

Chemical composition and nutritive value of maize stems depending on the cutting height of plants at harvest

Skład chemiczny i wartość pokarmowa łodyg kukurydzy w zależności od wysokości ścinania roślin przy zbiorze

Ireneusz KOWALIK¹, Helena KRUCZYŃSKA², Tadeusz MICHALSKI³

¹Institute of Agricultural Engineering, ²Department of Animal Nutrition and Feed Management,

³Department of Agronomy, Poznań University of Life Sciences,

Corresponding address: I. Kowalik, e-mail: ikowalik@up.poznan.pl, 60-637 Poznań, ul. Wojska Polskiego 28, Poland

Abstract

Studies were carried out in the two years in Trzcianka near Nowy Tomyśl, on brown soil, IIIa – IVa with pH 7.1 – 7.2. Plants of five maize cultivars were cut at the height of 15 cm and 55 cm. The lower parts of stems with leaves which remain on the field in case of high cutting, were characterized by a smaller content of protein and by a greater content of fibre, in comparison with the higher parts of plants. The energetic value of 1 kg of dry matter of the lower 40 cm part with leaves expressed in MJ NEL, in spite of significant differences in the chemical composition, was only insignificantly lower than the upper part. The content of dry matter, the chemical composition and the energetic value of both parts differed, depending on the cultivar.

Keywords: maize, height of cutting, varieties, chemical composition, concentration of energy

Streszczenie

Dwuletnie badania polowe z uprawą kukurydzy prowadzono w Trzciance koło Nowego Tomyśla, na glebach brunatnych, klasy IIIa-IVa, o pH 7,1-7,2. Pięć odmian kukurydzy ścinano na wysokości 15 cm oraz 55cm. Dolne partie łodyg z liśćmi, pozostawiane na polu (przy podwyższonym ścinaniu) charakteryzowały się wyraźnie mniejszą zawartością białka i większą włókna w porównaniu z partiami wyższymi. Wartość energetyczna 1 kg suchej masy dolnej 50-centymetrowej partii łodygi z liśćmi wyrażona w MJ ENL, mimo znacznych różnic w składzie chemicznym, była tylko nieznacznie niższa niż części górnej. Wartość energetyczna dolnych partii łodyg, wczesnych odmian kukurydzy była nieco wyższa, niż późnych.

Słowa kluczowe: kukurydza, wysokość ścinania, odmiany, skład chemiczny, koncentracja energii

Detailed abstract

Two years field experiments were carried out in Trzcianka, Nowy Tomyśl district, (N 52.390957, E 16,339990). The first order factor consisted of five silage maize cultivars: 'Rasant' FAO 200; 'Dragon' FAO 210; LG2252 – FAO 230; SAN FAO 240 and 'Magister' – FAO 270. The second order factor included two heights of maize cutting during harvest: 15 cm above ground level (control) and 55 cm, i.e. 40 cm higher. The studied objects were randomized in split-plot system, in 5 field replications. Agricultural treatments, fertilization and plant cultivation were carried out

according to the accepted principles of maize culture for silage. Maize was harvested after its late waxy maturity basing on organoleptic estimation of grains. The plants were manually sheared in several terms, after reaching the required maturity by the given cultivar. The yields and their structures were assessed on an area of 15 m². Plants were cut at the height of 15 cm above the ground level, then, the lower 40 cm parts of the stalks were removed and their weight and participation in the yield were determined. The content of dry matter was analyzed by the dryer method and the chemical composition was determined according to the AOAC standards. On the basis of chemical composition, the metabolic and the net energies of lactation were calculated.

It was found that in the lower part of the stalk (15-55 cm), the dry matter content was 180-210 g·kg⁻¹ and it was smaller by 6-9%, in comparison with the upper part of the stem with leaves, over 55 cm above ground (without the cob). The 'San' cultivar showed a completely low content of dry matter in the lower 40 cm section of the shoot, while in the cultivar of the stay-green maize type (LG2252), the dry matter content was higher in the lower part, but it was lower in the upper part.

