

Ertrag und Futterwert von Hirse-Ganzpflanzensilage in der Rinderfütterung im Vergleich zu Silomais

Yield and nutritive value of whole plant sorghum silage in cattle feeding compared to forage maize

Georg Terler^{1*}, Reinhard Resch¹, Stefanie Gappmaier¹, Anton Schauer¹,
Josef Kaufmann¹ und Leonhard Gruber

Zusammenfassung

In den letzten Jahren haben das Auftreten des Maiswurzelbohrers (*Diabrotica virgifera*) und zunehmende Trockenperioden im Sommer vermehrt zu Schäden und Ernteaufwänden in Maiskulturen geführt. Aus diesem Grund kam zunehmend Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Form von Hirse-Ganzpflanzensilage (GPS) als Alternativfuttermittel für die Rinderfütterung ins Gespräch. Da jedoch bislang kaum Informationen zum Futterwert von Hirse-GPS in Mitteleuropa vorlagen, wurden im Zuge des EIP-Projekts „Innobrotics“ Ertrag, Nährstoffzusammensetzung, Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit von Hirsensilagen verschiedener Sorten untersucht und mit Maissilage verglichen. Der Versuch erstreckte sich über drei Erntejahre (2016 bis 2018) und umfasste sechs verschiedene Sorghum-Sorten: ES Aristos (Biomassehirse), ES Harmattan, RGT Vegga, NutriGrain, Primsilo (jeweils Silohirse) und RGT Ggaby (Körnerhirse). Alle Sorten wurden in drei verschiedenen Reifestadien (Ende Milchreife, Mitte Teigreife und physiologische Reife) geerntet. Als Referenz wurde zudem eine Silomais-Sorte (Angelo) untersucht. Der Ertrag der Biomassehirse lag deutlich über jenem von Silomais, während alle anderen Sorten niedrigere Erträge als Silomais aufwiesen. Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf die Nährstoffzusammensetzung der Hirse-GPS. Mit zunehmendem Rispenanteil der Sorten sank der Gehalt an Faserkohlenhydraten und stieg der Gehalt an Nicht-Faserkohlenhydraten. Aus diesem Grund wiesen kornreiche Sorten eine höhere Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit und somit einen höheren Energiegehalt auf. Bis zur Mitte der Teigreife der Körner nahm der Stärkegehalt auf Kosten des Fasergehalts signifikant zu. Im weiteren Reifeverlauf veränderte sich die Nährstoffzusammensetzung nicht mehr, während jedoch die Faserverdaulichkeit abnahm. Deshalb wurden zur Mitte der Teigreife die höchste Verdaulichkeit der organischen Masse und der höchste Energiegehalt erzielt. Im Vergleich zu Silomais war der Futterwert von Hirse-GPS deutlich geringer, was vor allem auf einen geringeren Stärkegehalt und eine geringere Gesamtverdaulichkeit zurückzuführen war. Dies spricht gegen den Einsatz von Hirse-GPS in der Rinderfütterung. Vor allem bei hohem Maiswurzelbohrerdruck oder langen Trockenperioden im Sommer kann jedoch Hirsensilage aufgrund der Ertragssicherheit eine interessante Alternative sein. Bei der Erzeugung von Hirsensilagen sollte jedenfalls auf kornreiche Sorten gesetzt werden und die Ernte zur Mitte der Teigreife der Körner erfolgen.

Schlagwörter: Sorte, Erntezeitpunkt, Nährstoffzusammensetzung, Pansenabbaubarkeit, Gesamtverdaulichkeit

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft,
Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Georg Terler, email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

Summary

In the last years, the occurrence of the Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera*) and dry periods in summer led to increasing damages in maize cultivation. For this reason, whole plant silage from sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) was discussed as alternative cattle feed. However, so far, there is only little information on nutritive value of whole plant sorghum silage (WPSS) in Central Europe. Therefore, yield, nutrient composition, ruminal degradability and whole tract digestibility of WPSS from different varieties were examined and compared with whole plant maize silage (WPMS) within the EIP project "Innobrotics". This trial lasted for three years (2016 to 2018) and included six different sorghum varieties: ES Aristos (biomass sorghum), ES Harmattan, RGT Vegga, NutriGrain, Primsilo (silage sorghum) and RGT Ggaby (grain sorghum). Varieties were harvested in three different maturity stages (late milk stage, dough stage, physiological maturity). Furthermore, an often used forage maize variety (Angelo) was tested as reference. Yield of biomass sorghum was significantly higher while yield of all other tested varieties was lower compared to forage maize. Nutrient composition of WPSS was significantly affected by variety. Rising panicle proportion led to lower content of fibre carbohydrates and higher content of non-fibre carbohydrates. Therefore, grain-rich varieties had higher effective ruminal degradability and whole tract digestibility and, as a consequence, higher energy content. Starch content rose and fibre content sank until the dough stage of grains. During further maturation, nutrient composition of WPSS was constant while fibre digestibility decreased. Therefore, highest whole tract digestibility of organic matter and highest energy content was achieved at dough stage of maturity. Nutritive value of WPSS was markedly lower compared to forage maize, which was mainly due to lower starch content and lower whole tract digestibility. This is an argument against using WPSS in cattle feeding. However, especially in regions with high occurrence of the Western corn rootworm or long dry periods in summer, WPSS can be an interesting alternative to WPMS. In the production of WPSS, grain-rich varieties should be used preferentially and harvested at dough stage of grain maturity.

