

WŁODZIMIERZ MAJTKOWSKI<sup>1</sup>JAROSŁAW PIŁAT<sup>2</sup><sup>1</sup> Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Ogród Botaniczny w Bydgoszczy<sup>2</sup> Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej w Bydgoszczy

## Wykorzystanie roślin wydmuchrzycy pontyjskiej *Elymus elongatus* var. *ponticus* (Podp.) Dorn jako źródła energii odnawialnej

### The utilization of *Elymus elongatus* var. *ponticus* (Podp.) Dorn as a source of renewable energy

W sezonie wegetacyjnym 2007 roku określono skład chemiczny i przydatność do zakiszania 3-letnich roślin gatunku *Elymus elongatus* var. *ponticus* w różnych fazach wegetacji. Dominującym składnikiem suchej masy było włókno surowe. Zawartość tego składnika była najniższa w fazie wegetatywnej (średnio 31,8%); w kolejnych fazach rozwojowych przewyższała 40%. Białko surowe stanowiło przeciętnie 19,2% suchej masy na początku sezonu wegetacyjnego, po czym systematycznie spadało aż do poziomu 5,2% w fazie dojrzałości nasiennej. Wartość współczynnika fermentacji zielonek w okresie od początku kłoszenia do fazy pełnej dojrzałości nasion była wyższa niż 35, co gwarantuje prawidłowy przebieg fermentacji i pozwala zakwalifikować wydmuchrzycę pontyjską do roślin łatwo zakiszających się. Biomasa z tej trawy może stanowić potencjalny substrat dla biogazowni oraz dla kotłowni wykorzystujących słomę w postaci nieprzetworzonej lub w formie przetworzonej (np. brykiety, pelety).

**Słowa kluczowe:** *Elymus elongatus* var. *ponticus*, faza wegetacji, skład chemiczny, współczynnik fermentacji, rośliny energetyczne

Chemical composition and usefulness for ensiling process were established for *Elymus elongatus* var. *ponticus* in different stages of vegetation. Crude fibre was the predominant component of dry mass. The content of this component was the lowest in the vegetative phase (average 31.8%), while in the next developmental phases was higher than 40%. The crude protein made up 19.2% at the beginning of vegetative season and it reduced gradually to 5.2% level at the phase of seed maturity. The forage fermentation coefficient of the species was higher than 35 during vegetation period from the earing phase to the seed maturity phase, which ensured the correct fermentation. The species may constitute a potentially good raw material for biogas production or combustion.

**Key words:** *Elymus elongatus* var. *ponticus*, stage of vegetation, chemical composition, coefficient of ensiling ability, energy plants

## WSTĘP

Wydmuchrzyca pontyjska w stanie naturalnym występuje na suchych i zasolonych stanowiskach w południowo-wschodniej Europie, Azji Mniejszej i Krymie. Introdukowana do Ameryki Pn. (USA, Kanada) i Australii. Jest rośliną wieloletnią, wytwarzającą okazałe kępy z licznymi pędami generatywnymi, do 1,8 m wysokości. Liście są ciemnozielone lub szarzielone, dzięki woskowemu nalotowi, do 50 cm długości i 2,5–10 m szerokości. System korzeniowy w poszukiwaniu wody może sięgać do 3,5 m głębokości. W warunkach klimatycznych Polski wytwarza nasiona, które dojrzewają w lipcu. Plon zielonej masy osiąga wartość od 2 do 15 t/ha. Zielona masa wykorzystywana jest do produkcji alkoholu lub metanu (Duke, 1983).

