

MAŁGORZATA GOŁĘBIEWSKA¹

EDWARD WRÓBEL²

¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Radzików, Oddział w Młochowie

² Katedra Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Nawożenie azotem a plon i jakość roślin kukurydzy z przeznaczeniem na zakiszenie

Effect of nitrogen fertilization on yield and quality of whole maize plants for silage

W pracy przedstawiono wyniki trzyletnich badań przeprowadzonych w latach 2003–2005 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach. Badania dotyczyły wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem: 0 (kontrola), 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 kg N·ha⁻¹ na plonowanie dwóch odmian kukurydzy: Junak (FAO 210-220) i Boruta (FAO 230-240) uprawianych z przeznaczeniem na kiszonkę z całych roślin. Wykazano, że plon surowca kiszonkarskiego był determinowany warunkami pogodowymi w poszczególnych latach badań. W warunkach Polski północno-wschodniej badane odmiany Junak i Boruta, plonowały na wysokim i bardzo zbliżonym poziomie, dając plon suchej masy roślin odpowiednio 171,9 dt·ha⁻¹ i 170,0 dt·ha⁻¹. Dawka 150 kg N·ha⁻¹ w uprawie kukurydzy kiszonkowej okazała się najbardziej plonotwórcza i jednocześnie uzyskany plon charakteryzował się korzystnym udziałem kolb. Systematyczny wzrost plonu białka następował do dawki 240 kg N·ha⁻¹, a plon energii brutto do dawki 150 kg N·ha⁻¹. Zwiększenie nawożenia azotem do 270 N·ha⁻¹ powodowało przyrost zawartości białka ogółem w roślinach. Wzrost nawożenia azotem zdecydowanie obniżał zawartość tłuszczu i włókna surowego w surowcu kiszonkarskim, wpływ dawki był zmienny.

Słowa kluczowe: białko ogółem, kukurydza, nawożenie azotem, odmiana, plon świeżej masy, plon suchej masy, plon energii brutto,

The results are presented of the 3-years field trials conducted in 2003-2005 in the Production - Experimental Station in Bałcyny. The research aimed at evaluation of the effects of different doses of nitrogen fertilization: 0 (the control), 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 kg N·ha⁻¹ on yields of two maize cultivars: Junak (FAO 210-220) and Boruta (FAO 230-240) grown for silage. The yield of silage raw material was determined by weather conditions in the years of study. In the conditions of North-East Poland dry matter yields of the cultivars Junak and Boruta were similar and relatively high: 171,9 dt·ha⁻¹ and 170,0 dt·ha⁻¹, respectively. The dose of 150 N kg·ha⁻¹ in cultivation of the silage maize caused the highest yield increase characterized also by a favourable participation of cobs. A gradual increase of protein yield was observed up to the N dose 240kg ha⁻¹, and the yield of brutto energy grew up to the N dose 150 kg·ha⁻¹. The increase of nitrogen fertilization to 270·ha⁻¹ caused an increase of total protein content. The increased nitrogen fertilization reduced the content of fat and raw fibre in silage material, however the effect of N dose was variable.

Key words: brutto energy, cultivar, dry matter, green matter, nitrogen fertilization, maize yield, total protein

WSTĘP

Kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.) należy do najcenniejszych i najbardziej wydajnych roślin pastewnych uprawianych na świecie, w tym również i w Polsce (Dubas i Michalski, 2002). Jest surowcem wykorzystywanym do produkcji pasz objętościowych, które stanowią podstawowe źródło składników pokarmowych w zimie, a także coraz częściej w całorocznym żywieniu zwierząt przeżuujących (Bodarski i in., 2005). Wiodącą paszą całorocznego zestawu pokarmowego jest zazwyczaj kiszonka z całych roślin kukurydzy. Jednym z istotnych warunków uprawy kukurydzy na kiszonkę z całych roślin jest właściwy dobór odmian. Podstawowymi kryteriami doboru odmian do użytkowania kiszonkowego są ich wczesność i poziom plonowania, które wpływają na ogólny plon suchej masy oraz zawartość składników pokarmowych (Sulewska, 1997, Dubas i Michalski, 2002). W warunkach klimatycznych Polski mieszańce przeznaczone na kiszonkę z całych roślin powinny być na tyle wczesne, aby ich ziarno osiągało w sezonie wegetacyjnym dojrzałość przynajmniej woskową. Należy jednak pamiętać, iż właściwości genetyczne mieszańca nie dają 100% gwarancji sukcesu procesu produkcyjnego, który jest kształtowany w dużym stopniu nawożeniem mineralnym. Elementarnym celem nawożenia jest zapewnienie roślinom odpowiedniej ilości składników pokarmowych dla wytworzenia plonu bez pogorszenia jego jakości. Spośród składników nawozowych za najbardziej plonotwórczy uznawany jest azot. Nawożenie azotem kukurydzy powinno być ściśle dopasowane do jej wymagań zarówno pod względem wielkości dawki, formy nawozu azotowego, terminu i sposobu aplikacji (Lipski, 2000).

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu rosnących dawek azotu na plonowanie oraz wartość pokarmową dwóch odmian mieszańcowych kukurydzy z przeznaczeniem na kiszonkę z całych roślin, uprawianych w warunkach Polski północno-wschodniej.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe wykonano w Zakładzie Produkcyjno Doświadczalnym w Bałczynach k. Ostródy w latach 2003–2005, a materiałem badawczym była kukurydza (*Zea mays* L.). Doświadczenia prowadzono w układzie „split-plot” z 2 czynnikami, w 4 powtórzeniach. Czynnikiem 1. rzędu były dwie mieszańcowe odmiany kukurydzy różniące się wczesnością dojrzewania (FAO): wczesna — Junak (FAO 210–220) i średnio wczesna — Boruta (FAO 230–240); czynnikiem 2- rzędu było 9 dawek azotu, które zwiększano co 30 kg N·ha⁻¹ (od 30 do 270 kg N·ha⁻¹) na tle kontroli (bez nawożenia azotem). Azot (w formie mocznika 46%) w dawkach od 30 do 120 kg·ha⁻¹ aplikowano przedsięwzię, natomiast dawki wyższe — od 150 do 270 kg·ha⁻¹ — stosowano w dwóch terminach — 120 kg przedsięwzię, a resztę pogłównie w stadium 6 liści (skala BBCH — 16). Nawożenie P i K wykonano przedsięwzię w dawkach: 52,4 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego (46% P₂O₅) i 149,5 kg K·ha⁻¹ w formie soli potasowej (60% K₂O). Gęstość wysiewu ustalono w oparciu o parametry jakościowe materiału siewnego, przyjmując obsadę 12 roślin·m⁻² po wschodach. Kukurydzę pielęgnowano chemicznie; przed zwarciem rzędów wykonano

oprysk herbicydem Atrasan 500 SC (atrazyna — 500 g/dm³) w ilości 2 dm³/ha. Zbiór roślin na kiszonkę przeprowadzono w fazie dojrzałości woskowej ziarna. W monecie osiągnięcia przez rośliny dojrzałości technologicznej na próbie 10 roślin, pobranej losowo z każdego poletka, określono wysokość roślin, liczbę kolb na roślinie, udział kolb, liści i łodyg w świeżej masie roślin. Następnie rośliny wysuszono do absolutnie suchej masy w celu ustalenia procentowej zawartości suchej masy w całej roślinie oraz jej organach. Obliczono plon suchej masy roślin.

Do badań laboratoryjnych jakości surowca kiszonkarskiego pobrano 100 gramową reprezentatywną próbę, pochodzącą z materiału zsypanego z 4 powtórzeń z dwóch pierwszych sezonów wegetacyjnych (lata 2003 i 2004).

