

里芋の親芋を用いたサイレージ利用による飼料化の検討

岩田玲佳^{*}、佐竹康明^{*}

要約

愛媛県において、生産量が多く、かつ未利用な部分も多い里芋の親芋（親芋）の有効活用を目的とし、廃棄される親芋のサイレージ利用による飼料化および乾乳牛を対象とした嗜好性を検討した。

親芋の飼料成分は、皮の有無で飼料成分に差は見られなかったものの、水分が 80%以上と高く、さらに、カリウム (K) を 4%以上 (DM)、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) を 0.1%以上 (DM) 含有するため、原物で給与することは困難であり、何らかの加工が必要であると考えられた。また、里芋の特徴であるシュウ酸が 0.1%程度含まれていた。

サイレージ調製後の飼料成分は、フスマおよびフスマ+乳酸菌の添加により、水分は約 60%に調製でき、K および $\text{NO}_3\text{-N}$ も減少した。特に $\text{NO}_3\text{-N}$ は、サイレージ調製前と比較して全区分で減少した。貯蔵日数 30 日における発酵品質は、フスマおよびフスマ+乳酸菌の添加により pH は 4.0 前後に低下し、乳酸含量も 2.16~2.50%と高い割合を示した。さらに、揮発性塩基態窒素 (VBN) の割合も 3.0%以下と低く、V-SCORE も 99~100 と高かった。特に、微粉碎でフスマ+乳酸菌を添加したサイレージは乳酸含量が 2.50%最も高く、発酵品質は良好であった。これらは貯蔵日数 60 日でも同様であり、発酵品質は維持されていた。一方、シュウ酸の含有量に添加資材および発酵の影響は見られなかった。親芋サイレージの嗜好性は、ソルガムおよびイタリアライグラスサイレージと比較して顕著に高かったため、飼料として利用できる可能性が考えられた。

キーワード：里芋、サイレージ、牛

緒言

愛媛県は全国有数の里芋生産量を誇り、本県のブランド品種である「伊予美人」（愛媛農試 V2 号）などの子芋用品種を中心に 9,340t を生産している^{1) 2)}。子芋用品種の親芋（親芋）は子芋と比較して、大きさ、硬さ、食味の面で劣り、その多くが廃棄されているため、出荷量は 6,660t と生産量の約 70%にとどまっている¹⁾。里芋は、水分を除くほとんどが炭水化物であるため、エネルギーが高く³⁾、有用性の高い家畜の飼料であると考えられる。

日本の飼料自給率は 25%と低く⁴⁾、ほとんどを輸入穀物に頼っているが、平成 13 年に食品リサイクル法が施行され、近年、濃厚飼料の代替

として食品残さや未利用資源を活用したエコフィードが広く推進されており、様々な研究が進められている^{5) 6) 7)}。

エコフィードの利用形態は乾燥方式、リキッド方式、サイレージに大きく分類され、特にサイレージ利用は専用の機械を必要とせず、比較的長期間の保存が可能である^{8) 9)}。

そこで、本研究において、廃棄される親芋のサイレージ利用による飼料化および乾乳牛を対象とした嗜好性を検討した。

材料および方法

本試験では、愛媛県農林水産研究所で生産された愛媛農試 V2 号の親芋を用いた。また、前処

^{*} 農林水産部農業振興局畜産課

理として、みの毛を剥がし、洗浄および腐敗部分を除去した。

試験1 親芋の成分分析

前処理後の親芋から6個体を抽出し、そのうち3個体の皮をたわしで擦り剥がした。それぞれを6~8等分し、バットに広げ、50℃の通風乾燥機(GTR-120、アルプ社)で48時間以上乾燥させた。乾燥後、粉碎機(ZM200、ヴァーダーサイエンティフィック株式会社)を用い、1mmの篩を通過するまで粉碎したものを、一般成分(水分、粗蛋白質(CP)、粗脂肪(EE)、粗繊維(CF)、粗灰分(CA))、ミネラル(カルシウム(Ca)、リン(P)、マグネシウム(Mg)、カリウム(K))、硝酸態窒素(NO₃-N)およびシュウ酸の成分分析に供した。分析方法は、粗飼料の品質評価ガイドブック¹⁰⁾に従い、CPはケルダール法(Kjeltec 2200、フォスジャパン)、EEはジエチルエーテル抽出法(SOX 416、ゲルハルトジャパン)、CFは繊維抽出装置(Fibre therm FT12、ゲルハルトジャパン)、Ca、Mg、Kは乾式灰化したものを原子吸光光度計(AA-7000、株式会社島津製作所)、Pはバナドモリブデン酸法、NO₃-NはCATALDO法で分光光度計(UV-L1900、株式会社島津製作所)を用いた。シュウ酸は一般財団法人日本食品分析センターに委託した。