Keywords: variety, harvest date, nutrient composition, ruminal degradability, whole tract digestibility

Einleitung

In den letzten Jahren waren in Mitteleuropa vermehrt Schäden oder Ernteausfälle im Maisanbau zu verzeichnen. Gründe dafür waren einerseits das Auftreten des Maiswurzelbohrers und andererseits zunehmende Trockenperioden im Sommer. Mittlerweile hat sich der Maiswurzelbohrer auf ganz Österreich ausgebreitet (AGES 2019). Der Maiswurzelbohrer schädigt die Maispflanze einerseits durch Narbenfraß (adulte Käfer fressen Narbenfäden der Pflanze und verhindern so die Befruchtung) und andererseits durch Wurzelfraß (Larven fressen Wurzeln der Maispflanze und verringern so die Standfestigkeit). Neben früher Maisaussaat und dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln kann die Durchführung einer Fruchtfolge Schäden durch den Maiswurzelbohrer reduzieren (FRAGNER und BÖCK 2017). Trockenschäden im Maisanbau traten speziell im Jahr 2018 auf, als es in weiten Teilen Deutschlands und im Norden Österreichs von April bis Anfang August kaum regnete, was zu deutlichen Ertrags- und Qualitätseinbußen im Silomais-Anbau führte (MAHLKOW-NERGE 2018). Häufige Folgen von Wassermangel im Silomaisanbau sind verringertes Längenwachstum (geringerer Ertrag), Ausbildung kolbenloser Pflanzen oder Kolben mit kleinen Körnern bzw. verringerter Kornzahl (LÜTKE ENTRUP et al. 2013).

Aufgrund der Maiswurzelbohrer-Problematik kam vermehrt Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) als Alternativkultur ins Gespräch, da sie ähnliche Nährstoffansprüche wie Silomais hat (vor allem was die Stickstoff- und Phosphorversorgung betrifft) (BMLFUW 2017) und weniger anfällig für Schäden durch den Maiswurzelbohrer ist (ETTLE et al. 2016). Weiters ist sie in ihrem Erscheinungsbild und ihrer Zusammensetzung dem Mais ähnlich, weshalb vergleichbare Erträge und Futterqualitäten erwartet werden. Zudem ist Hirse trockenheitstoleranter als Mais. Hirse kann sich von Dürreperioden besser erholen und erzielt somit in (sehr) trockenen Jahren höhere Erträge als Mais (BLACK et al. 1980, HART 1990, PINO und HEINRICHS 2017). Weiters hat Hirse auch eine kürzere Vegetationsperiode (gelangt rascher zur Reife) als Mais. Das bedeutet, dass Trockenperioden im Spätsommer bei Hirse zu geringeren Ertragsrückgängen führen, da die Ertragsbildung bis dahin weitestgehend abgeschlossen ist (FARRÉ und FACI 2006, PINO und HEINRICHS 2017). Durch die kürzere Vegetationsperiode ist es in Gunstlagen auch möglich, Hirse als Zweitfrucht, z.B. nach Wintergetreide, anzubauen (DANIEL et al. 2018, LYONS et al. 2019). Bis dato liegen jedoch kaum wissenschaftliche Untersuchungen zu Ertrag und Futterwert von Hirse unter mitteleuropäischen Klimabedingungen vor. Daher wurde im Zuge des EIP-Projekts „Innobrotics“ ein Versuch gestartet, in welchem Ertrag, Nährstoffzusammensetzung, Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit von Hirse-Ganzpflanzensilage (GPS) untersucht wurde. Ziel dieses Projektes war, den Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die oben genannten Parameter von Hirse-GPS zu testen.

Material und Methoden

Anbau und Ernte der Hirse-Sorten

In einem dreijährigen Versuch wurden sechs verschiedene Sorghumhirse-Sorten untersucht, welche hinsichtlich ihres vorwiegenden Nutzungstyps in drei verschiedene Gruppen eingeteilt wurden: ES Aristos (Biomassehirse – BH), ES Harmattan, RGT Vegga, NutriGrain, Primsilo (Silohirse – SH) und RGT Ggaby (Körnerhirse – KH). Als Referenz wurde zusätzlich eine für das Anbauggebiet typische Silomais-Sorte (Angelo) untersucht.

Der Anbau der Hirse-Sorten erfolgte an der LFS Hafendorf (Kapfenberg, Steiermark). Der Anbau und die Pflegemaßnahmen wurden durch die Bediensteten der LFS Hafendorf und des Versuchsreferats Steiermark durchgeführt. Die Anbauzeitpunkte waren für alle Sorten der 12.05.2016, 10.05.2017 und 02.05.2018. Zwei bis drei Wochen vor dem Anbau erfolgte eine Düngung mit Biogasgülle und vier Wochen nach der Saat eine Nachaufspritzung zur Unkrautbekämpfung. Die Witterung während der Vegetationsperiode war in den Jahren 2016 und 2017 ähnlich. Im Jahr 2018 waren dagegen die Monate Mai und August deutlich niederschlagsreicher, während der Juli wesentlich trockener war als in den beiden anderen Versuchsjahren. Die Ernte erfolgte zu drei verschiedenen Erntezeitpunkten (Ende Milchreife – „früh“, Mitte Teigreife – „mittel“, physiologische Kornreife – „spät“). Der Silomais wurde aus versuchstechnischen Gründen nur zum mittleren Erntezeitpunkt geerntet. Das Häckselgut jeder Sorte wurde in mehrere Kunststoffässer gefüllt und gut verdichtet. Die Fässer wurden anschließend luftdicht verschlossen und zur HBLFA Raumberg-Gumpenstein transportiert. Nach rund 4 Monaten Lagerzeit wurden die Fässer geöffnet und mit Hilfe eines Probenbohrers Futterproben für die Nährstoffanalyse gezogen. Die restliche Hirsesilagemenge von etwa 100 kg TM wurde in einem Futtermischer homogenisiert und bis zur Untersuchung der Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit tiefgefroren.

