Magitop FAO 270 (stay green type), was characterized by higher yielding and formed cobs with a larger weight compared to the typical grain variety Delitop FAO 240. Application of nitrogen in a dose of 200 kg N·ha⁻¹ + PK, resulted in both maize varieties increased share of stalks and reduction of the share of cobs in the plant structure. Increasing the nitrogen dose also significantly influenced the plant height of both maize varieties. The increase in nitrogen application rates significantly influenced the reduction of dry matter content in Delitop varieties plants. The significant impact of increasing nitrogen doses on this feature was also noted in the case of the Magitop variety in 2008, while in the following year, only a slight trend of reducing the dry matter content was noted. The lack of fertilization with phosphorus and potassium in the control variant with the application of only 120 kg N·ha⁻¹ resulted in achieving the lowest yields of fresh and dry matter. Plants of both maize varieties in this fertilization variant were also characterized by the highest share of stems and the lowest share of cobs in the plant mass structure. It was also found that plants

growing in the control variant achieved the lowest height compared to the remaining variants and formed the smallest mass of cobs.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr inż. Waldemar Zielewicz

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań

tel. 61 848 74 16, fax. 61 848 76 12

e-mail: waldemar.zielewicz@up.poznan.pl