Ocenę jakościową plonu przeprowadzono następującymi metodami:

- dla obliczenia zawartości białka i plonu białka określono zawartość azotu (metoda wg PN-EN ISO 5983-1:2006), mnożąc określoną po hydrolizie, destylacji i miareczkowaniu zawartość azotu ogólnego przez współczynnik 6,25,
- tłuszcz surowy metodą Soxhleta, poprzez ekstrakcję tłuszczu z wysuszonego i rozdrobnionego materiału,
- włókno surowe metodą Hannenberga-Stohmanna,
- popiół surowy, metodą standardową,
- związki bezazotowe wyciągowe, przez odjęcie od 100% zawartości związków oznaczonych metodami laboratoryjnymi,
- wartość energetyczną (koncentrację energii) oznaczono w kalorymetrze KL 6, poprzez spalanie próbek w tlenie w bombie kalorymetrycznej.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji, a różnice graniczne oszacowano za pomocą testu T-Duncana dla błędu $\alpha = 5\%$.

Doświadczenie prowadzono na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny lekkiej klasy bonitacyjnej IIIa, należącej do 2. kompleksu przydatności rolniczej. Zasobność gleby w składniki pokarmowe i jej kwasowość przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Warunki glebowe w Balcynach w latach 2003–2005
Soil conditions at Balcyny in 2003–2005

Lata Years	Zawartość składników w warstwie ornej — Content of components in arable layer					pH w KCl pH in KCl
	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg	
mg·kg ⁻¹ gleby — mg·kg ⁻¹ of soil						
2003	17,0	31,0	78,0	145,0	94,0	6,4
2004	13,0	26,0	70,0	146,0	85,0	6,6
2005	16,0	32,0	74,0	154,0	78,0	6,5

Warunki termiczne w latach prowadzenia badań były sprzyjające dla wzrostu i rozwoju kukurydzy (tab. 2). Natomiast korzystne warunki wilgotnościowe w początkowym okresie wegetacji roślin wystąpiły jedynie w 2004 roku. W pozostałych latach, miesięczny rozkład sum opadów w okresie wegetacji kukurydzy znacznie odbiegał od sum zanotowanych w wieloleciu, a okresy suszy wystąpiły w czerwcu 2005 roku oraz w sierpniu i wrześniu (2003 i 2005).

Tabela 2

Charakterystyka warunków pogodowych w okresie wegetacji w latach 2003–2005 i średnie z wielolecia 1961–2000**Characteristics of climatic conditions of the vegetation periods 2003–2005 and long term means from the period of 1961–2000**

Wyszczególnienie Specification	Rok Year	Miesiące — Months							
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Średnia dobowa temperatura (°C) Mean daily temperature (°C)	2003	6,1	14,2	16,5	18,9	17,3	13,7	4,8	
	2004	8,9	11,8	15,3	17,0	19,2	14,2	10,5	
	2005	8,2	11,6	14,2	19,7	16,9	18,1	10,5	
Wielolecie 1961–2000 Period of 1961–2000		7,0	12,5	15,8	17,2	16,8	12,6	8,1	
Suma opadów (mm) Rainfall sum (mm)	2003	23,6	78,6	60,7	118,2	34,9	19,1	66,1	
	2004	51,5	87,1	90,6	78,8	89,3	41,9	77,6	
	2005	22,0	68,2	35,4	83,9	39,6	17,9	19,3	
Wielolecie 1961–2000 Period of 1961–2000		35,4	57,6	69,5	81,6	75,2	59,0	53,5	

WYNIKI I DYSKUSJA

Wysokość roślin była zależna od układu czynników pogodowych w poszczególnych latach. W 2004 i 2005 roku wartość zbonitowanej cechy wynosiła odpowiednio 191,2 cm i 206,2 cm i mieściła się w jednym przedziale istotności (NIR $\alpha = 0,05$: lata — 16,5).

Tabela 3

Wpływ nawożenia azotem na wysokość roślin i liczbę kolb na 10 roślinach odmian kukurydzy w latach 2003–2005**Effect of nitrogen fertilization on plant height and number of cobs on 10 plants of the maize cultivars in 2003–2005**

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia azotem (kg N·ha ⁻¹) — Nitrogen fertilization level, kg N·ha ⁻¹									Średnia Mean	
	0	30	60	90	120	150	180	210	240		270
Wysokość roślin — Plant height, cm											
Junak	202,9	215,5	220,3	227,2	234,6	233,8	245,0	246,0	248,5	245,1	231,9
Boruta	196,5	205,4	212,9	218,7	220,3	229,1	232,8	235,4	236,1	236,1	222,3
\bar{x}	199,7	210,4	216,6	222,9	227,4	231,4	238,9	240,7	242,3	240,6	—

NIR_{0,05}—LSD_{0,05} dla — for:

odmiany — cultivar — 5,3

nawożenia azotem — nitrogen fertilization — 6,6

odmiany × nawożenia azotem — cultivar × nitrogen fertilization — różnice nieistotne — non-significant differences

Liczba kolb na 10 roślinach — Number of cobs on 10 plants											
Junak	9,3	9,3	9,8	9,8	9,8	10,1	9,8	9,8	10,2	10,1	9,8
Boruta	9,3	9,4	9,3	9,8	9,8	9,6	10,1	10,4	10,2	9,8	9,7
\bar{x}	9,3	9,3	9,5	9,8	9,8	9,8	9,9	10,1	10,2	9,9	—

NIR_{0,05}—LSD_{0,05} dla — for:

odmiany — cultivar — różnice nieistotne — non-significant differences

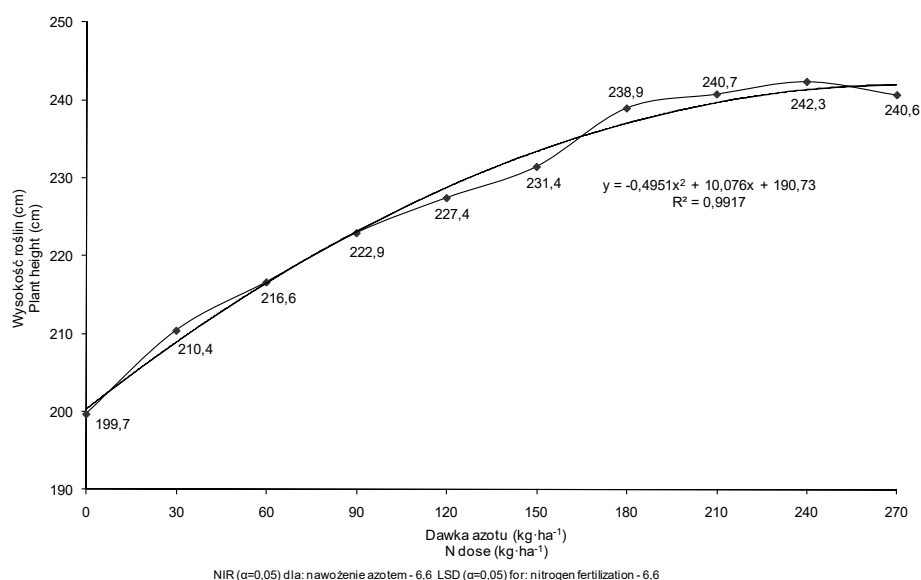
nawożenia azotem — nitrogen fertilization — 0,5

odmiany × nawożenia azotem — cultivar × nitrogen fertilization — różnice nieistotne — non-significant differences

W 2003 roku, rośliny były wyższe. Badane odmiany kukurydzy różniły się wysokością, a różnica była statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$. Średnio za trzy lata, dłuższą (o

9,6 cm) łodygę wykształciły rośliny wczesnej odmiany Junak, w porównaniu do średnio wczesnego mieszańca Boruta (tab. 3).