There occurred significant differences in the chemical content of stems with leaves in the particular years, whereby, usually the lower part of the plant was characterized by a lower nutritive value than the upper part. The lower part showed a smaller content of total protein and raw fat and a higher content of crude fibre and ash. The early cultivar 'Dragon' was characterized by the highest content of easily digestible nutritive components. The least favorable content was shown by the cultivars 'San' and by 'LG2252'. The energetic value of 1 kg of stem dry matter was about 5.0 MJ NEL, whereby, the value of the lower 40 cm part was insignificantly lower than in the upper part and the difference depended on the cultivar.

Wstęp

O wartości pokarmowej roślin kukurydzy decydują proporcje między kolbą a źdźbłem, zawierającym dużo węglowodanów strukturalnych. Kolba zawiera do dwóch razy więcej suchej masy niż łodyga z liśćmi i jest głównym nośnikiem energii. W dobrym surowcu do zakiszania zawartość suchej masy powinna wynosić 30 do 35%, a kolby muszą być wypełnione ziarnem (Daccord i in., 1995; Dubas, 1981, Michalski, 1997). Jedną z metod poprawy jakości i wartości pokarmowej kukurydzy, jako surowca kiszonkarskiego może być podwyższenie wysokości ścinania roślin, jednak maksymalnie do poziomu osadzenia kolb (Aerts i in., 1976; Michalski, 1987, 1989; Stieger, 1980). Na skutek zmniejszenia udziału łodyg i liści zwiększa się wartość energetyczna paszy, umożliwiając uzyskanie lepszych efektów w żywieniu wysoko produkcyjnych zwierząt (Aerts i in., 1976; Jilg, 1992; Jilg i Schweizer, 1991; Michalski, 1987, 1989; Phipps i Weller, 1976; Stieger, 1980). Podwyższone koszenie zalecane jest szczególnie, w przypadku zbioru kukurydzy o niskiej zawartości suchej masy, nadmiernie wyrosniętej o małym udziale kolb. Rozwiązanie to może być też korzystne przy późnym zbiorze, bowiem wraz z dojrzewaniem kukurydzy, skład chemiczny i strawność łodyg i liści wyraźnie pogarsza się (Aerts i in., 1976; Dubas i in., 1993; Michalski, 1989; Phipps i Weller, 1976). Według Stiegera (1980) taki zbiór pozwala też zmniejszyć w paszy zawartość azotanów koncentrujących się głównie w dolnych częściach źdźbeł np. na plantacjach intensywnie nawożonych azotem lub przy stosowaniu wysokich dawek gnojowicy. Pozostawione na polu dolne części roślin są jednocześnie cennym źródłem materii organicznej, szczególnie w warunkach gospodarki bezobornikowej lub monokultury kukurydzy.

Badania miały na celu określenie składu chemicznego i wartości pokarmowej dolnych partii źdźbeł z liśćmi, pozostawianych na polu przy wysokim ścinaniu kukurydzy. Ich parametry porównywano do łodyg i liści z górnych części łodyg, które razem z kolbami stanowiły surowiec do kiszenia.

Materiał i metody

Dwuletnie doświadczenie polowe, realizowano jako dwuczynnikowe w Trzciance (powiat Nowy Tomyśl, N 52,390957, E 16,339890), na glebach brunatnych, klasy IIIa-IVa, o odczynie obojętnym (pH 7,1-7,2).

Czynnikiem I rzędu było pięć odmian kukurydzy: Rasant - FAO 200, Dragon - FAO 210, LG 2252 - FAO 230, San - FAO 240 i Magister - FAO 270, różniących się wczesnością i typem dojrzewania. Rasant i Magister to odmiany w typie tradycyjnym, o wcześnie dojrzewających łodygach i liściach (dry-down); LG 2252 to odmiana długozielona (stay green), zaś pozostałe to odmiany o charakterze pośrednim. Czynnikiem II rzędu były dwie wysokości ścinania kukurydzy podczas zbioru: 15 cm nad ziemią (kontrola) oraz 55 cm tj. 40 cm wyżej. Dobór wysokości ścinania - 55 cm wiązał się z technicznymi możliwościami zbioru przy podniesionym adapterze siewczarni zbierającej, bez strat kolb. Badane obiekty rozlosowano w układzie split-plot, w 5 powtórzeniach polowych.