Untersuchung des Futterwerts

Die Futterproben für die Untersuchung der Nährstoffzusammensetzung wurden bei 50-55 °C für 72 h schonend getrocknet und anschließend auf 1 mm Partikelgröße vermahlen. Die chemische Analyse erfolgte nach den Methoden des VDLUFA (2012): (Trockenmasse (TM):

Methode 3.1; Rohprotein (XP): 4.1.2; Rohfett (XL): 5.1.1; Rohfaser (XF): 6.1.1; Rohasche (XA): 8.1; Neutral-Detergentien-Faser (NDF): 6.5.1, Säure-Detergentien-Faser (ADF): 6.5.2, Lignin (ADL): 6.5.3, Stärke (XS): 7.2.1, Zucker (XZ): 7.1.1). Bei der Ermittlung des TM-Gehalts der Futtermittel wurden die bei der Trocknung entstehenden unvermeidlichen Verluste an flüchtigen Fettsäuren mit Hilfe der Formeln für Maissilage von WEIßBACH und KUHLA (1995) berücksichtigt.

Die Futterproben für die Bestimmung der Pansenabbaubarkeit wurden ebenfalls bei 50-55 °C 72 h schonend getrocknet und danach auf 2 mm vermahlen. Anschließend wurde die Pansenabbaubarkeit der Futtermittel nach der Methode von ØRSKOV et al. (1980) an drei Pansen-fistulierten, trocken gestellten Kühen der Rasse Holstein Friesian×Brown Swiss bestimmt. Um die Abbaukinetik der Futtermittel untersuchen zu können, wurden 10 verschiedene Inkubationszeiten (0, 3, 6, 10, 14, 24, 42, 65, 92 und 120 h) verwendet. Für die Inkubation wurden die Futtermittel in Nylonbags (10×20 cm, 50 µm Porengröße) gefüllt. Bei den Inkubationsstufen 0 bis 65 h betrug die Füllmenge 5,7 g und bei den Inkubationsstufen 92 und 120 h 6,2 g pro Säckchen. Nach Ablauf der jeweiligen Inkubationsdauer wurden die Nylonbags wieder aus dem Pansen entnommen, schonend getrocknet, gewogen und anschließend der TM-, XP-, XA- und NDF-Gehalt bestimmt. Mit Hilfe der Formeln von ØRSKOV und McDONALD (1979) wurde anschließend die effektive Pansenabbaubarkeit von TM, NDF und Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) berechnet. Eine detailliertere Beschreibung der Untersuchung der ruminalen Abbaubarkeit findet sich in GRUBER et al. (2014). Die Untersuchung der Pansenabbaubarkeit wurde nur in den Versuchsjahren 2016 und 2017 durchgeführt.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit wurde an drei Hammeln pro Futtermittel nach den Leitlinien der GFE (1991) durchgeführt. Die tägliche Futtermenge entsprach in etwa dem Erhaltungsbedarf der Tiere (1 kg TM pro Tag, 2 Mahlzeiten). Neben dem Versuchsfuttermittel erhielten die Hammel täglich 100 g Sojaextraktionsschrot, 20 g Mineralfuttermittel und 4 g Viehsalz als Nährstoffergänzung. Futteraufnahme und Kotalausscheidung wurden pro Versuchsperiode fünf Tage lang erhoben. Davor wurden die Tiere 2 Wochen an das jeweilige Futtermittel gewöhnt. Die Analyse des Kotes erfolgte nach denselben Methoden wie für die Futtermittel. Der Gehalt an metabolischer Energie (ME) und Nettoenergie Laktation (NEL) wurde nach den Vorgaben der GFE (2001) unter Verwendung der im Verdauungsversuch bestimmten Verdaulichkeit ermittelt.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm Statgraphics Centurion XVII unter Verwendung eines Allgemeinen Linearen Modells (GLM). Als Hauptfaktoren wurden jeweils Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr verwendet. Bei der Auswertung der Nährstoffzusammensetzung wurde zudem die Wechselwirkung Erntezeitpunkt × Jahr herangezogen, da diese signifikant war. Alle weiteren Wechselwirkungen waren nicht signifikant und wurden daher in der Auswertung nicht berücksichtigt. Für die paarweisen Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-Test verwendet und das Konfidenzniveau wurde mit 95 % angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

In diesem Tagungsbeitrag werden die wichtigsten Ergebnisse dieses Forschungsprojekts dargestellt und erläutert. Detailliertere Ergebnisse finden sich im Projekt-Abschlussbericht auf der Homepage der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (TERLER et al. 2020).

Trockenmassegehalt, Rispenteil und Ertrag

Die untersuchten Sorten unterschieden sich deutlich hinsichtlich des TM-Gehalts, des Rispanteils und des Ertrags (Tabelle 1). Mit Ausnahme der Sorte Primisilo (kornreiche SH-Sorte) wiesen speziell die GPS der SH-Sorten einen sehr niedrigen TM-Gehalt auf

Tabelle 1: Trockenmasse-Gehalt, Rispenanteil und Ertrag von Hirse-Ganzpflanzensilage im Vergleich zu Silomais