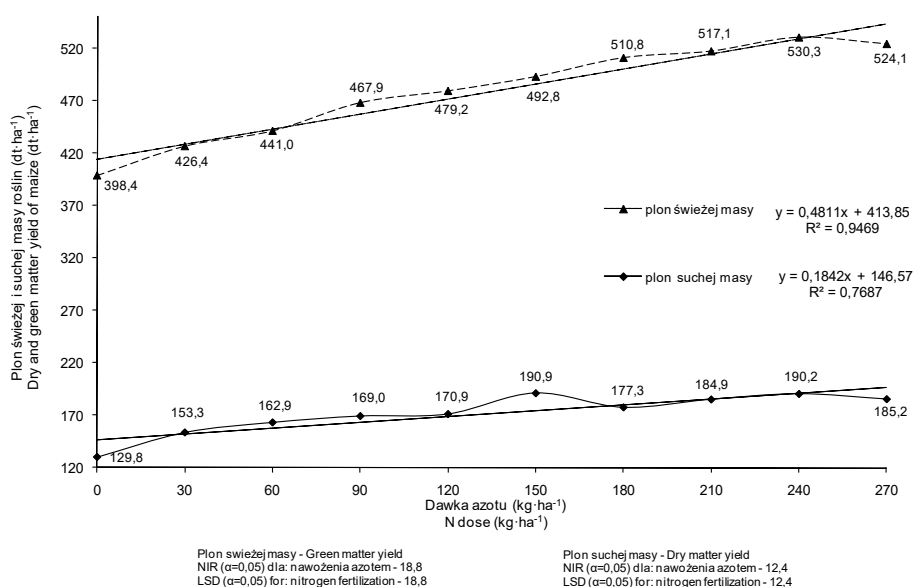
Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w charakterystyce odmian COBORU (Lista Opisowa Odmian, 2002). Azot istotnie stymulował wydłużanie łodyg, powodując wzrost wysokości roślin w stosunku do kontroli. Silniejszy przyrost występował w niższym zakresie dawek, a od 180 do 240 kg N·ha⁻¹ różnice były bardzo niewielkie. Wzrost poziomu nawożenia do 270 kg N·ha⁻¹ spowodował nieistotne skrócenie łodyg.



Rys. 1. Wpływ nawożenia azotem na wysokość roślin (cm)
Fig. 1. Effect of nitrogen fertilization on plant height (cm)

Liczba kolb na 10 roślinach badanych form mieszańcowych kukurydzy nie była różnicowana przez czynnik odmianowy i była statystycznie podobna (tab. 3). Istotny wpływ na tę cechę wywarło nawożenie azotem. Każda aplikowana dawka N, za wyjątkiem 30 kg N·ha⁻¹ na której otrzymano taką samą liczbę kolb jak z obiektu bez azotu (średnio 9,3 szt.), powodowała wzrost ich liczby. Wyliczona analiza wariancji wskazuje na istotny przyrost liczby kolb na roślinie dopiero po zastosowaniu azotu w ilości 90 kg·ha⁻¹, dalsze nawożenie w zakresie dawek 120–270 kg N·ha⁻¹ wpłynęło na zwiększanie liczby kolb na roślinie, ale analizowane średnie mieściły się w jednym przedziale istotności (NIR $\alpha = 0,05$: nawożenie azotem — 0,5). Najwięcej kolb na 10 roślinach zawiązała kukurydza nawożona 240 kg N·ha⁻¹ (średnio 10,2 kolby). W badaniach własnych nie wykazano wpływu współdziałania nawożenia N i lat na obie badane cechy morfologiczne odmian kukurydzy, co pozwoliło na prezentację i analizę średnich trzyletnich.

Jednym z ważniejszych kryteriów oceny przydatności kukurydzy do uprawy na kiszonkę z całych roślin jest plon świeżej i suchej masy, który był istotnie różny w latach. Najwyższy plon świeżej i suchej masy uzyskano w roku 2003 (odpowiednio 543,6 i 202,9 dt z ha). W drugim roku badań (2004) plon zielonej masy kukurydzy przewyższał o 2,4% plon uzyskany w roku 2005 (441,0 dt z ha), jednak sytuacja diametralnie zmieniła się w przypadku plonu suchej masy roślin (odpowiednio 124,4 i 187,0 dt z ha), co mogło być powodowane wyższą sumą opadów i niższymi średnio dobowymi temperaturami w początkowym okresie wegetacji roślin w roku 2004, przez co akumulowały one znacznie więcej wody. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotnie różne możliwości plonotwórcze dwóch odmian kukurydzy. Chociaż plon świeżej masy odm. Boruta o 22 dt·ha⁻¹ przewyższał plon odm. Junak (467,8 dt·ha⁻¹), to plon suchej masy odm. Junak był wyższy o 0,9 dt·ha⁻¹ niż Boruta (171,0 dt·ha⁻¹). Uzyskane wyniki potwierdzają opinię Dubasa (1995) i Sulewskiej (1997), w badaniach których niższe plony otrzymano z uprawy mieszańców wczesnych. Biorąc pod uwagę średnie obiektywne dla nawożenia regularny wzrost plonu świeżej masy kukurydzy notowano aż do dawki 240 kg N·ha⁻¹, plonu suchej masy do 150 kg N·ha⁻¹ (rys. 2) i na tych dawkach azotu osiągnięto maksimum (530,3 dt·ha⁻¹ świeżej i 190,9 dt·ha⁻¹ suchej masy).

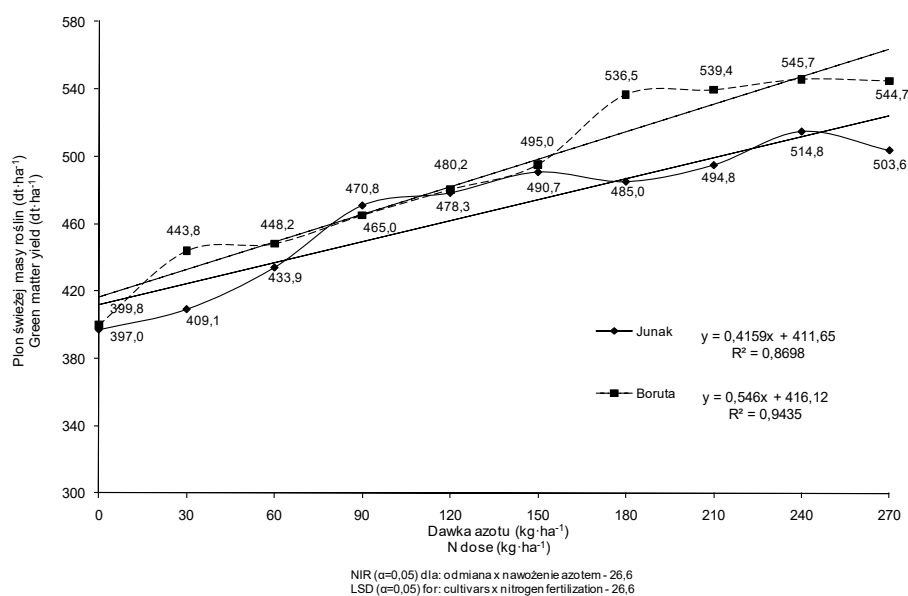


Rys. 2. Wpływ nawożenia azotem na plon świeżej i suchej masy roślin kukurydzy (dt·ha⁻¹)
 Fig. 2. Effect of nitrogen fertilization on green and dry matter yield of maize (dt·ha⁻¹)