Kukurydzę siano siewnikiem pneumatycznym (obsada 9 ziaren na 1 m²) na poletkach o powierzchni 29 m² (4 rzędy co 0,75 m). Zabiegi uprawowe, nawożenie oraz pielęgnację roślin wykonywano zgodnie z przyjętymi zasadami uprawy kukurydzy na kiszonkę. Kukurydzę zbierano po osiągnięciu późnej dojrzałości woskowej w oparciu o organoleptyczną ocenę ziarniaków. Rośliny ścinano sierpem, w trzech terminach, po osiągnięciu wymaganej dojrzałości przez daną odmianę. W pierwszy roku zbiór wykonano: 3 września (Rasant), 12 września (Dragon i LG 2252) oraz 19 września – San i Magister. W roku drugim odmiany: Rasant i Dragon zebrano 5 września; LG 2252 i San - 12 września, a najpóźniejszą odmianę Magister 19 września.

Plon i jego strukturę oceniano na powierzchni 15 m². Wszystkie rośliny ścinano nisko (15 cm), a następnie na obiektach z podwyższonym cięciem po zważeniu ściętych roślin odcinano dolne 40 cm źdźbła, określając ich masę i udział w zebranych plonie. Uzyskane partie roślin rozdrabniano siewczarnią polową Class Jaguar, a następnie pobierano próby do analiz chemicznych. Zawartość suchej masy analizowano metodą suszarkową a skład chemiczny wg norm AOAC (1990). Energię brutto (EB) i energię metaboliczną (EM) obliczono na podstawie składu chemicznego według Schiemanna i in. (DLG, 1997). Zastosowano następujące współczynniki strawności: białko ogólne 44%, tłuszcz surowy 66%, włókno surowe 60%, związki bezazotowe wyciągowe 68% [4]. Energię netto laktacji (ENL) w MJ·kg⁻¹ s.m. obliczono według wzoru van Es'a: $ENL = 0,6 [1 + 0,004(q - 57)] \cdot EM$, gdzie: $q = EM/EB$, EB – energia brutto w MJ·kg⁻¹ s.m., EM – energia metaboliczna w MJ·kg⁻¹ s.m.

Wyniki

Sezon wegetacyjny w pierwszym roku był bardzo ciepły i suchy o średniej temperaturze okresu kwiecień-wrzesień wyższej od wielolecia o 1,7°C i opadach o 50 mm niższych. Posuszna pogoda dotyczyła zwłaszcza sierpnia i września, kiedy kukurydza dojrzewała. W drugim roku opady były wyższe, zwłaszcza w sierpniu i wrześniu. Brakowało jednak wody w maju i czerwcu, skutkiem czego kukurydza mniej wyrosła i wytworzyła mniejszą masę wegetatywną. Różnice w przebiegu pogody spowodowały, że plony i zawartość suchej masy w łodygach i liściach różniły

się istotnie w zależności od roku. W pierwszym, posusznym roku zawartość suchej masy w całych łodygach z liśćmi była wyższa o 3,4 punkta procentowego, w porównaniu do roku drugiego o dobrym uwilgotnieniu w okresie dojrzewania. Mniejsze różnice w zawartości s.m. wywołane przebiegiem pogody dotyczyły dolnych partii źdźbeł (o 1,5 punkta procentowego), a większe górnych partii – o 4,5 punkta procentowego (tab. 1).