試験2 サイレージ調製条件の検討

粉碎粒度2水準(粗、微粉碎)、添加資材4水準(無添加、フスマ、乳酸菌、フスマ+乳酸菌)、貯蔵日数2水準(30、60日)を設定し、それぞれ各区分3反復ずつ調製した。前処理後の親芋24kgを3.5cm(粗粉碎)または1cm(微粉碎)の篩を付けたフードカッター(RV-II、喜連ローヤル)で細断した。粉碎後の親芋を各区3kgずつ分け、フスマは水分が60%になるようにフスマを、乳酸菌は材料1tあたり5gの乳酸菌を、フスマ+乳酸菌はフスマおよび乳酸菌の両方をそれぞれ添加し、よく混

合した。これらを各区500gずつプラスチック製バッグ(櫃美人)に秤量し、パウチ法¹¹⁾によりサイレージ調製した。各貯蔵日数で開封し、サンプリングした。成分分析用サンプルは、バットに薄く広げ50℃の通風乾燥機で48時間以上乾燥させ、試験1と同様の分析に供した。有機酸用サンプルは、200mlの蒸留水(DW)で24時間浸漬した抽出液を分析に供し、分析項目はpH、有機酸(VFA)、揮発性塩基態窒素(VBN)とした。pHはpHメータ(F-72、HORIBA)、VFAは高速液体クロマトグラフィー法(LC-2000Plus、日本分光)、VBNは微量拡散法(コンウェイユニット、SIBATA)を用いた。シュウ酸分析用は3反復分をまとめ、60gにしたものを-30℃の冷凍庫(バイオフィリザーGS-3120HC、日本フリーザー(株))で保管し、試験1と同様に分析を委託した。

試験3 嗜好性の検討

1 試験飼料の調製

前処理後の親芋140kgを微粉碎の篩を付けたフードカッターで細断し、フスマおよび乳酸菌を添加しながら攪拌機(大脇KA1000)でよく混合した。ビニール袋を入れた75Lドラム缶サイロ3本に入れ、脱気密封し、60日以上保存した。

2 給与方法

試験方法は一対比較法¹²⁾を用いた。対象家畜はホルスタイン種乾乳牛4頭とし、比較飼料としてソルガムサイレージ、イタリアライグラスサイレージを供試した(表1)。試験期間は2019年8月13日から15日までの3日間で、試

表1 嗜好性試験に用いた飼料の成分及び発酵品質

サイレージ	水分 (FM%)	CP	EE	CF	CA	NFE
親芋	61.38	17.13	4.55	8.60	6.22	63.51
イタリアライグラス	75.83	6.55	2.68	35.26	9.29	46.22
ソルガム	80.72	8.04	3.05	31.82	7.72	49.36
サイレージ	pH	VFA		VBN/TN		V-SCORE
		乳酸	酢酸	酪酸		
親芋	4.04	2.62	0.27	0.01	0.283	99
イタリアライグラス	3.95	1.95	0.37	0.05	5.133	94
ソルガム	3.62	1.63	0.35	0.00	3.226	99