Najwyższy przyrost plonu świeżej i suchej masy wystąpił po zastosowaniu N w ilości 30 kg·ha⁻¹. Różnica była istotna, co w wolumenie plonu stanowiło odpowiednio 28,0 i 23,5 dt z ha. Każde następne zwiększenie dawki o 30 kg N·ha⁻¹ nie dawało już tak wysokich przyrostów plonu zielonej i suchej masy kukurydzy, a istotnie większą wydajność, w

porównaniu do plonów otrzymanych z obiektów nawożonych 30 kg N, uzyskano dopiero po zastosowaniu azotu w ilości od 90 do 270 kg·ha⁻¹. Borowiecki (1987) oraz Sulewska (1997) za optymalny poziom nawożenia uznali 120 kg N·ha⁻¹, a Czerniawska (1988) podaje, że gwarancją uzyskanie dużego plonu masy kiszonkowej jest nawożenie na poziomie 160 kg N·ha⁻¹. Według Fotymy (1994) optymalna dawka azotu pod kukurydzę uprawianą na kiszonkę wynosi 150 kg N·ha⁻¹, a odpowiadający jej plon — 130,0 dt·ha⁻¹. Natomiast Machul i Borowiecki (2000) najwyższy plon suchej masy roślin uzyskali nawożąc kukurydzę 60 kg N·ha⁻¹ (114,3 dt·ha⁻¹). Dawka wyższa (150 kg N·ha⁻¹) okazała się mniej produktywna, a plon kształtował się na poziomie 112,6 dt·ha⁻¹.

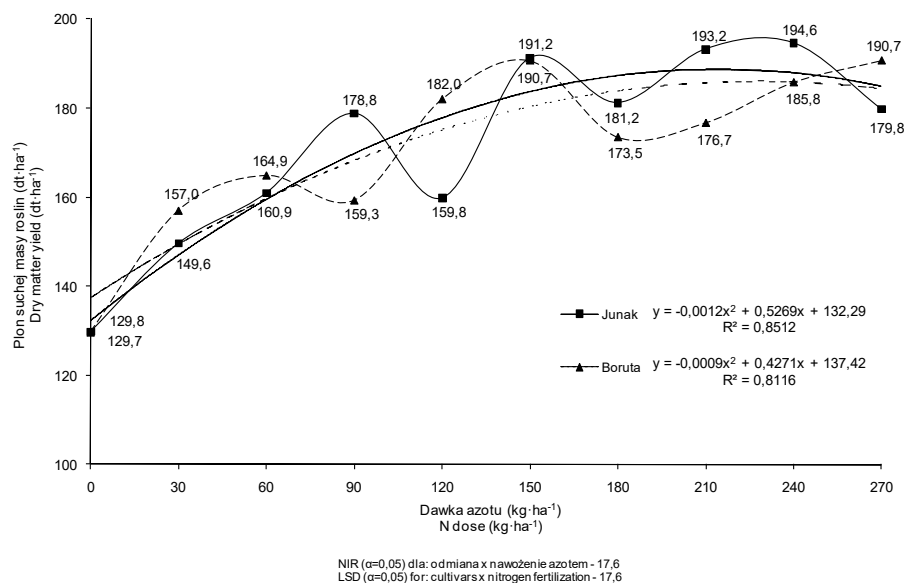
Reakcja badanych odmian na nawożenie azotem nie była jednakowa. Boruta już na najniższą dawkę N zareagowała istotnym zwiększeniem plonu zielonej i suchej masy; odmiana Junak dopiero po zastosowaniu 60 kg N·ha⁻¹ dała istotnie wyższy plon suchej masy niż rośliny z obiektu bez azotu (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Wpływ nawożenia azotem na plon świeżej masy roślin odmian kukurydzy (dt·ha⁻¹)
Fig. 3. Effect of nitrogen fertilization on green matter yield of the maize cultivars (dt·ha⁻¹)

W odniesieniu do plonu świeżej masy roślin, plonotwórcze działanie N w przypadku odmiany Boruta obserwowano do poziomu 240 kg·ha⁻¹, odm. Junak również korzystnie reagowała na azot do dawki 240 kg·ha⁻¹, ale wzrost plonu nie był jednak tak systematyczny. Potwierdzają to proste regresji (rys. 3). Na podstawie otrzymanych zależności plonu od dawki N można stwierdzić, że odmiana Boruta silniej reagowała na nawożenie azotem niż Junak. Świadczą o tym współczynniki nachylenia krzywych i kwadraty współczynników korelacji. Według wyliczonych zależności każdy kilogram azotu zastosowany w uprawie odm. Boruta dawał przyrost plonu zielonej masy w ilości 0,6 dt·ha⁻¹. W przypadku odm.

Junak wartość ta ukształtowała się na niższym poziomie — 0,4 dt·ha⁻¹. Najwięcej suchej masy odmiana Junak wytworzyła po zastosowaniu 240 kg N·ha⁻¹, Boruta porównywalny plon osiągnęła po nawożeniu 150 kg N·ha⁻¹ (rys. 4). Tyle samo suchej masy z uprawy odmiany Boruta zebrano z obiektów nawożonych 270 kg N·ha⁻¹. Warto jednak podkreślić, że dawki pośrednie (180, 210, i 240 kg N·ha⁻¹) okazały się mniej korzystne niż 150 i 270 kg N·ha⁻¹. Szczególnie silny regres odnotowano po zastosowaniu 180 kg N·ha⁻¹. Ze względu na plon suchej masy roślin, zalecaną dawkę azotu pod obydwie odmiany można by kształtować na zbliżonym poziomie — ok. 150 kg N·ha⁻¹.



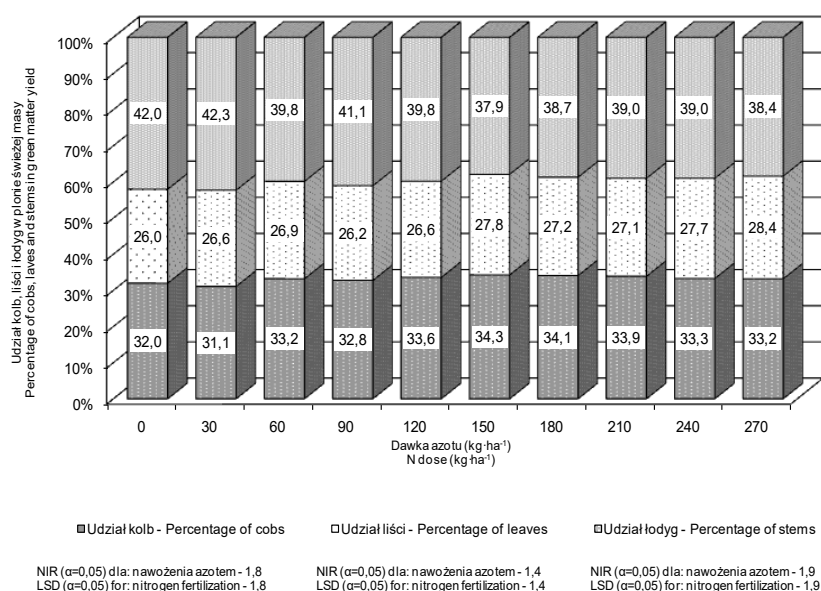
Rys. 4. Wpływ nawożenia azotem na plon suchej masy roślin odmian kukurydzy (dt·ha⁻¹)
Fig. 4. Effect of nitrogen fertilization on dry matter yield of the maize cultivars (dt·ha⁻¹)

Warunkiem uzyskania dobrej jakości surowca kiszonkarskiego jest odpowiednia struktura roślin, a więc udział kolb, liści i łodyg w plonie roślin. Najwyższym (36,6%) udziałem kolb w świeżej masie plonu charakteryzowały się rośliny w roku 2005, istotnie niższym w 2003 i 2004 (odpowiednio 31,5 i 31,4%). Odwrotnie kształtował się udział świeżej masy liści w plonie roślin, najmniej odnotowano w pierwszym roku badań (24,5%), więcej o 4,2% w drugim i o 3,4% w trzecim. Natomiast udział świeżej masy łodyg w plonie roślin był najniższy w ostatnim roku badań (35,5%), istotnie wyższy w pierwszych dwóch sezonach wegetacyjnych (44,0% — 2003 rok i 39,9% — 2004). Podobnie jak w przypadku świeżej masy, również w plonie suchej masy udział kolb, liści i łodyg zmieniał się istotnie w zależności od roku badań. Najwyższy udział suchej masy kolb w plonie uzyskano w 2005 roku — 55,3%, nieco niższy w 2003 (52,6%), a istotnie najniższy w 2004 (49,1%), w którym otrzymano największy udział liści w porównaniu do kukurydzy zbieranej w pierwszym i drugim roku badań. W pierwszych dwóch latach (2003 i 2004) łodygi w suchej

masie plonu stanowiły ten sam odsetek (25,7%). Istotnie niżej wartość ta ukształtowała się w roku 2005 (21,0%).