W dolnej części źdźbła, pozostającej na polu przy wysokim ścinaniu, zawartość suchej masy była wyraźnie niższa niż w części górnej. Różnica ta w suchym roku wynosiła 9, a w roku drugim -6 punktów procentowych. Zróżnicowanie w zawartości s.m. zależne było też od odmiany.

Tabela 1. Zawartość suchej masy w [g·kg⁻¹] w łodygach kukurydzy (bez kolb) w zależności od wysokości ścinania

Table 1. Dry matter content in [g·kg⁻¹] in the stems of maize (without cobs) depending on height of cutting

Rok Year	Odmiana Variety	Części łodygi, Parts of stem					
		15-55 cm		> 55 cm		Cała łodyg Whole stem	
Pierwszy First	Rasant	215		339		300	
	Dragon	211		294		266	
	LG 2252	216	207 *	287	296 *	269	270 *
	San	186		280		252	
	Magister	207		282		261	
	NIR _{0,05} -LSD _{0,05} **	27,5	-	27,5	-	25,6	-
Drugi Second	Rasant	182		252		239	
	Dragon	197		232		221	
	LG 2252	201	192 *	247	251 *	234	236 *
	San	185		262		241	
	Magister	194		262		244	
	NIR _{0,05} - LSD _{0,05} **	6,9	-	6,9	-	9,6	-

*- średnia, mean

**NIR_{0,05} - LSD_{0,05} - najmniejsza istotna różnica, the least significant difference (test Tukeya na poziomie ufności $\alpha = 0,05$, Tukey's test at the probability level $\alpha = 0,05$).

W roku pierwszym wysoką zawartością suchej masy charakteryzowała się wczesna odmiana 'Rasant', zwłaszcza w górnej części źdźbła. W roku drugim wyższą średnią zawartość suchej masy stwierdzono w źdźbłach odmian późniejszych: 'San' i 'Magister'. W dolnej partii pędów u odmiany 'San' w obu latach, wykazano stosunkowo niską zawartość suchej masy, natomiast u odmiany typu stay green (LG 2252) zawartość s.m. w dolnej partii była wyższa od średniej badanych odmian, natomiast w części górnej – niższa (tab. 1).

Zawartość składników pokarmowych w dolnej partii łodyg z liśćmi, która przy metodzie podwyższonego ścinania pozostaje na polu, mimo znacznego zróżnicowania w latach, odbiegała wyraźnie od partii górnych. Dolna partia źdźbła charakteryzowała się gorszą wartością pokarmową, w tym wyraźnie mniejszą zawartością białka i większą zawartością włókna surowego i popiołu (tabela 2). Wyraźniej dotyczyło to roku pierwszego, w którym podeschnięte łodygi i liście w dolnej partii kukurydzy zawierały niemal dwukrotnie mniej białka surowego oraz znacznie więcej włókna surowego. W górnej części łodygi z liśćmi różnice między latami były również znaczące, ale wyraźnie mniejsze. Różnice w zawartości tłuszczu

surowego i związków bezazotowych wyciągowych były mniejsze dla obu części pędu i nie różniły się istotnie w zależności od roku badań. Mimo różnic w składzie chemicznym, koncentracja energii (MJ ENL) w 1 kg s.m. nie różniła się znacząco, zarówno w zależności od partii źdźbła jak i roku (tab. 2).

Tabela 2. Porównanie składu chemicznego ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s. m.) i koncentracji energii ENL ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ s. m.) dolnych i górnych partii łodyg kukurydzy (bez kolb)

Table 2. Comparison of chemical composition ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM) and concentration of energy NEL ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM) in the lower and upper parts of maize stalks (without cobs)