Celem pracy było określenie przydatności tej trawy do produkcji biogazu w różnych fazach wegetacji.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w okresie od kwietnia do września 2007 roku. Materiałem doświadczalnym były rośliny gatunku *Elymus elongatus* var. *ponticus*, wysadzone na wiosnę 2005 roku na glebie płowej właściwej, wytworzonej z gliny zwałowej, zaliczanej do IV klasy bonitacyjnej. Rośliny uzyskano z nasion wyłożonych na kielkowniku typu Jacobsen. Siewki wypikowano do doniczek o średnicy 6 cm, a następnie umieszczono w szklarni. W czerwcu 2005 roku sadzonki wysadzano na polu doświadczalnym w rozstawie 0,5 × 0,75 m. W doświadczeniu stosowano jednorazowe, wiosenne nawożenie mineralne NPK, w dawce odpowiednio: 60:40:40 kg·ha<sup>-1</sup>. Agrotechniczną część badań przeprowadzono w Ogrodzie Botanicznym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bydgoszczy. Dla oceny przydatności do zakiszania rośliny zbierano co 7 dni, w okresie 4 faz rozwojowych:

- wegetatywnej — od 18 do 67 dnia wegetacji liczonej od 1 kwietnia,
- kłoszenia — 74–116 dnia wegetacji,
- kwitnienia — 123 dzień wegetacji,
- pełnej dojrzałości nasiennej — 186 dzień wegetacji.

Próby w każdej fazie wegetacji zbierano w 4 powtórzeniach z powierzchni 1 m<sup>2</sup>, wycinając zielonkę sierpem na wysokości 3 cm nad ziemią. Analityczną część badań przeprowadzono w Katedrze Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Zielonkę z dodatkiem mikrobiologicznym Silasil Energy zakiszano w mikro-silosach o pojemności 2 litrów każdy w 5 powtórzeniach. Dodatek składał się z hetero- i homofermentatywnych bakterii szczepów NCIMB30142 i NICMB 30141 w ilości 2 × 10<sup>11</sup> JTK/g preparatu. W podsuszonych roślinach określono zawartość podstawowych składników pokarmowych (sucha masa — SM procedura AOAC 934.01, 2006, popiół surowy — PS procedura AOAC 942.05, 2006, białko ogólne — BS metodą Kjeldahla, AOAC 984.13A-D, 2006, tłuszcz surowy — TŁ — procedura AOAC 920.39A, 2006, włókno surowe — WŁ — procedura AOAC 978.10, 2006). W kiszonkach określono

wartość pH oraz zawartość kwasów: mlekowego, octowego oraz masłowego, według standardowych metod (AOAC, 1990). Frakcje neutralno (NDF) i kwaśno detergentową (ADF) włókna surowego i kwaśną ligninę (ADL) określono według metodyki Goeringa i Van Soesta (1970). Węglowodany rozpuszczalne w wodzie (C) oznaczono według PN-R-64784. Pojemność buforową roślin (PB) i wartość współczynnika fermentacji zielonek (FC) określono według Weissbacha (1992 i 1998). Teoretyczną ilość biogazu obliczono według założeń podanych przez Weilandta (2001). Wartość opałową biogazu obliczono wg Ochęduszki (1967). Statystyczne opracowanie wyników badań przeprowadzono za pomocą programu Statistica ver. 8.0. Istotność różnic obliczono z wykorzystaniem testu najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Plon suchej masy roślin *Elymus elongatus* w fazie wegetatywnej wynosił ponad 3 t suchej masy w przeliczeniu na 1 ha powierzchni uprawy roślin. W kolejnych fazach rozwoju roślin odnotowano wzrost plonu do wartości 9,1 t s.m./ha (kłoszenie), a w fazie początku kwitnienia do 12,8 t s.m./ha (tab. 1).

Tabela 1

**Plonowanie *Elymus elongatus* var. *ponticus* w zależności od fazy rozwojowej w przeliczeniu na 1 ha powierzchni uprawy**  
**Yield of biomass of *Elymus elongatus* var. *ponticus* depending on development stage**

Faza rozwojowa Development stage	Plon — Yield (t/ha)		
	zielona masa fresh weight	powietrznie sucha masa aerial dry matter	sucha masa dry matter
Wegetatywna Vegetative phase	15,06	2,71	3,11
Początek kłoszenia Beginning of earing	26,95	7,93	9,11
Początek kwitnienia Beginning of flowering	32,20	11,14	12,81
Dojrzałość pełna nasion Seeds maturity	24,26	10,15	12,01

W fazie pełnej dojrzałości nasion ilość świeżej masy zebranej z 1 ha powierzchni uprawy wynosiła 24,3 t/ha (ponad 12 t/ha w przeliczeniu na suchą masę). Potencjał plonowania badanych roślin był zbliżony do wartości podawanej przez Duka (1983) dla *Elymus elongatus* i porównywalny z plonowaniem wieloletnich gatunków traw typu C-4 fotosyntezy w doświadczeniach Piłata (2008): *Andropogon gerardi*, *Panicum virgatum* i *Miscanthus sacchariflorus*.