Betrin (1995) oraz Daccord i wsp. (1996) sugerują, że dobra kiszzonka z kukurydzy powinna zawierać 40–45% ziarna w suchej masie, jednak nie więcej niż 55%. Odmiany wykazują pewne różnice pod względem udziału kolb w plonie ogólnym suchej masy oraz zawartością suchej masy w kolbach i całych roślinach (Machul i Małysiak, 1993). Średnio w czasie trzyletnich badań odmiana Junak dała o 2,5% większy udział kolb w świeżej masie plonu niż Boruta (31,9%). W przypadku łodyg odnotowano odwrotną zależność. U odmiany Boruta stwierdzono o 2,0% większy udział łodyg niż u Junaka (40,8%). Testowane mieszańce nie różniły się istotnie udziałem liści w plonie roślin, zauważono jedynie nieznacznie większe ulistnienie Boruty. W trzyletnich badaniach własnych cechy osobnicze testowanych odmian kukurydzy istotnie wpłynęły jedynie na udział liści w plonie suchej masy roślin. Odwrotnie niż w przypadku świeżej masy, w plonie suchej masy odmiany Junak liście stanowiły istotnie większy odsetek (24,5%) niż w odmianie Boruta (22,6%), która z kolei charakteryzowała się wyższym o 1,3% udziałem suchej masy kolb (53,0%) i o 0,6% wyższym udziałem łodyg (24,4%).

Badane dawki azotu istotnie zmieniały udział kolb, liści i łodyg w plonie świeżej masy roślin (rys. 5).

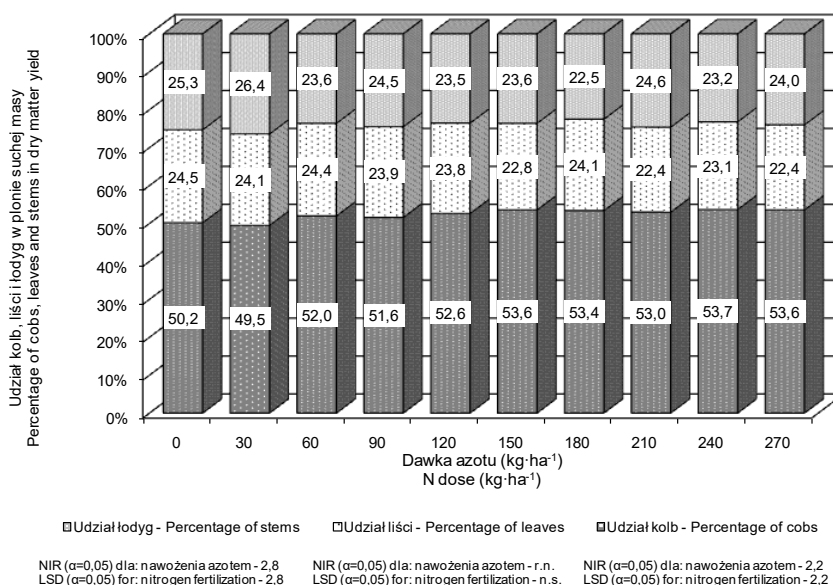


Rys. 5. Wpływ nawożenia azotem na udział kolb, liści i łodyg w plonie świeżej masy kukurydzy
Fig. 5. Effect of nitrogen fertilization on the percentage of cobs, leaves and stems in green matter of yield

Najniższa dawka N spowodowała zmniejszenie udziału kolb w plonie z jednoczesnym zwiększeniem udziału łodyg i liści. Można przypuszczać, że 30 kg N·ha⁻¹ zastosowane

przed siewem ziaren wystarczyło na bardziej wydatny wzrost wegetatywny, który w rezultacie doprowadził do zmniejszonego udziału kolb w plonie świeżej masy roślin. Dawki N od 60 do 90 kg·ha⁻¹ działały już korzystniej, jednak najlepszy efekt dawało nawożenie azotem od 150 do 210 kg·ha⁻¹. Na wszystkich obiektach nawozowych odnotowano wyższy udział liści w plonie roślin w stosunku do kontroli (bez azotu). Dawki azotu od 150 do 270 kg N·ha⁻¹ sprzyjały większemu ulistnieniu kukurydzy, niż mniejsze stosowane w badaniach. Odwrotnie niż w przypadku liści, udział łodyg w plonie świeżej masy zdecydowanie obniżał się po zastosowaniu azotu w ilości powyżej 150 kg·ha⁻¹.

Azot okazał się składnikiem silnie kształującym również udział suchej masy kolb i łodyg w plonie roślin (rys. 6).



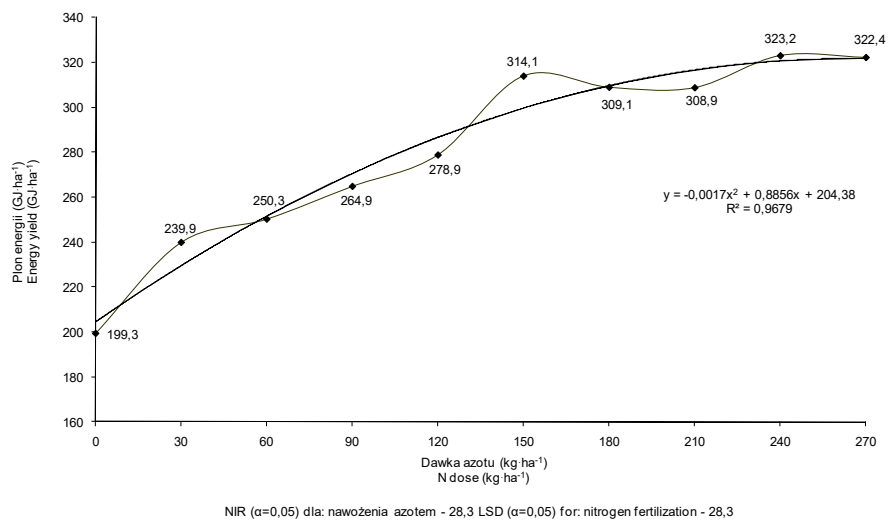
Rys. 6. Wpływ nawożenia azotem na udział kolb, liści i łodyg w plonie suchej masy kukurydzy
Fig. 6. Effect of nitrogen fertilization on the percentage of cobs, leaves and stems in dry matter of yield

Wzrost poziomu nawożenia z reguły wywierał pozytywny wpływ na masę kolb w plonie roślin, przy czym najniższa dawka N doprowadziła do nieistotnego regresu omawianego komponentu struktury plonu. Na istotne zwiększenie udziału kolb w suchej masie plonu pozwoliło nawożenie dopiero na poziomie 120 kg N·ha⁻¹, gdy w badaniach Machuła i Borowieckiego (2000) już nawożenie 90 kg N·ha⁻¹ powodowało ten efekt. Jeszcze korzystniejsze działanie zaobserwowano w zakresie dawek od 120 do 270 kg N·ha⁻¹, co jest potwierdzeniem wcześniejszych badań Borowieckiego i Kotera (1983). Odwrotny skutek działania azotu zaobserwowano w przypadku łodyg, których masa w stosunku do kolb, choć nie systematycznie, zmniejszała się w miarę zwiększania dawek azotu. Jednak 30 kg N·ha⁻¹ okazało się sprzyjające większemu nagromadzeniu suchej masy w łodygach (26,4%), co było efektem największego udziału łodyg w suchej masie plonu w porównaniu

do kukurydzy z pozostałych obiektów nawozowych. Prawie wszystkie kolejne dawki N, za wyjątkiem 90 i 210 kg·ha⁻¹, kształtowały omawiany składnik na istotnie niższym poziomie. W porównaniu do kontroli, jedynie dawka 180 kg N·ha⁻¹ istotnie zmniejszała udział łądy w suchej masie plonu. Udział suchej masy liści w plonie kukurydzy nie zależał od dawki azotu.