Lata Years	Składnik pokarmowy Nutrient component	Jednostka Unit	Dolna partia Lower part (15-55 cm)	Górna partia Upper part (>55 cm)
Pierwszy First*	Białko surowe - Crude protein	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	24,9	48,5
	Tłuszcz surowy - Crude fat	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	7,1	6,8
	Włókno surowe - Crude fibre	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	412,3	372,4
	Popiół surowy - Crude ash	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	72,2	65,6
	Związki bezazotowe wyciągowe - N-free extract	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	486,0	506,7
	ENL - NEL	$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	4,98	5,04
Drugi Second	Białko surowe - Crude protein	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	53,0	79,0
	Tłuszcz surowy - Crude fat	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	4,6	7,6
	Włókno surowe - Crude fibre	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	350,3	325,6
	Popiół surowy - Crude ash	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	85,4	80,9
	Związki bezazotowe wyciągowe - N-free extract	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	506,7	506,9
	ENL - NEL	$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	4,94	4,96
Średnia Mean	Białko surowe - Crude protein	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	39,0	63,8
	Tłuszcz surowy - Crude fat	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	5,9	7,2
	Włókno surowe - Crude fibre	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	381,3	349,0
	Popiół surowy - Crude ash	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	78,8	73,3
	Związki bezazotowe wyciągowe - N-free extract	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	496,4	506,8
	ENL - NEL	$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	4,96	5,00

*- w pierwszym roku średnia z 2 odmian; w drugim roku średnia z 5 odmian, in first year mean of the 2 varieties; in second year mean of the 5 varieties

Odmiany średnio-późne 'San' i 'Magister' charakteryzowały się podobnym składem chemicznym dolnej partii łodygi z liśćmi. Różnice w zawartości białka surowego, włókna surowego i związków bezazotowych wyciągowych, nie przekraczały pięciu punktów procentowych. Większe różnice w zawartości składników pokarmowych stwierdzono dla odmian wczesnych (tab. 3). W wartościach względnych, wyrażało się to o około 15% mniejszą zawartością białka surowego i około 5% włókna surowego, oraz o 5–10% większą zawartością związków bezazotowych wyciągowych. Różnice w składzie chemicznym, przekładały się na stosunkowo niewielkie zróżnicowanie wartości energetycznej dolnej 40-centymetrowej partii łodygi (tab. 4). Średnio-późne odmiany 'San' i 'Magister' charakteryzowały się w obu latach zbliżoną wartością energetyczną (5,02 i 4,86 $\text{MJ ENL}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Wartość energetyczna dolnych partii łodyg u odmian wczesnych była nieco wyższa, zwłaszcza u odmiany 'Dragon'.

Ubytek plonu świeżej masy był zbliżony u wszystkich odmian i wynosił średnio 1651 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Natomiast w suchej masie ubytek ten wynosił średnio 325 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 5).

Tabela 3. Zmienność składu chemicznego ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) dolnych (15-55 cm) i górnych (>55 cm) odcinków łodyg kukurydzy

Table 3. Variability of the chemical composition ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM) lower (15-55 cm) and upper (>55 cm) sections of maize stalks

Lata Years	Odmiana Variety	Białko surowe Crude protein		Tłuszcz surowy Crude fat		Włókno surowe Crude fibre		Popiół surowy Crude ash		BNW N-free extract	
		15- 55 cm	>55 cm	15- 55 cm	>55 cm	15- 55 cm	>55 cm	15- 55 cm	>55 cm	15- 55 cm	>55 cm
Pierwszy First	San	24,4	49,9	7,4	7,6	422,4	382,4	81,3	74,7	464,6	485,4
	Magister	25,4	47,1	6,6	6,6	402,4	352,5	63,1	65,2	502,5	528,6
	Średnia Mean	24,9	48,5	7,0	7,1	412,4	367,5	72,2	70,0	483,6	507,0
Drugi Second	Rasant	50,7	78,7	3,8	6,7	357,4	274,8	83,6	78,3	504,5	561,5
	Dragon	45,6	79,5	5,2	9,9	329,0	286,4	80,3	84,5	539,9	539,7
	LG	50,1	76,9	4,2	6,8	344,1	344,1	80,3	83,3	521,3	488,9
	San	59,7	78,1	2,9	7,1	365,6	339,9	90,0	83,3	481,8	491,6
	Magister	58,8	78,2	7,0	7,4	355,5	322,8	92,7	75,4	486,0	516,2
	Średnia Mean	53,0	78,7	4,6	7,6	350,3	313,6	85,4	81,0	506,7	519,6
SD*		16,77	15,68	1,56	1,26	2,76	3,65	11,42	6,32	24,59	30,72