	TM-Gehalt	Rispenanteil	TM-Ertrag	ME-Ertrag	XP-Ertrag
	g/kg FM	%	kg/ha	GJ/ha	kg/ha
Sorte					
ES Aristos	273 ^c	10,5 ^a	24.899 ^b	206,0 ^b	1.508 ^b
ES Harmattan	214 ^a	27,8 ^b	12.374 ^a	108,8 ^a	1.017 ^a
RGT Vegga	223 ^{ab}	28,3 ^b	15.037 ^a	134,7 ^{ab}	1.267 ^{ab}
NutriGrain	237 ^b	40,0 ^c	15.316 ^a	144,4 ^{ab}	1.278 ^{ab}
Primsilo	310 ^d	53,3 ^d	14.369 ^a	136,9 ^{ab}	1.085 ^{ab}
RGT Ggaby	296 ^d	59,1 ^d	16.742 ^a	162,8 ^b	1.378 ^{ab}
Erntezeitpunkt					
Früh	241 ^a	30,4 ^a	13.759 ^a	119,7 ^a	1.114
Mittel	263 ^b	39,2 ^b	17.650 ^b	160,3 ^b	1.333
Spät	273 ^c	39,9 ^b	17.959 ^b	166,7 ^b	1.320
Jahr					
2016	247 ^a	31,0 ^a	16.188	142,8	1.330 ^b
2017	257 ^a	37,0 ^{ab}	17.239	156,2	1.413 ^b
2018	273 ^b	41,5 ^b	15.941	147,9	1.024 ^a
Statistik					
p Sorte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,016
p Erntezeitpunkt	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,063
p Jahr	<0,001	<0,001	0,540	0,551	0,001
rSD	16	6,1	3.159	30,4	279
R ²	88,2	93,2	72,0	65,9	52,6
Silomais					
	328	61,0	20.136	220,9	1.389

TM = Trockenmasse; FM = Frischmasse; ME = umsetzbare Energie; XP = Rohprotein; rSD = Residual-Standardabweichung; R² = Bestimmtheitsmaß.

(< 250 g/kg FM), was auch durch Ergebnisse aus früheren Untersuchungen bestätigt wird (COLOMBINI et al. 2010, ETTLE et al. 2016). Der Rispenanteil lag bei diesen Sorten zwischen 27,8 und 40,0 % und damit ebenfalls auf niedrigem Niveau. Sehr niedrig war der Rispenanteil bei der BH-Sorte (10,5 %). Der TM-Gehalt und der Rispenanteil der Sorten Primsilo und RGT Ggaby (KH) lagen dagegen nur geringfügig unter dem Wert von Silomais. Mit fortschreitender Reife nahmen der TM-Gehalt und der Rispenanteil signifikant zu.

Hinsichtlich des TM-Ertrags hob sich die BH-Sorte ES Aristos deutlich positiv von den übrigen Sorten ab. Auch der ME- und XP-Ertrag war bei dieser Sorte am höchsten, aufgrund des niedrigen Futterwerts unterschied sie sich jedoch nicht signifikant von den meisten anderen Sorten. Innerhalb der SH- und KH-Sorten traten keine wesentlichen Unterschiede im TM-, XP- und ME-Ertrag auf. Das VERSUCHSREFERAT STEIERMARK (2019) führte am selben Standort parallel zum aktuellen Versuch Ertragserhebungen durch, wobei SH- und BH-Sorten verwendet wurden. Der TM-Ertrag schwankte je nach Sorte und Jahr zwischen 9,3 und 25,3 t/ha, wodurch die eigenen Ergebnisse bestätigt werden. Beim Anbau von KH-Sorten kann laut BOLSEN und WHITE (2007) mit einem TM-Ertrag von rund 10 bis 15 t/ha gerechnet werden. Im aktuellen Versuch lag der Ertrag der KH-Sorte (16,7 t TM/ha) über diesem Bereich.

Der höchste TM- und ME-Ertrag wurde zum späten Erntezeitpunkt erzielt, wobei jedoch der Unterschied zum mittleren Erntezeitpunkt nicht signifikant war. Dies steht im Widerspruch zur Studie von BLACK et al. (1980), in welcher der höchste Energieertrag

Tabelle 2: Nährstoffzusammensetzung von Hirse-Ganzpflanzensilage im Vergleich zu Silomais

	XP	XL	XF	XA	NDF	ADF	ADL	NFC	XS	XZ
	----- g/kg TM -----									
Sorte										
ES Aristos	62,7 ^a	16,0 ^a	356 ^d	67,0 ^a	616 ^d	400 ^e	56,0 ^d	238 ^a	68 ^a	25,7 ^b
ES Harmattan	74,5 ^b	23,5 ^b	320 ^c	78,2 ^b	567 ^c	359 ^d	45,7 ^{bc}	256 ^{ab}	116 ^b	17,6 ^{ab}
RGT Vegga	84,0 ^c	23,9 ^b	300 ^c	85,2 ^c	531 ^b	338 ^{cd}	41,5 ^{ab}	276 ^b	125 ^b	17,5 ^{ab}
NutriGrain	85,2 ^c	25,3 ^b	263 ^{ab}	79,9 ^{bc}	500 ^b	303 ^b	38,2 ^{ab}	310 ^c	190 ^c	15,1 ^{ab}
Primsilo	70,9 ^b	23,5 ^b	267 ^b	66,8 ^a	505 ^b	317 ^{bc}	51,5 ^{cd}	333 ^{cd}	248 ^{cd}	12,7 ^{ab}
RGT Ggaby	82,7 ^c	28,1 ^c	239 ^a	70,0 ^a	458 ^a	277 ^a	35,7 ^a	362 ^d	277 ^d	10,8 ^a
Erntezeitpunkt										
Früh	79,5	22,3 ^a	311 ^b	77,9 ^b	560 ^b	352 ^b	44,1	261 ^a	132 ^a	20,4 ^b
Mittel	75,3	23,5 ^{ab}	282 ^a	73,3 ^a	515 ^a	324 ^a	44,6	312 ^b	185 ^b	12,1 ^a
Spät	75,2	24,3 ^b	280 ^a	72,3 ^a	513 ^a	321 ^a	45,6	315 ^b	194 ^b	17,1 ^{ab}
Jahr										
2016	80,3 ^b	22,5 ^a	305 ^b	73,9	540 ^b	346 ^b	44,9 ^{ab}	283 ^a	118 ^a	28,4 ^b
2017	84,0 ^b	24,5 ^b	296 ^b	76,2	533 ^{ab}	340 ^b	47,6 ^b	283 ^a	186 ^b	13,0 ^a
2018	65,8 ^a	23,1 ^a	272 ^a	73,4	516 ^a	310 ^a	41,9 ^a	322 ^b	208 ^b	8,3 ^a
Statistik										
p Sorte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,025
p Erntezeitpunkt	0,030	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,676	<0,001	<0,001	0,041
p Jahr	<0,001	0,002	<0,001	0,145	0,008	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001
p Ernte x Jahr	<0,001	<0,001	0,206	0,393	0,047	0,359	0,613	0,280	0,001	0,006
rSD	7,1	2,0	25	5,8	32	27	6,9	32	34	8,9
R ²	77,1	83,2	80,1	66,3	80,1	78,0	60,4	78,5	91,9	72,1
Silomais										
	62,8	28,8	211	48,9	414	239	25,6	445	283	14,9