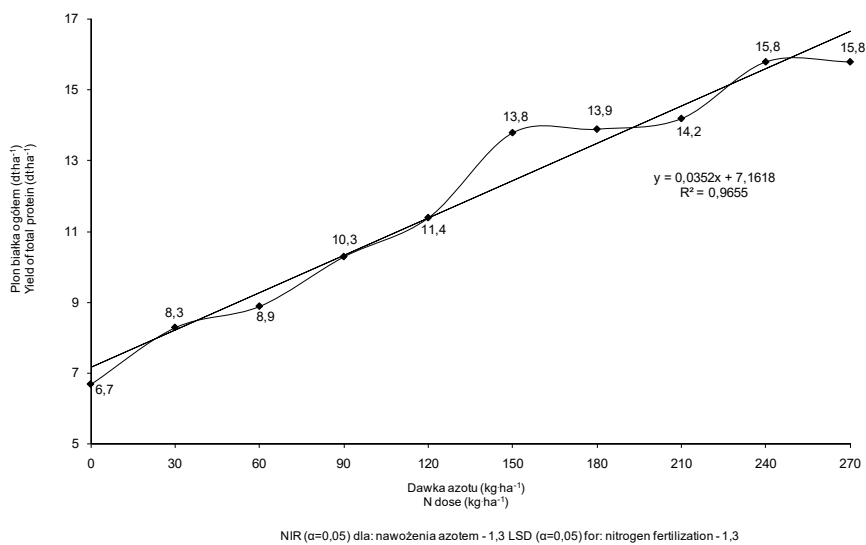
Kukurydza po odpowiednim pocięciu i zakiszeniu jest doskonałą paszą dla zwierząt przeżuwających. Jakość kiszonek, według Mullera (1997), powinna określać przede wszystkim koncentracja energii obliczona w stosunku do suchej masy całych roślin. W przeprowadzonych badaniach własnych, średnia wydajność energii brutto odmian w pierwszym roku badań (2003) wynosiła 348,9 GJ·ha⁻¹, a w następnym była aż o 135,5 GJ·ha⁻¹ niższa. Również średni plon białka analizowanych odmian był istotnie wyższy w pierwszym roku (14,1 dt·ha⁻¹), różnica w stosunku do roku 2004 sięgała 30,5%. Podkówka i wsp. (1998) twierdzą, że wczesność odmian nie ma wpływu na skład chemiczny surowca do zakiszania, natomiast Ackermann, Beyer (1983), Binderova (1986), Bojanowski (1979), Michalski (1980) wykazali większą wydajność energii brutto odmian późniejszych niż odmian wczesnych. Mimo zróżnicowania w strukturze plonu, porównywane w badaniach Dubasa i wsp. (1993) formy mieszańcowe reprezentowały podobną wartość pastewną wyrażoną energią brutto przypadającą na 1 kg suchej masy plonu. Analogiczne wyniki uzyskano w doświadczeniach własnych. Plon energii nie był istotnie zależny od odmiany. Badania wykazały, że nieznacznie większy plon energii brutto wydała odmiana Junak w pierwszym roku (350,4 dt·ha⁻¹). W 2004 roku odm. Junak osiągnęła niższy plon niż odm. Boruta aż o ok. 35%. W efekcie średnia wydajność energii brutto formy mieszańcowej Boruta była nieco wyższa (o 4 GJ·ha⁻¹) w porównaniu do odm. Junak (279,1 GJ·ha⁻¹). Natomiast czynnik odmianowy nie różnicował statystycznie istotnie plonu białka ogółem w suchej masie kukurydzy.

Jankowiak i wsp. (1997) uważają, że azot jest podstawowym składnikiem, który wpływa na strukturę uzyskanego plonu kukurydzy, skład chemiczny roślin, a tym samym na wartość użytkową plonu kiszonkowego. W doświadczeniu Goneta i Stdejka (1990) zwiększenie nawożenia azotem z 80 do 120 kg·ha⁻¹ nie miało wpływu na wartość energetyczną plonu kukurydzy, ale powodowało zauważalny wzrost zawartości białka strawnego od blisko 32,0 g·kg⁻¹ (80 kg N·ha⁻¹) i 74,0 g·kg⁻¹ (120 kg N·ha⁻¹). W badaniach prowadzonych na polu w Bałcynach poziom nawożenia azotem wpływał istotnie na plony energii brutto. Regularny przyrost plonu następował wraz ze zwiększaniem dawki azotu do 150 kg·ha⁻¹, przy której otrzymano 36,5% wzrost plonu energii brutto w stosunku do kontroli (bez azotu). Dwie kolejne dawki (180 i 210 kg·ha⁻¹) nieznacznie zmniejszały plon. Zwiększenie nawożenia do 240 kg N·ha⁻¹ owocowało nieistotnym wzrostem plonu energii. Wyliczona z kwadratowej funkcji produkcji energii optymalna dawka azotu wynosiła 260 kg·ha⁻¹ (rys. 7).



7. Funkcja produkcji energii odmian kukurydzy w zależności od poziomu nawożenia azotem w latach 2003-2004

Fig. 7. Function of energy production in relation to the level of N fertilization in the years 2003–2004



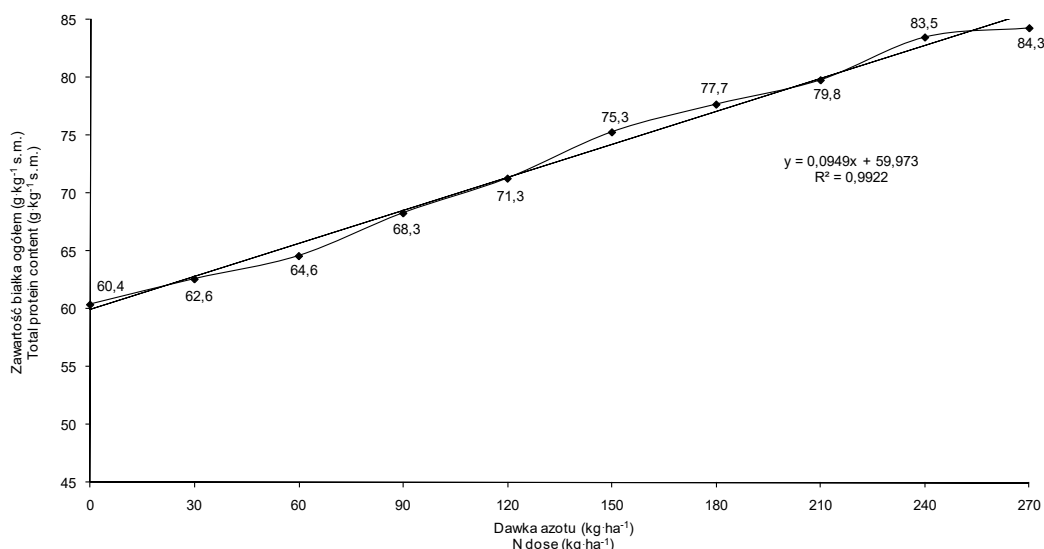
Rys. 8. Wpływ nawożenia azotem na plon białka ogółem kukurydzy (dt ha⁻¹)
Fig. 8. Effect of nitrogen fertilization on total protein yield of maize (dt ha⁻¹)

Zgodnie z oczekiwaniami, azot prawie w całym zakresie stosowanych dawek dodatnio wpłynął na plon białka surowego. Dawka 30 kg N·ha⁻¹ spowodowała przyrost plonu białka o ok. 20%. Podwyższenie nawożenia do 120 kg N·ha⁻¹ wywołało przyrost plonu o ok. 40%, a do 240 kg N·ha⁻¹ o dalsze 40% (rys. 8). Przyrost plonu białka pod wpływem nawożenia azotem był istotny do dawki 150 kg N·ha⁻¹.