※CP:粗蛋白質、EE:粗脂肪、CF:粗繊維、CA:粗灰分、NFE:可溶性無窒素物

VFA:有機酸、VBN/TN:揮発性塩基態窒素/全窒素

※CP、EE、CF、CA、NFE:乾物%、ほか原物%

験前に 8 日間の馴致期間を設けた。馴致期間中は、1 日 1 回親芋サイレージおよびソルガムサイレージを 500g ずつ混合した馴致用飼料を通常の飼料に添加して給与した。イタリアライグラスサイレージは通常飼料に含まれているため馴致は実施しなかった。試験は 1 回 5 分とし、最大給与量は 6kg とした。試験開始後 1 分 30 秒および 3 分で左右のコンテナを入れ替え、また、コンテナの底が見え始めた時点で随時飼料を追加した。試験終了後の残飼量より採食量を算出した。統計解析は、シェッフエの方法（中屋変法）¹³⁾ を用いた。

結果および考察

試験 1 親芋の成分分析

親芋の成分値を表 2 に示した。

親芋の成分は、水分が 80%以上と高いことに加え、家畜のミネラルバランスに影響を与え、摂取量により疾病を引き起こす可能性のある K¹⁴⁾ を 4% (DM) 以上、過剰摂取により中毒を発症する危険を伴う NO₃-N¹⁵⁾ を 0.1% (DM) 以上含有するため、飼料として原物で給与することは困難であると考えられた。また、里芋の特徴とされるシュウ酸が 0.1%程度含まれていた。皮ありおよび皮なしで成分値を比較したところ、全項目で同様の傾向であったため皮ありのまま飼料化することは可能であると考えられた。

試験 2 サイレージ調製条件の検討

各区分におけるサイレージ調製前後の飼料成分を表 3、4 に示した。飼料成分は、貯蔵日数 30 日、60 日ともに、フスマおよびフスマ+乳酸菌の添加において、水分 80%以上からサイレージ調製に最適である 60%前後に調整することができ、サイレージ調製前に高かった K は 4.44% から 3.71% 以下に、NO₃-N は 0.170% から 0.053% 以下に減

表2 親芋の成分分析値 (DM%)

区分	水分 (FM%)	CP	EE	CF	CA	NFE
皮あり	83.19	9.43	0.66	3.90	7.02	78.99
皮なし	84.67	10.19	0.66	3.67	6.28	79.20
区分	ミネラル				NO ₃ -N	シュウ酸 (FM%)
	Ca	P	Mg	K		
皮あり	0.30	0.44	0.13	4.44	0.17	0.13
皮なし	0.30	0.43	0.15	3.89	0.24	0.08

※CP: 粗蛋白質、EE: 粗脂肪、CF: 粗繊維、CA: 粗灰分、NFE: 可溶性無窒素物、NO₃-N: 硝酸態窒素

少した。また、これらの以外の飼料成分については、NFE、Ca が減少し、CP、EE、CF、P、Mg が増加した。特に、NO₃-N はサイレージ調製により 30%程度の減少する¹⁶⁾ と報告されており、本試験の結果と一致している。前述にある通り NO₃-N は過剰給与により中毒を発症すると言われており、給与制限の基準は 0.1%と言われていている。内田らは、青刈作物サイレージにおいて、細断長が細かい区において NO₃-N の減少率が高いと報告しており¹⁷⁾、本試験においても、サイレージ調製により、全区分で NO₃-N は基準以下となり、その減少率は微粉碎の方が高かった。一方、シュウ酸の含有量に添加資材および発酵の影響は見られなかった。

各区分におけるサイレージの発酵品質について表 5 に示した。貯蔵日数 30 日においてフスマ、乳酸菌およびフスマ+乳酸菌の添加により、pH は 4.0 前後を示し、また、フスマおよびフスマ+乳酸菌の添加では乳酸含量 2.0%以上、VBN/T-N3.0%以下であり、V-SCORE も 99~100 と高かった。特に、微粉碎でフスマ+乳酸菌を添加したサイレージは、乳酸含量が 2.50%と最も高く、発酵品質は良好であった。これらは貯蔵

表3 各区分におけるサイレージ調製前後の飼料成分(一般成分) (DM%)