W fazie wegetatywnej w badanych roślinach wydmuchrzycy pontyjskiej zawartość suchej masy wahała się od 177,2 do 252,1 (średnio 206,4) g/kg zielonej masy. Dominującym składnikiem suchej masy było włókno surowe. Zawartość tego składnika wynosiła średnio 31,8% (od 24,3% do ponad 38%). Białko surowe stanowiło przeciętnie 19,2% suchej masy (od 11,5% do 28,4%; tab. 2). W fazie kłoszenia odnotowano wzrost zawartości suchej masy w roślinach do 33,8%. W okresie wykształcania kwiatostanów

*Elymus elongatus* var. *ponticus* podlegał procesom drewnienia. Ilość włókna surowego w suchej masie stanowiła przeciętnie ponad 43% (od 38,1% do 46,7%).

Tabela 2

**Skład chemiczny roślin *Elymus elongatus* var. *ponticus* w fazach wegetacji w sezonie 2007**  
**Chemical composition of *Elymus elongatus* var. *ponticus* in vegetation phases during the 2007 season**

Wyszczególnienie Specification	SM (g/kg)	Zawartość w suchej masie — Content in dry matter (g/kg)										PB*	C/PB	FC
		PS	BS	TŁ	WŁ	NDF	ADF	HEM	ADL	BNW	C			
Faza wegetatywna — Vegetative phase (18–67 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=32														
x	206,4 <sup>a</sup>	75,2 <sup>a</sup>	192,4 <sup>a</sup>	33,3 <sup>a</sup>	318,5 <sup>a</sup>	564,3 <sup>a</sup>	334,1 <sup>a</sup>	230,2 <sup>a</sup>	30,7 <sup>a</sup>	380,6 <sup>a</sup>	57,9 <sup>a</sup>	89,2 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	25,84 <sup>a</sup>
±	21,5	15,7	52,6	6,9	51,7	73,7	51,3	27,3	6,9	30,3	12,5	13,2	0,17	3,1
Min.	177,2	50,4	114,6	21,2	243,5	465,3	270,1	176,5	22,7	312,6	38,6	68,6	0,38	20,74
Max.	252,1	105,6	284,5	45,2	384,8	735,7	451,6	284,1	46,5	448,4	88,3	120,0	1,29	33,50
Kłoszenie — Earing (74–116 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=28														
x	338,0 <sup>b</sup>	47,7 <sup>b</sup>	77,2 <sup>b</sup>	21,0 <sup>b</sup>	436,7 <sup>b</sup>	724,5 <sup>b</sup>	440,9 <sup>b</sup>	283,8 <sup>b</sup>	56,9 <sup>bc</sup>	417,4 <sup>bc</sup>	73,1 <sup>bc</sup>	54,9 <sup>bc</sup>	1,36 <sup>b</sup>	44,65 <sup>b</sup>
±	50,3	7,2	15,7	3,1	24,5	29,4	23,8	21,4	7,9	12,5	15,7	6,3	0,37	7,47
Min.	276,7	36,0	56,9	13,9	381,3	657,7	391,1	246,8	43,2	388,2	44,9	41,8	0,87	35,17
Max.	425,8	61,8	110,3	26,4	467,4	783,6	477,2	333,3	75,1	434,6	105,9	65,9	2,14	57,39
Początek kwitnienia — Beginning of flowering — (123 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=4														
x	397,8 <sup>c</sup>	42,2 <sup>b</sup>	70,7 <sup>b</sup>	16,7 <sup>b</sup>	476,0 <sup>bc</sup>	721,2 <sup>b</sup>	455,4 <sup>b</sup>	268,9 <sup>b</sup>	63,4 <sup>bc</sup>	394,4 <sup>bc</sup>	93,7 <sup>bd</sup>	52,5 <sup>bc</sup>	1,78 <sup>c</sup>	54,02 <sup>c</sup>
±	6,5	2,4	7,4	1,0	6,6	25,4	25,2	15,6	2,9	39,6	16,3	2,0	0,29	2,56
Min.	387,6	39,3	63,5	15,2	473,8	693,0	437,3	255,7	61,2	473,8	70,4	50,3	1,69	53,48
Max.	405,7	49,6	83,1	18,0	486,6	781,9	491,1	290,8	68,5	486,6	116,5	55,3	2,18	58,01
Dojrzałość pełna — Full maturity (186 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=4														
x	495,0 <sup>d</sup>	39,4 <sup>b</sup>	51,6 <sup>b</sup>	17,4 <sup>b</sup>	407,1 <sup>bd</sup>	723,8 <sup>b</sup>	460,8 <sup>b</sup>	262,9 <sup>b</sup>	78,7 <sup>bdf</sup>	484,5 <sup>bdf</sup>	94,0 <sup>bd</sup>	37,9 <sup>bdf</sup>	2,48 <sup>d</sup>	69,34 <sup>d</sup>
±	20,2	6,3	5,0	1,3	19,0	24,0	19,5	12,7	2,8	20,7	14,6	0,9	0,39	3,28
Min.	460,1	32,0	44,0	16,3	382,8	703,5	439,2	244,6	75,4	459,1	72,5	36,9	1,91	66,20
Max.	509,2	47,3	56,9	19,7	436,4	764,5	492,2	272,3	81,2	509,1	103,9	39,0	2,62	73,35