XP = Rohprotein; XL = Rohfett; XF = Rohfaser; XA = Rohasche; NDF = Neutral-Detergentien-Faser; ADF = Säure-Detergentien-Faser; ADL = Säure-Detergentien-Lignin; NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate; XS = Stärke; XZ = Zucker; rSD = Residual-Standardabweichung; R² = Bestimmtheitsmaß

im Stadium „Ende Milchreife bis Beginn Teigreife“ erreicht wurde. Das Erntejahr hatte keinen Einfluss auf den TM- und ME-Ertrag. Im Vergleich zu Silomais waren vor allem der TM- und ME-Ertrag der Hirse-GPS deutlich niedriger.

Nährstoffzusammensetzung

Die Nährstoffzusammensetzung der Hirse-GPS wurde, wie in früheren Versuchen (CATTANI et al. 2015, EHTESHAMI et al. 2018), signifikant von der Sorte beeinflusst (Tabelle 2), wobei ein Zusammenhang mit dem Rispenanteil der Sorten zu beobachten war. Der Gehalt an Faserkohlenhydraten und XZ ging mit zunehmendem Rispenanteil zurück, während der NFC- und XS-Gehalt anstieg. Auffällig war jedoch der signifikant höhere NDF-, ADF- und ADL-Gehalt der korntreichen SH-Sorte Primsilo im Vergleich zur KH-Sorte RGT Ggaby. ETTLE et al. (2016) verglichen „Körnertypen“ und „Futtertypen“ und stellten dabei ebenfalls bei Körnertypen einen höheren XS-Gehalt sowie einen niedrigeren Gehalt an Faserbestandteilen fest, was auch eine höhere OM-Verdaulichkeit und einen höheren Energiegehalt zur Folge hatte. Alle untersuchten Sorten des aktuellen Projekts wiesen einen höheren NDF- und ADF-Gehalt sowie einen niedrigeren NFC- und XS-Gehalt auf als Silomais. Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen aus früheren Studien überein (FASCHING 2014, KHOSRAVI et al. 2018, YANG et al. 2019). Die Hirse-GPS hatte jedoch (mit Ausnahme der Sorte ES Aristos) einen höheren XP-Gehalt als die Maissilage.

Zwischen frühem und mittlerem Erntezeitpunkt ging der XF-, XA-, NDF-, ADF- und XZ-Gehalt deutlich zurück, während der NFC- und XS-Gehalt signifikant anstieg. Im Zuge der weiteren Reife änderte sich die Nährstoffzusammensetzung der GPS nicht mehr. Ein Rückgang des Gehalts an Zellwandbestandteilen und XP sowie einen Anstieg des NFC- und XS-Gehalts in Hirse-GPS stellten auch BOLSEN und WHITE (2007) und LYONS et al. (2019) in ihren Untersuchungen fest. Im Jahr 2018 wurde ein signifikant niedrigerer XP-, XF- und ADF-Gehalt in der GPS festgestellt als in den beiden anderen Versuchsjahren. Dagegen enthielt die GPS des Jahres 2016 deutlich weniger XS und signifikant mehr XZ als in den beiden weiteren Versuchsjahren. Dies hängt möglicherweise mit dem geringeren Rispenanteil und dem geringeren TM-Gehalt der Rispe in diesem Jahr zusammen, was auf eine Ernte in einem etwas früheren Reifestadium im Vergleich zu 2017 und 2018 hindeutet.

Pansenabbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit

Wie der Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung wurden auch die ruminale Abbaubarkeit, die Gesamtverdaulichkeit und der Energiegehalt der Hirse-GPS signifikant von der Sorte beeinflusst (Tabelle 3). Die höchste OM- und NDF-Verdaulichkeit wurde bei der KH-Sorte RGT Ggaby festgestellt, welche durch den höchsten XS- und den niedrigsten ADL-Gehalt gekennzeichnet war. Weiters war auch die effektive TM-Abbaubarkeit dieser

Tabelle 3: Effektive Pansenabbaubarkeit, Gesamtverdaulichkeit und *in vivo*-Energiegehalt von Hirse-Ganzpflanzensilage im Vergleich zu Silomais

	Effektive Pansenabbaubarkeit ¹			Gesamtverdaulichkeit			Energiegehalt	
	TM	NDF	NFC	OM	NDF	NFC	ME	NEL
	----- % -----			----- % -----			--- MJ/kg TM ---	
Sorte								
ES Aristos	32,8 ^a	15,0 ^a	78,9 ^{ab}	53,6 ^a	45,0 ^a	80,9 ^a	7,43 ^a	4,18 ^a
ES Harmattan	40,5 ^b	23,1 ^b	79,6 ^b	61,6 ^b	51,4 ^{bc}	86,5 ^b	8,54 ^b	4,93 ^b
RGT Vegga	41,3 ^b	18,7 ^{ab}	80,0 ^b	61,7 ^b	48,6 ^{abc}	87,1 ^b	8,59 ^b	4,97 ^b
NutriGrain	45,4 ^{bc}	22,9 ^{ab}	80,8 ^b	64,5 ^{bc}	51,6 ^{bc}	92,3 ^c	9,00 ^{bc}	5,26 ^{bc}
Primsilo	37,5 ^{ab}	16,6 ^{ab}	72,0 ^a	61,4 ^b	44,0 ^{ab}	89,4 ^{bc}	8,73 ^{bc}	5,06 ^{bc}
RGT Ggaby	47,8 ^c	21,7 ^{ab}	79,1 ^b	66,8 ^c	53,1 ^c	88,2 ^{bc}	9,49 ^c	5,59 ^c
Erntezeitpunkt								
Früh	39,3	19,9	77,0	61,1	51,0 ^b	85,6 ^a	8,48	4,90
Mittel	41,0	19,3	79,0	62,7	48,9 ^{ab}	88,9 ^b	8,79	5,11
Spät	42,4	19,8	79,2	61,1	46,9 ^a	87,8 ^{ab}	8,61	4,99
Jahr								
2016	41,4	19,5	79,3	61,3 ^{ab}	47,7 ^a	87,8	8,58 ^{ab}	4,97 ^{ab}
2017	40,4	19,8	77,5	59,9 ^a	47,6 ^a	85,9	8,39 ^a	4,84 ^a
2018	---	---	---	63,6 ^b	51,5 ^b	88,5	8,91 ^b	5,20 ^b
Statistik								
p Sorte	<0,001	0,014	0,030	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p Erntezeitpunkt	0,167	0,919	0,224	0,150	0,012	0,007	0,083	0,085
p Jahr	0,455	0,828	0,148	0,002	0,009	0,066	0,004	0,004
rSD	3,5	3,9	3,0	2,5	3,6	2,7	0,37	0,26
R ²	68,3	27,8	42,5	78,2	55,1	65,5	78,4	78,4
Silomais	47,8	20,6	76,5	74,0	59,7	93,2	10,69	6,45

TM = Trockenmasse; NDF = Neutral-Detergentien-Faser; NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate; OM = Organische Masse; ME = Umsetzbare Energie; NEL = Nettoenergie Laktation; rSD = Residual-Standardabweichung; R² = Bestimmtheitsmaß; ¹Für die Berechnung der effektiven Pansenabbaubarkeit wurde eine Passagerate von 5%/h angenommen.

Sorte signifikant höher als jene der meisten SH- und BH-Sorten. Die BH-Sorte ES Aristos wies die signifikant niedrigste OM-, NDF- und NFC-Gesamtverdaulichkeit auf, was auf den niedrigen XS- und den hohen ADL-Gehalt dieser Sorte zurückzuführen ist. Weiters trat bei dieser Sorte auch die niedrigste effektive TM- und NDF-Abbaubarkeit auf. Die SH-Sorten lagen hinsichtlich der effektiven Pansenabbaubarkeit sowie der OM- und NDF-Gesamtverdaulichkeit zwischen BH und KH und unterschieden sich (mit Ausnahme der signifikant niedrigeren effektiven NFC-Abbaubarkeit der Sorte Primisilo) nicht untereinander. Im Vergleich zu Silomais war jedoch die Gesamtverdaulichkeit der Nährstoffe deutlich geringer. PINO und HEINRICHS (2017) und YANG et al. (2019) stellten in ihren Versuchen ebenfalls eine signifikant geringere TM-Verdaulichkeit von Hirse-GPS im Vergleich zu Maissilage fest. FOX et al. (1970) kamen zum Schluss, dass die geringere Verdaulichkeit von Hirsesilage im Vergleich zu Maissilage vor allem durch eine geringere Verdaulichkeit der Restpflanze und von unaufgeschlagenen Hirsekörnern bedingt ist. Auch im aktuellen Versuch wurden in den GPS zum Teil unaufgeschlagene Hirsekörner festgestellt. Um dies zu vermeiden, empfehlen daher DANIEL et al. (2018) den Einsatz von Kornaufbreitern bei der Ernte von Hirse-GPS.

Der im Hammelversuch ermittelte ME- und NEL-Gehalt unterschied sich deutlich zwischen BH-, SH- und KH-Sorten. Der ME-Gehalt der BH-Sorte lag um rund 1,0 bis 1,5 MJ unter jenem der SH-Sorten, während diese wiederum einen um rund 0,5 bis 1,0 MJ niedrigeren ME-Gehalt als die KH-Sorte aufwiesen. Im Vergleich zu Silomais war der *in vivo*-ME-Gehalt der Hirse-GPS um rund 1,2 (KH) bis 3,3 MJ/kg TM (BH) niedriger. ETTLE et al. (2016) verglichen den Energiegehalt von KH-GPS mit jenem von „guten Grassilagen“, der Energiegehalt von „guten Maissilagen“ wurde in ihrem Versuch jedoch ebenfalls nicht erreicht. BOLSEN und WHITE (2007) gaben an, dass der Futterwert von KH-GPS rund 5 bis 10 % unter jenem von Maissilage liegt.