Również Jankowiak i wsp. (1997) dowiedli, iż zastosowanie azotu w ilości 120–130 kg N·ha⁻¹ zapewnia uzyskanie plonu o dobrej wartości pastewnej. Na skutek zwiększenia nawożenia azotem ilość białka systematycznie wzrastała z 82,7 g·kg⁻¹ w obiekcie kontrolnym do 103 g·kg⁻¹ w obiekcie z dawką 120 kg N·ha⁻¹, tj. o ok. 8,3%.

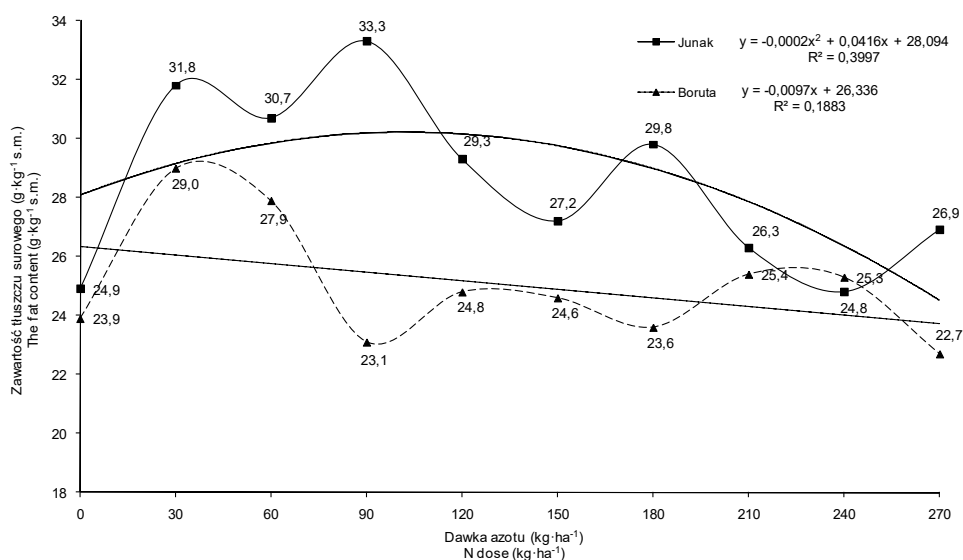
Kukurydza odmiany Boruta zawierała nieznacznie więcej niż odm. Junak: białka ogółem (odpowiednio 73,5 i 72,0 g·kg⁻¹ s.m.) i włókna surowego (odpowiednio 183,2 i 179,8 g·kg⁻¹ s.m.). W roślinach obydwu odmian stwierdzono porównywalną zawartość związków bezazotowych wyciągowych (Junak — 670,1 g·kg⁻¹ s.m., Boruta — 668,1 g·kg⁻¹ s.m.). Większe różnice w składzie chemicznym suchej masy roślin kukurydzy zaobserwowano głównie w zawartości tłuszczu surowego (odm. Junak — 28,5 g·kg⁻¹ s.m., odm. Boruta — 25,0 g·kg⁻¹ s.m.).

Zastosowane w doświadczeniu dawki azotu powodowały systematyczny przyrost zawartości białka ogółem w suchej masie roślin z jednoczesną tendencją do obniżania zawartości tłuszczu i włókna. Zwiększenie dawki N o 30 kg·ha⁻¹ pozwalało na wzrost zawartości białka ogółem od 0,8 do 4,0 g·kg⁻¹. Największy przyrost białka uzyskano zwiększając nawożenie ze 120 do 150 kg N·ha⁻¹, zaś najmniejszy przy zwiększeniu dawki N z 240 do 270 kg·ha⁻¹ (rys. 9). W badaniach Jankowiaka i wsp. (1997) zawartość białka ogółem regularnie zwiększała się wraz ze wzrostem nawożenia do 200 kg N·ha⁻¹.



Rys. 9. Wpływ nawożenia azotem na zawartość białka ogółem w roślinach kukurydzy (g·kg⁻¹ s.m.)
Fig. 9. Effect of nitrogen fertilization on total protein content in maize (g·kg⁻¹ s.m.)

Biorąc pod uwagę średnie obiektowe dla nawożenia okazało się, że największe ilości tłuszczu surowego gromadziły się w kukurydzy nawożonej $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($30,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Zwiększanie nawożenia, co $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ do $270 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodowało prawie systematyczne ograniczanie nagromadzenia tłuszczu w roślinach. Obliczony współczynnik regresji obrazujący przebieg średniej, a także współczynnik determinacji, kształtowały się następująco: $y = -0,0001x^2 + 0,0172x + 27,158$; $R^2 = 0,4071$. Odmiana Junak (FAO 210) najwięcej tłuszczu ($33,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) zgromadziła w tkankach po nawożeniu $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, a odmiana Boruta (FAO 230) po zastosowaniu $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($29,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). W przypadku odm. Junak zarówno pod wpływem mniejszych jak i większych dawek N niż $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (za wyjątkiem $240 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) koncentracja tłuszczu utrzymała się na wyższym poziomie niż w roślinach pochodzących z obiektu kontrolnego. Natomiast u odm. Boruta po nawożeniu 90, 180 lub $270 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ odnotowano zmniejszenie zawartości tłuszczu surowego poniżej koncentracji tego składnika w roślinach uprawianych bez azotu (rys. 10).



Rys. 10. Wpływ nawożenia azotem na zawartość tłuszczu surowego w odmianach kukurydzy ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)
Fig. 10. Effect of nitrogen fertilization on fat content in the maize cultivars ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

Zawartość włókna surowego w kukurydzy odmiany Junak uprawianej bez N kształtowała się na poziomie $199,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast średnia zawartość tego składnika z obiektów nawożonych azotem wynosiła $176,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. W przypadku odmiany Boruta było to odpowiednio $192,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $182,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Działanie N w odniesieniu do obydwu odmian, podobnie jak w przypadku tłuszczu, nie było zdecydowanie ukierunkowane.