\*Gramy kwasu mlekowego/100 g suchej masy; Grams of lactic acid/100 g dry matter

a, b, c — Grupy jednorodnie na podstawie testu Duncana, na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ ; Homogenous groups according to Duncan test, significance level  $p \leq 0,05$

N — Ilość pobranych próbek; Number of taken samples

SM — Sucha masa; Dry matter

PS — Popiół surowy; Crude ash

BS — Białko surowe; Crude protein

TŁ — Tłuszcz surowy; Crude fat

WŁ — Włókno surowe; Crude fibre

NDF — Neutralno detergentowa frakcja włókna surowego; Neutral detergent fraction

ADF — Kwaśno detergentowa frakcja włókna surowego; Acid detergent fraction

HEM — Hemiceluloza; Hemicellulose

ADL — Kwaśna lignina; Acid detergent lignin

BNW — Bezazotowe związki wyciągowe; N-free extract

C — Węglowodany rozpuszczalne w wodzie; Water soluble carbohydrates

PB — Pojemność buforowa; Buffering capacity

FC — Współczynnik fermentacji; Fermentation coefficient

Zawartość białka w suchej masie (tab. 2) uległa obniżeniu średnio do poziomu 7,7% (od 5,7% do 11,0%). W kolejnej fazie rozwoju roślin (początek kwitnienia) stwierdzono wzrost poziomu suchej masy do 40% oraz wyższą ilość odłożonego włókna surowego

(przeciętnie 47,6% s.m.), natomiast dalszemu obniżeniu uległa zawartość białka (do 7,1% s.m.). W fazie pełnej dojrzałości nasion rośliny cechowały się przeciętną zawartością suchej masy na poziomie 49,5% (od 46,0% do 50,9%). Białko stanowiło średnio 5,2%, a włókno surowe — 40,7% suchej masy. Współczynnik fermentacji zielonki w fazie wegetatywnej (tab. 2) był niski i wynosił 25,85 (od 20,74 do 33,50). W kolejnych fazach rozwojowych *Elymus elongatus* var. *ponticus* wartość tego współczynnika ulegała podwyższeniu, co gwarantuje prawidłowy przebieg i pożądany kierunek fermentacji w zakiszanej biomasie. Współczynnik fermentacji powyżej 35% pozwala zakwalifikować badany gatunek do roślin łatwo ulegających procesowi zakiszania. (Weissbach, 1998). Przeciętna zawartość suchej masy w kiszonkach wynosiła 45,1% (tab. 3). W kiszonkach dominował kwas octowy (1,2%). Ilość kwasu mlekowego wynosiła 0,96%. Odnotowano ponadto śladowe ilości kwasu masłowego (0,095%). Wartość pH kiszonek wynosiła 3,78.