Der Erntezeitpunkt hatte keinen Einfluss auf die Pansenabbaubarkeit und die OM-Verdaulichkeit, während die NDF-Verdaulichkeit zwischen frühem und spätem Erntezeitpunkt signifikant zurückging, was mit den Ergebnissen von JOHNSON et al. (1971) übereinstimmt. In den Studien von BLACK et al. (1980) und HART (1990) nahm dagegen auch die OM-Verdaulichkeit mit fortschreitender Reife signifikant ab. Der höchste ME- und NEL-Gehalt wurde im Reifestadium Mitte Teigreife erreicht, wobei jedoch der Unterschied zu den beiden anderen Erntezeitpunkten nicht signifikant war. Als optimaler Erntezeitpunkt stellte sich daher das Reifestadium „Mitte Teigreife“ heraus. BOLSEN und WHITE (2007) gaben dagegen „Ende Teigreife“ als optimales Erntestadium für Hirse an, weil aufgrund ihrer Ergebnisse bei früherer Ernte mit Ertragseinbußen zu rechnen ist. Dies konnte durch die aktuellen Ergebnisse jedoch nicht bestätigt werden. Beim Vergleich der Jahre fällt vor allem die signifikant höhere OM- und NDF-Verdaulichkeit sowie der höhere ME- und NEL-Gehalt im Jahr 2018 im Vergleich zu 2017 auf.

Futteraufnahme und Milchleistung

Im aktuellen Projekt wurden Futteraufnahme sowie Milchleistung von Rindern nicht untersucht, im Folgenden soll jedoch ein kurzer Überblick über bisherige Erkenntnisse gegeben werden. In früheren Versuchen traten bei Verfütterung verschiedener Hirse-Sorten große Unterschiede hinsichtlich Futteraufnahme und Milchleistung auf. Bei Verfütterung von sogenannten bmr-Sorten (bmr = brown-midrib) wurden ähnliche Futteraufnahmen und Milchleistungen erzielt wie bei Maissilagefütterung. Bei Verfütterung von „normalen“ Sorten waren Futteraufnahme und Milchleistung dagegen deutlich niedriger (GRANT et al. 1995, OLIVER et al. 2004). Bmr-Sorten zeichnen sich vor allem durch eine höhere Faserverdaulichkeit im Vergleich zu normalen Sorten aus (OLIVER et al. 2004). Deshalb sollte bei der Auswahl von Hirse-Sorten auf eine hohe Gesamtverdaulichkeit geachtet werden. Aufgrund des geringeren Energiegehalts im Vergleich zu Maissilage ist bei der Verfütterung von Hirse-GPS auf jeden Fall ein höherer Einsatz von Energiekraftfutter erforderlich, um vergleichbare Leistungen zu erzielen (COLOMBINI et al. 2010, FASCHING 2014).

Schlussfolgerung

Hirse-Sorten unterscheiden sich innerhalb der Art deutlich hinsichtlich ihres Ertrags und Futterwerts. BH-Sorten erreichen hohe Erträge, weisen aber einen geringen Futterwert auf und stellen daher kein hochwertiges Futter für Wiederkäuer dar. SH- und KH-Sorten weisen einen deutlich höheren Futterwert auf, wobei dieser stark vom Rispenanteil beeinflusst wird. Mit zunehmendem Rispenanteil steigen XS-Gehalt, Pansenabbaubarkeit, Gesamtverdaulichkeit und Energiegehalt an. Daher sollten bei der Erzeugung von Hirse-GPS Sorten mit hohem Rispenanteil (KH oder kornreiche SH) bevorzugt werden. Der optimale Futterwert von Hirsensilagen wird im Reifestadium „Mitte Teigreife“ erreicht. Bis zu diesem Zeitpunkt nimmt der XS-Gehalt signifikant zu, was einen Anstieg der OM-Verdaulichkeit und des Energiegehalts nach sich zieht. Im Vergleich zu Silomais weisen Hirse-GPS aus SH- und KH-Sorten einen niedrigeren Ertrag und Futterwert auf. Der niedrigere Futterwert ist auf einen geringeren XS-Gehalt und eine geringere Gesamtverdaulichkeit zurückzuführen, was einen deutlich niedrigeren Energiegehalt zur Folge hat. Ein Vorteil von Hirsensilage im Vergleich zu Silomais ist dagegen der höhere XP-Gehalt. In Regionen mit hohem Maiswurzelbohrerdruck oder auf trockenheitsgefährdeten Standorten können Silagen aus kornreichen Hirse-Sorten trotz des geringeren Futterwerts eine interessante Alternative sein, da Hirse weniger anfällig gegenüber dem Maiswurzelbohrer ist und Wasser effizienter nutzt als Silomais.

Danksagung

Wir bedanken uns sehr herzlich bei allen unseren Kooperationspartnern für die tatkräftige Unterstützung und dass sie uns die Durchführung dieses Projekts ermöglicht haben: ARGE Innobrotics (Leitung: LK Steiermark), Landwirtschaftliche Fachschule Hafendorf und Versuchsreferat Steiermark.

Literatur

AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit), 2019: Maiswurzelbohrer – Verbreitung. <https://www.ages.at/themen/schaderreger/maiswurzelbohrer/verbreitung/>, besucht am 22.01.2019.