SD* odchylenie standardowe (dla pierwszego i drugiego roku badań), standard deviation (for the first and second year of research)

Tabela 4. Koncentracja ENL ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w dolnych (15-55 cm) i górnych (>55 cm) odcinkach łodyg kukurydzy

Table 4. Concentration of NEL ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM) in lower (15-55 cm) and upper (>55 cm) sections of maize stalks

Lata Years	Odmiana Variety	ENL - NEL	
		15-55 cm	>55 cm
Pierwszy First	San	4,90	4,96
	Magister	5,07	5,10
	Średnia - Mean	4,99	5,03
Drugi Second	Rasant	4,94	5,11
	Dragon	5,06	5,05
	LG	4,99	4,90
	San	4,84	4,91
	Magister	4,88	5,01
	Średnia - Mean	4,94	4,99
SD		0,105	0,119

Uwzględniając wartość energetyczną dolnych partii łodyg wyliczoną dla poszczególnych odmian, ubytek ENL wynosił średnio $1608 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Różnice wystąpiły między odmianami, ale nie zostały potwierdzone statystycznie, na co wpływ miała zmienność lat.

Tabela 5. Ubytek plonu łodyg i liści [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] oraz ENL [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$] na 10 cm podwyższonego ścinania (średnia z dwóch lat)

Table 5. The loss of yield stalks and leaves [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] and NEL [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$] to 10 cm high cutting (mean of the two years)

Odmiana Variety	Ubytek plonu Yield decrease		Ubytek ENL, NEL decrease
	Świeża masa, Fresh matter	Sucha masa, Dry matter	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$
Rasant	1570,0	325,0	1605,5
Dragon	1740,0	336,3	1701,4
LG 2252	1690,0	336,3	1677,9
San	1700,0	316,3	1530,7
Magister	1556,3	312,5	1525,0
Średnia - Mean	1651,3	325,3	1608,1
$\text{NIR}_{0,05}$ - $\text{LSD}_{0,05}$	r.n., d.i.	r.n., d.i.	r.n., d.i.

r.n., d.i. - różnice nieistotne, differences insignificant

Dyskusja

Z danych literaturowych wynika, że odcięcie dolnych partii generuje straty w masie plonu, ale daje też możliwość poprawy jego wartości pokarmowej [Jilg, 1992; Michalski, 1987; Neylon i Kung, 2003]. W badaniach Michalskiego (1987, 1989) obniżka plonu s.m. wynosiła ok. 0,41 t na każde 10 cm podwyższonej wysokości ścinania, a w badaniach Kowalika i Michalskiego (2001) 0,32 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dla porównania, według badań amerykańskich obniżka plonu kształtuje się w granicach 0,40-0,83 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Wilhelm i in., 2011)]. W innej pracy Michalskiego i in. (2002) ubytek plonu wynosił 0,37 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na każde 10 cm różnicy wysokości ścinania. Zwiększenie wysokości ścinania podczas zbioru kukurydzy kiszonkowej zwiększa ilość pozostawionej na polu biomasy, w postaci wysokiego ścierniska. Mało jest jednak prac dotyczących wielkości strat składników pokarmowych i energii w ścierniskowej masie.

Według Wilhelm'a i in. (2011) przy podwyższaniu ścinania roślin kukurydzy zrównanie między masą dolnej partii (pozostawianej na polu) a zbieraną górną partią łodygi z liśćmi następuje przy wysokości ścinania między 75 a 100 cm nad ziemią. W pracy własnej przyjęto wysokość ścinania 55 cm nad ziemią, co zapewnia zebranie większej części biomasy łodyg i liści, zebranie kolb oraz pełną techniczną możliwość zbioru mechanicznego.