W suchej masie roślin badanych odmian kukurydzy stwierdzono porównywalny procentowy udział popiołu surowego i związków bezazotowych wyciągowych (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem na udział składników chemicznych w suchej masie roślin
Effect of nitrogen fertilization on chemical composition of dry matter of plants

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia azotem (kg N·ha ⁻¹) — Nitrogen fertilization level, kg N·ha ⁻¹										Średnia Mean
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	
Udział białka ogółem (%) s.m. – Total protein (%) d.m.											
Junak	6,6	6,9	6,5	6,8	7,1	6,9	6,9	7,8	8,3	8,3	7,2
Boruta	6,5	6,6	6,7	6,7	7,4	7,7	7,4	7,8	8,1	8,6	7,4
Średnia Mean	6,5	6,7	6,6	6,8	7,3	7,3	7,2	7,8	8,2	8,4	-
Udział tłuszczu surowego (%) s.m. – Crude fat (%) d.m.											
Junak	2,4	2,8	3,1	3,3	2,9	3,4	2,5	2,9	2,5	2,7	2,8
Boruta	2,6	2,5	2,5	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5	2,3	2,5
Średnia Mean	2,5	2,6	2,8	2,8	2,7	2,9	2,5	2,7	2,5	2,5	-
Udział włókna surowego (%) s.m. – Crude fiber (%) d.m.											
Junak	19,5	18,9	17,8	17,7	18,4	16,7	18,6	16,7	18,3	16,8	17,9
Boruta	17,7	17,0	18,4	19,2	18,3	18,4	18,5	17,7	18,8	19,3	18,3
Średnia Mean	18,6	18,0	18,1	18,5	18,4	17,6	18,6	17,2	18,5	18,0	-
Udział popiołu surowego (%) s.m. – Crude ash (%) d.m.											
Junak	5,5	4,7	4,6	5,2	5,0	4,8	5,3	4,7	5,0	5,1	5,0
Boruta	5,3	4,8	5,1	5,1	4,9	5,0	5,1	4,8	5,1	5,4	5,1
Średnia Mean	5,4	4,7	4,8	5,1	5,0	4,9	5,2	4,8	5,1	5,3	-
Udział związków bezazotowych wyciągowych (%) s.m. – N-free extract (%) d.m.											
Junak	66,0	66,8	68,1	67,0	66,6	68,2	66,7	68,0	65,9	67,1	67,0
Boruta	68,0	69,2	67,3	66,6	66,9	66,4	66,5	67,1	65,6	64,5	66,8
Średnia Mean	67,0	68,0	67,7	66,8	66,7	67,3	66,6	67,5	65,8	65,8	-

Nawożenie azotem w ograniczonym zakresie zmieniało udział ww. składników, a jego wpływ można ocenić jako niewielki i nieregularny. Żadna z aplikowanych dawek N nie przyczyniła się do większej koncentracji popiołu w suchej masie roślin, natomiast najniższa stosowana w badaniach dawka azotu spowodowała największą koncentrację związków bezazotowych w roślinach.

WNIOSKI

1. W warunkach Polski północno-wschodniej badane odmiany Junak i Boruta, z przeznaczeniem na kiszonkę z całych roślin, plonowały na wysokim i bardzo zbliżonym poziomie, dając plon suchej masy roślin odpowiednio 171,9 dt·ha⁻¹ i 170,0 dt·ha⁻¹.
2. Z wykorzystanego do obliczeń rachunku regresji wynika, iż optymalna dawka azotu dla odmiany Junak kształtuje się na poziomie 220 kg N·ha⁻¹, dla odmiany Boruta 237 kg N·ha⁻¹.
3. Średnio dla obu odmian kukurydzy z przeznaczeniem na kiszonkę z całych roślin, najbardziej plonotwórcza okazała się dawka 150 kg N·ha⁻¹ i jednocześnie uzyskany plon charakteryzował się korzystnym udziałem kolb.
4. Systematyczny wzrost plonu białka następował do dawki 240 kg N·ha⁻¹, a plon energii brutto do dawki 150 kg N·ha⁻¹.

5. Zwiększenie nawożenia azotem do $270 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało przyrost zawartości białka ogółem w roślinach. Azot zdecydowanie obniżał zawartość tłuszczu i włókna surowego w surowcu kiszonkarskim, jednak wpływ dawki był zmienny.

LITERATURA

- Ackermann R., Beyer B. 1983. Produktion von Trockensubstanz — und energiereicher Maissilage und ihr Einsatz in der Bullenmast. *Tierzucht*. 2: 69 — 71.
- Betrin C. 1995. Yves Barriere, director of research at INRA: maize silage is a question of compromise. *Prod. Lait. Mod.* 251: 41 — 42.
- Binderova A. 1986. Obsah a produkce glicidove slozky u kukurice na silaz. *Rostlinna Vyroba* 1: 1 — 7.
- Bodarski R., Wertelecki T., Kowalik T. 2005. Wpływ chemicznych dodatków na skład chemiczny, jakość i tlenową trwałość kiszonki z całych roślin kukurydzy. *Pam. Puł.* 140: 7 — 14.
- Bojanowski J. 1979: Uprawa kukurydzy po życie poplonowym. *Biul. IHAR* 136: 125 — 130.
- Borowiecki J. 1987. Efektywność nawożenia azotem kukurydzy kiszonkowej w zależności od obsady roślin. *Mat. z sesji naukowej, IUNG Puławy*. 2: 32 — 37.
- Borowiecki J., Koter M. 1983. Porównanie saletry amonowej i mocznika jako źródła azotu dla kukurydzy. *Pam. Puł.*, z. 81: 77 — 89.
- Czerniawska A. 1988. Porównanie plonowania i wartości pokarmowej kukurydzy na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. *Mat. z sesji naukowej pt.: „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce.” IUNG Puławy* 2: 25 — 31.
- Daccord r., Arrigo Y., Vogel R. 1996. Nutritive value of maize silage. *Rev. Suisse Agric.* 28, 1: 17 — 21.
- Dubas A. 1995. Rejonizacja uprawy kukurydzy w Polsce i dobór odmian. *Top agar Polska*, 4: 22 — 23.
- Dubas A., Michalski T. 2002. Kukurydza w Polsce po II wojnie światowej. *Pam. Puł.* 130: 115 — 123.
- Dubas A., Michalski T., Sulewska H. 1993: Przydatność odmian kukurydzy o różnej wczesności do uprawy na kiszonkę. *Rocz. Nauk Roln. Ser. A* 110, 1–2: 93 — 101.
- Fotyma E. 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. III Kukurydza, *Fragm. Agron.* 4 (44), 20 — 35.
- Gonet Z., Stadejek H. 1990. Wpływ nawożenia azotem i ilości wysiewu na plon kukurydzy uprawianej na zielonkę do bezpośredniego skarmiania. *Fragm. Agron.* 3 (27): 30 — 43.
- Jankowiak J., Kruczek A., Fotyma E. 1997: Efekty nawożenia mineralnego kukurydzy na podstawie wyników badań krajowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 1997. z. 450: 79 — 116.
- Lipski S. 2000. Zasady przyjaznego dla środowiska nawożenia kukurydzy azotem. *Pam. Puł.* z. 120: 225 — 229.
- Lista Opisowa Odmian 2002. COBORU, Słupia Wielka.
- Machul M., Borowiecki J. 2000. Wpływ nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu kukurydzy uprawianej na kiszonkę z kolb (CCM). *Pam. Puł.* z. 121: 117 — 125.
- Machul M., Małyśiak B. 1993. Plonowanie kukurydzy uprawianej na kiszonkę z całych roślin, kiszonkę z kolb (CCM) i na ziarno w zależności od obsady roślin. *Pam. Puł.* z. 102: 91 — 103.
- Michalski T. 1980. Wpływ obsady roślin, wczesności odmian oraz terminów zbioru na plony i wartość pastewną kukurydzy kiszonkowej. *Rocz. AR Poznań, Rozprawy Naukowe* 104.
- Muller J. 1997. The quality of maize silage is not an abstract concept. Quality must be defined and has to be attainable with measurable criteria in the examination of different varieties. *Mais* 4: 124 — 127.
- Podkówka W., Podkówka Z., Cermak B. 1998. Plonowanie i skład chemiczny zielonki z kukurydzy. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 1998. z. 465: 85 — 91.
- Sulewska H. 1997. Uprawa kukurydzy na zielonkę w świetle badań własnych i literatury *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 450: 185 — 200.