BLACK, J.R., L.O. ELY, M.E. McCULLOUGH und E.M. SUDWEEKS, 1980: Effects of stage of maturity and silage additives upon the yield of gross and digestible energy in sorghum silage. *J. Anim. Sci.* 50, 617-624.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2017: Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. 7. Auflage, Wien, 115 S.

BOLSEN, K.K. und J.S. WHITE, 2007: Sorghum Silage: A summary of 25 years of research at Kansas State University. XI Cattle Production Conference, 15.-16.03.2007, Uberlandia, Brazil.

CATTANI, M., L. MacCARANA, A. SARTORI, R. CONVERSO und L. BAILONI, 2015: Chemical composition and *in vitro* fermentation of silages from different sorghum hybrids cultivated in three plot farms. *Poljopriveda* 21, 126-129.

COLOMBINI, S., L. RAPETTI, D. COLOMBO, G. GALASSI und G.M. CROVETTO, 2010: Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: nutritive value and comparison with corn silage in the diet. *Ital. J. Anim. Sci.* 9, 273-277.

DANIEL, J.L.P., T.F. BERNARDES, C.C. JOBIM, P. SCHMIDT und L.G. NUSSIO, 2018: Production and utilization of silages in tropical areas. XVIII International Silage Conference, 24.-26.07.2018, Bonn, 348-367.

- EHTESHAMI, S.M., K. KHAVAZI und A. ASGHARZADEH, 2018: Forage sorghum quantity and quality as affected by biological phosphorous fertilization. *Grass Forage Sci.* 73, 926-937.
- ETTLE, T., A. OBERMAIER und J. EDER, 2016: Futterwert von Ganzpflanzensilage aus Körnerhirsesorten in der Wiederkäuerfütterung. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 12.-13.04.2016, Fulda, 73-76.
- FARRÉ, I. und J.M. FACI, 2006: Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agr. Water Manage.* 83, 135-143.
- FASCHING, C., 2014: Futterwert von Sorghum-Hirse und deren Verwendung in der Milchproduktion. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10.04.2014, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 129-140.
- FOX, D.G., E.W. KLOSTERMAN, H.W. NEWLAND und R.R. JOHNSON, 1970: Net energy of corn and bird resistant grain sorghum rations for steers when fed as grain or silage. *J. Anim. Sci.* 30, 303-308.
- FRAGNER, H. und A. BÖCK, 2017: Maiswurzelbohrer in Österreich – Bestandsaufnahme und Lösungsansätze. *Landwirt* 20/2017, 38-41.
- GFE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GFE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, No. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.
- GRANT, R.J., S.G. HADDAD, K.J. MOORE und J.F. PEDERSEN, 1995: Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78, 1970-1980.
- GRUBER, L., G. TERLER, A. SCHAUER und F. KASTENHUBER, 2014: Nährstoffgehalt und Pansenabbaubarkeit verschiedener Silomais-Sorten. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10.04.2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 97-126.
- HART, S.P., 1990: Effects of altering the grain content of sorghum silage on its nutritive value. *J. Anim. Sci.* 68, 3832-3842.
- JOHNSON, R.R., V.P. de FARIA und K.E. McCLURE, 1971: Effects of maturity on chemical composition and digestibility of bird resistant sorghum plants when fed to sheep as silages. *J. Anim. Sci.* 33, 1102-1109.
- KHOSRAVI, M., Y. ROUZBEHAN, M. REZAEI und J. REZAEI, 2018: Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101, 10953-10961.
- LÜTKE ENTRUP, N., F.J. SCHWARZ und H. HEILMANN 2013: *Handbuch Mais – Grundlagen, Anbau, Verwertung, Ökonomie*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 451 S.
- LYONS, S.E., Q.M. KETTERINGS, G.S. GODWIN, D.J. CHERNEY, J.H. CHERNEY, M.E. VAN AMBURGH, J.J. MEISINGER und T.F. KILCER, 2019: Optimal harvest timing for brown midrib forage sorghum yield, nutritive value, and ration performance. *J. Dairy Sci.* 102, 7134-7149.
- MAHLKOW-NERGE, K., 2018: Dürre-Mais – Wie halten Sie die Milch? *Top Agrar* 10/2018, 18-21.

OLIVER, A.L., R.J. GRANT, J.F. PEDERSEN und J. O'REAR, 2004: Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 637-644.

ØRSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agr. Sci.* 92, 499-503.

ØRSKOV, E.R., F.D. HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195-213.

PINO, F. und A.J. HEINRICHS, 2017: Sorghum forage in precision-fed dairy heifer diets. *J. Dairy Sci.* 100, 224-235.

TERLER, G., R. RESCH, S. GAPPMAIER, A. SCHAUER, L. GRUBER und J. KAUFMANN, 2020: Futterwert und Siliereignung von Ganzpflanzensilagen verschiedener Hirse-Sorten in der Rinderfütterung. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt "Hirse-Innobrotics", HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2012: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2190 S.

VERSUCHSREFERAT STEIERMARK, 2019: Versuchsbericht 2018 – Ergebnisse pflanzenbaulicher Versuche der land- und forstwirtschaftlichen Fachschulen der Steiermark. Fachteam Versuchstätigkeit der Abteilung 10 – Land- und Forstwirtschaft des Landes Steiermark, 150 S.

WEIßBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übers. Tierern.* 23, 189-214.

YANG, Y., G. FERREIRA, B.A. CORL und B.T. CAMPBELL, 2019: Production performance, nutrient digestibility, and milk fatty acid profile of lactating dairy cows fed corn silage- or sorghum silage-based diets with and without xylanase supplementation. *J. Dairy Sci.* 102, 2266-2274.