W badaniach własnych wykazano, że zawartość suchej masy w dolnej części łodygi z liśćmi (15-55 cm) była mniejsza o 6-9 punktów procentowych w porównaniu do górnej partii łodyg z liśćmi. Znajduje to potwierdzenie w pracach innych autorów (Aerts i in., 1976; Jilg, 1992; Kowalik, 2009; Michalski, Wilhelm i in., 2011, 1987; Wilhelm i in., 2011). Wiąże się to z większą średnicą łodygi (Wilhelm i in., 2011) i większym udziałem w niej mięksiszu.

Stwierdzono także, że zawartość składników pokarmowych w dolnych odcinkach łodygi z liśćmi różniła się w porównaniu z górnej ich części. Wyrażało się to niższą zawartością białka surowego i związków bezazotowych wyciągowych oraz większą zawartością popiołu i włókna surowego. Zawartość białka surowego w dolnych odcinkach łodygi wyniosła średnio 39 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a w górnej części prawie 64 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Badając zawartość składników mineralnych w roślinach kukurydzy, Johnson i in.

(2010) wykazali, że zawartość azotu w partii pędu pod kolbą wynosiła $5,28 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a nad kolbą $7,44 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, co odpowiada zawartości białka ogólnego odpowiednio: 33 i $46,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Stwierdzili oni również, że w partii przyziemnej niższa była zawartość fosforu, siarki i wapnia, większa natomiast potasu i chloru.

Znaczące różnice w składzie chemicznym zbieranych i pozostawionych na polu partii łądyg z liśćmi nie wpłynęły jednoznacznie na zróżnicowanie wartości energetycznej wyrażonej w ENL. Wyliczenia dokonane według niemieckiego systemu DLG (1997), wykazały, że zawartość energii różni się tylko o około 1,0-1,5% na niekorzyść odcinka dolnego. Zaznaczyć trzeba jednak, że z braku odpowiednich danych współczynniki strawności przyjęto takie same dla obu analizowanych części łądygi z liśćmi, co faworyzowało część dolną o większej zawartości włókna surowego.

Wykazano, że wartość pozostawionej na polu dolnej części pędu była nieco wyższa w przypadku odmian wczesnych, (odmiana 'Dragon'), niż średnio-późnych - 'San' i 'Magister'.

Odnosząc oszacowaną wartość energii netto laktacji ($4,96 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) do wyliczonego poziomu ubytków suchej masy ($325 \text{ kg}\cdot 10 \text{ cm}\cdot\text{ha}^{-1}$) przyjąć trzeba, że każde 10 cm podwyższenia ścierniska obniża plon ENL o około $1600 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$; podwyższenie zaś o 50 cm skutkuje pozostawieniem na polu około $8000 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ENL.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można stwierdzić, że:

1. Zawartość suchej masy w dolnych partiach (15-55 cm) łądyg z liśćmi była mniejsza o 6-9 punktów procentowych w porównaniu z partii górnych łądyg z liśćmi, powyżej 55 cm nad ziemią.
2. Skład chemiczny dolnych odcinków łądygi z liśćmi był gorszy niż części górnej, co wyrażało się mniejszą zawartością białka i związków bezazotowych wyciągowych, a większą popiołu i włókna surowego.
3. Wartość energetyczna 1 kg suchej masy dolnej 50-centymetrowej partii łądygi z liśćmi wyrażona w MJ ENL, mimo znacznych różnic w składzie chemicznym, była tylko nieznacznie niższa niż części górnej.
4. Zbiór roślin kukurydzy przy wysokim ścinaniu skutkował stratami plonu energii ENL pozostającymi na polu w wysokim ściernisku. Średnia wielkość strat dla badanych odmian wynosiła $1608 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ na każde 10 cm zwiększenia wysokości ścinania.