Tabela 3

**Skład chemiczny zielonek i kiszonek z *Elymus elongatus* var. *ponticus***  
**The chemical composition of green forages and silages from *Elymus elongatus* var. *ponticus***

Wyszczególnienie Specification	SM (g/kg)	Zawartość w suchej masie — Content in dry matter (g/kg)										PB*	C/PB	FC
		PS	BS	TŁ	WŁ	NDF	ADF	HEM	ADL	BNW	C			
Zielonka — Green forage														
N=5														
x	442,1	44,7	54,2	20,0	387,7	674,5	416,0	258,5	61,7	493,4	126,0	3,67	3,43	71,65
±	53,0	2,5	3,3	1,6	30,1	28,0	24,3	19,2	2,6	29,8				
Kiszonka — Silage														
N=5														
x	451,1	134,0	62,9	17,6	375,9	709,3	492,7	216,6	—	409,6	—	—	—	—
±	61,1	19,7	3,8	2,7	31,5	33,7	26,1	28,0		25,0				
Kiszonka — Silage														
Zawartość kwasów — Content of acids (%)												pH		
mlekowy — lactic acid				octowy — vinegar acid				masłowy — butter acid						
0,96				1,20				0,095				3,78		

\*Gramy kwasu mlekowego /100gramów suchej masy; Grams of lactic acid/100 g dry matter

N — Ilość pobranych prób; Number of taken samples,

SM — Sucha masa; Dry matter

PS — Popiół surowy; Crude ash

BS — Białko surowe; Crude protein

TŁ — Tłuszcz surowy; Crude fat

WŁ — Włókno surowe; Crude fibre

NDF — Neutralno detergentowa frakcja włókna surowego; Neutral detergent fraction

ADF — Kwaśno detergentowa frakcja włókna surowego; Acid detergent fraction

HEM — Hemiceluloza; Hemicellulose

ADL — Kwaśna lignina; Acid detergent lignin

BNW — Bezażotowe związki wyciągowe; N-free extract

C — Węglowodany rozpuszczalne w wodzie; Water soluble carbohydrates

PB — Pojemność buforowa; Buffering capacity

FC — Współczynnik fermentacji; Fermentation coefficient

Wartość energetyczna w fazie wegetatywnej wynosiła 10,89 MJ energii brutto (tab. 4). W późniejszych okresach wegetacji (początek kłoszenia do dojrzałości pełnej nasion) wartość energetyczna ustabilizowała się na poziomie od 15,6 do 16 MJ.

Tabela 4

**Plon energii brutto uzyskanej z 1 ha *Elymus elongatus* var. *ponticus***  
**The crop of energy got from 1 ha of *Elymus elongatus* var. *ponticus***

Faza rozwojowa Development stage	Wartość energetyczna powietrznie suchej masy Energy value of aerial dry mass (MJ/kg)	Plon energii — Crop of energy (GJ/ha)	
		świeża masa fresh matter	sucha masa (87%) dry matter
Wegetatywna Vegetative phase	10,87	38,85	29,46
Początek kłoszenia Beginning of earing	15,62	163,58	123,87
Początek kwitnienia Beginning of flowering	15,61	229,91	173,89
Dojrzałość pełna nasion Seed maturity	16,05	215,19	162,91

Trawy fotosyntezy C-4 (*Panicum virgatum*, *Miscanthus sacchariflorus*, *Andropogon gerardi*) charakteryzowały się wyższą (17 MJ) zawartością energii w 1 kg powietrznie suchej masy (Piłat, 2008). Wartość energetyczna plonu pozyskanego w wyniku uprawy *Elymus elongatus* var. *ponticus* w fazie początku kwitnienia do początku dojrzałości nasion była wysoka. Z 1 ha powierzchni uprawy uzyskano odpowiednio od 162,6 do 173,9 GJ. Uzyskany plon energii był niższy niż przy uprawie traw typu C-4, który w badaniach Piłata (2008) wynosił ponad 250 GJ/ha. Wydajność metanu z 1 kg strawnej substancji organicznej roślin wydmuchrzycy pontyjskiej była najniższa w fazie wegetatywnej i wynosiła 75,5 l (tab. 5).