Literatura

Aerts J.U, De Brabander D.L., Cottyn B., Boucque Ch., Buysse F.X., (1976) Evolution de la composition, de la digestible et du rendement du maïs en fonction du stade de maturité. *Revue de l'Agriculture* (Brussels), 2, 379-430.

AOAC (1990). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Arlington, VA.

Daccord R., Arrigo Y., Vogel R., (1995) Nährwert von Maissilage. *Agrarforschung* 9, 397-400.

DLG – Futterwerttabellen Wiederkäuer., (1997) DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 1997.

- Dubas A., (1981) Kukurydza w gospodarstwie wielkoobszarowym. PWRiL Warszawa, 1981.
- Dubas A., Michalski T., Sulewska H., (1993) Przydatność odmian kukurydzy o różnej wczesności do uprawy na kiszonkę. Roczn. Nauk Rol., Seria A, T. 110, Z 1-2, 93-101.
- Jilg T., (1992) Höherer Schnitt bringt höheren Gewinn. DLZ. Landtechnik 8, 31-33.
- Jilg T., Schweizer B., (1991) Die Wirtschaftlichkeit der Bullenmast – eine Frage der Schnitthöhe? Mais 4, 10-12.
- Johnson J.M.F., Wilhelm W.W., Karlen D.L., Archer D.W., Wienhold B., Lightle D.T., Laird D., Baker J., Ochsner T.E., Novak J.M., Halvorsom A.D., Arriaga F., Barbour N., (2010) Nutrient Removal as a Function of Corn Stover Cutting Height and Cob Harvest. Bioenerg. Res. 3, 342-352.
- Kowalik I., (2009) Zmiany plonu kukurydzy w zależności od obsady roślin, dojrzałości podczas zbioru i wysokości cięcia. Nauka Przyr. Technol. 3, 2, #64.
- Kowalik I., Michalski T., (2001) Wpływ obsady i wysokości cięcia przy zbiorze na plony kukurydzy kiszonkowej. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXXXV, Rolnictwo 61, 89-96.
- Michalski T., (1987) Wpływ wysokości cięcia roślin przy zbiorze na plony i wartość pastewną kiszonki z kukurydzy. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CLXXXVI, Rolnictwo 33, 61-73.
- Michalski T., (1989) Wpływ wysokości cięcia na plony i wartość pastewną kukurydzy zbieranej na kiszonkę. Roczn. Nauk Rol. Seria A, T. 108, (2), 177-189.
- Michalski T., (1997) Wartość pastewna plonów kukurydzy w zależności od sposobów i terminów zbioru. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 450, 117-131.
- Michalski T., Kruczyńska H., Kowalik I., (2002) Yields and quality of ensilaging maize depending on the cultivar and mowing height at harvest. Acta Sci. Pol., Agricultura 1 (2), 83-92.
- Neylon J. M., Kung L. Jr., (2003) Effects of Cutting Height and Maturity on the nutritive Value of Corn Silage for Lactating Cows^{1,2}. J. Dairy Sci. 86, 2163-2169.
- Phipps R.H., Weller R.F., (1976) Effect of agronomic factors on the yield of maize and on its composition in relation to its use by ruminants. Anim. Feed Sci. Tech., 2-3 (1), 251-261.
- Stieger W., (1980) Środki agrotechniczne zmierzające do ulepszenia jakości kiszonki kukurydzianej. Mat. z konferencji naukowo-technicznej SITR Poznań – KWS Einbeck. Druk – Wojewódzki Ośrodek Postępu Rolniczego w Sielinku Dział Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej, p.p. 1-29.
- Wilhelm W. W., Johnson J. M. F., Lightle D. T., Karlen D. L., Novak J. E., Barbour N.W., Laird D. A., Baker J., Ochsner T. E., Halvorson A. D., Archer D. W., Arriaga F., (2011) Vertical Distribution of Corn Stover Dry Mass Grown at Several US Locations. Bioenerg. Res. 4, 11-21.