Tabela 5

**Teoretyczna wydajność biogazu i wartość energii uzyskana z 1 ha powierzchni uprawy *Elymus elongatus* var. *ponticus***  
**Theoretical efficiency of biogas and the value of energy got from 1 ha of *Elymus elongatus* var. *ponticus* plantation**

Faza rozwojowa Development stage	Wydajność biogazu w fazach wegetacji (l/kg strawnej substancji organicznej) Efficiency of biogas in phases of vegetation (l/kg of digestible organic substance)	Wydajność CH <sub>4</sub> w fazach wegetacji (l/kg strawnej substancji organicznej) Efficiency of CH <sub>4</sub> in phases of vegetation (l/kg of digestible organic substance)	Teoretyczna wydajność Theoretical efficiency of CH <sub>4</sub> (l/ha)	Teoretyczna ilość energii Theoretical quantity of energy (GJ/ha)
Wegetatywna Vegetative phase	108,7	75,5	1309	0,046
Początek kłoszenia Beginning of earing	383,49	218,03	861218	30,83
Początek kwitnienia Beginning of flowering	382,31	216,81	1209799	43,31
Dojrzałość pełna nasion Seed maturity	484,78	287,02	1506855	53,94

Począwszy od fazy początku kłoszenia roślin do fazy dojrzałości pełnej nasion ilość metanu możliwa do uzyskania z 1 kg strawnej substancji organicznej była wyrównana i wynosiła odpowiednio od 218 do 287 l. Wartości te były zbliżone do ilości metanu uzyskiwanego z kisonki z prasowanych wysłodków buraczanych, z których otrzymano

262 l z 1 kg strawnej substancji. Kiszonki z kukurydzy, żyta oraz traw charakteryzowały się wyższym poziomem produkcji metanu, wartości te wynosiły odpowiednio 385, 374 i 341 litrów z 1 kg strawnej substancji organicznej (Weilandt, 2001).

#### WNIOSKI

1. Wartość współczynnika fermentacji roślin *Elymus elongatus* var. *ponticus*, począwszy od fazy kłoszenia, pozwala zakwalifikować zielonkę do materiałów łatwo kiszących się.
2. Rośliny *Elymus elongatus* var. *ponticus* stanowiąc mogą potencjalny substrat do biogazowni.
3. Wysoka zawartość węglowodanów strukturalnych wskazuje na możliwość wykorzystania biomasy do różnych technologii wytwarzania energii.

#### LITERATURA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> Ed. Assoc. Office Anal. Chem., Arlington, Virginia, USA.
- Duke J. 1983. Handbook of energy crops. [www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/dukeindex.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html).
- Goering H. K., Van Soest P. J. 1970. Forage fibre analyses, apparatus, reagents, procedures and some applications, Agriculture Handbook No. 379. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Janicki B., Piłat J. 1998. Wpływ różnych dodatków do zakiszania na wartość pH kiszzonek sporządzonych z traw i motylkowatych oraz kukurydzy o zróżnicowanej zawartości suchej masy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 462: 403 — 408.
- Ochęduszek S. 1967. Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa: 358 ss.
- Piłat J. 2008. Pora na C-4. Agroenergetyka 2: 23 — 26.
- Polska Norma. 1994. Pasze. Oznaczanie zawartości cukrów. PN-R-64784, 4 ss.
- Weiland P. 2001. Grundlagen der Methangärung-Biologie und Substrate, VDI Berichte, Nr. 1620 "Biogas als regenerative Energie-Stand und Perspektive", VDI Verlag: 19 — 32.
- Weissbach F. 1992. Bestimmung der Pufferkapazität. Institut für Grünland und Futterpflanzenforschung FAL, Braunschweig: 3 ss.
- Weissbach F. 1998. Über der Einfluss von verschiedenen Kräutern in Aufwuchs extensive genutzter Wiesen auf den Gärungsverlauf bei Bereitung von Grassilage. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 462: 297 — 313.