区分	水分 (FM%)	CP	EE	CF	CA	NFE			
調製前	83.19	9.43	0.66	3.90	7.02	78.99			
粗粉碎	無添加	30日	85.33	9.31	1.00	3.74	78.44		
		60日	85.53	9.17	0.91	2.99	8.02	78.91	
	フスマ	30日	62.04	17.21	4.39	9.25	6.62	62.53	
		60日	60.80	17.38	4.69	8.42	6.76	62.75	
	乳酸菌	30日	82.50	8.77	0.94	4.12	6.44	79.74	
		60日	82.25	8.47	1.30	3.99	6.49	79.75	
	フスマ+乳酸菌	30日	64.30	16.84	4.15	8.95	6.46	63.59	
		60日	60.40	17.62	4.82	8.70	6.68	62.18	
	微粉碎	無添加	30日	82.11	8.09	0.74	4.05	6.39	80.73
			60日	82.42	8.29	0.69	4.09	6.60	80.32
		フスマ	30日	60.36	16.86	4.33	8.58	6.56	63.66
			60日	59.94	17.04	4.59	8.54	7.71	63.13
乳酸菌		30日	82.09	7.43	1.43	4.08	6.27	80.78	
		60日	81.80	7.47	1.39	3.99	5.88	81.28	
フスマ+乳酸菌		30日	60.84	16.90	4.49	8.50	6.33	63.77	
		60日	60.68	16.80	4.56	8.23	6.54	63.88	

※CP: 粗蛋白質、EE: 粗脂肪、CF: 粗繊維、CA: 粗灰分、NFE: 可溶性無窒素物

表4 各区分におけるサイレージ調製前後の飼料成分(ミネラル、NO₃-N) (DM%)

区分		ミネラル				NO ₃ -N		
		Ca	P	Mg	K			
調製前		0.30	0.44	0.13	4.44	0.170		
粗粉碎	無添加	30日	0.39	0.46	0.11	4.72	0.005	
		60日	0.37	0.48	0.13	4.66	0.001	
	フスマ	30日	0.16	1.19	0.36	3.57	0.047	
		60日	0.15	1.16	0.38	3.28	0.036	
	乳酸菌	30日	0.31	0.41	0.09	4.38	0.081	
		60日	0.28	0.39	0.11	4.11	0.062	
	フスマ+乳酸菌	30日	0.16	1.16	0.35	3.71	0.053	
		60日	0.14	1.19	0.39	3.35	0.037	
	微粉碎	無添加	30日	0.25	0.38	0.15	4.37	0.071
			60日	0.26	0.40	0.12	4.24	0.056
		フスマ	30日	0.13	1.17	0.42	3.60	0.027
			60日	0.12	1.16	0.37	3.50	0.027
乳酸菌		30日	0.24	0.38	0.14	4.25	0.035	
		60日	0.24	0.38	0.10	4.10	0.036	
フスマ+乳酸菌		30日	0.13	1.18	0.43	3.59	0.028	
		60日	0.13	1.16	0.37	3.46	0.027	

※NO₃-N: 硝酸態窒素

表5 各区分におけるサイレージの発酵品質

区分		pH	VFA			VBN/TN	V-SCORE		
			乳酸	酢酸	酪酸				
粗粉碎	無添加	30日	5.29	0.01	0.38	0.30	5.030	75	
		60日	4.86	0.01	0.52	0.47	5.503	60	
	フスマ	30日	4.13	2.18	0.27	0.00	1.531	99	
		60日	4.06	2.31	0.28	0.01	2.253	99	
	乳酸菌	30日	3.92	1.26	0.10	0.00	1.240	100	
		60日	3.82	1.56	0.11	0.00	1.721	100	
	フスマ+乳酸菌	30日	4.05	2.16	0.24	0.00	1.450	100	
		60日	4.02	2.39	0.26	0.01	2.150	99	
	微粉碎	無添加	30日	4.89	0.44	0.09	0.00	0.985	100
			60日	4.29	0.96	0.18	0.00	1.959	100
		フスマ	30日	4.06	2.49	0.25	0.01	1.701	99
			60日	4.04	2.55	0.25	0.01	2.463	99
乳酸菌		30日	3.85	1.66	0.09	0.00	2.538	100	
		60日	3.81	1.66	0.10	0.00	2.913	100	
フスマ+乳酸菌		30日	4.06	2.50	0.22	0.01	1.659	99	
		60日	4.01	2.60	0.24	0.01	2.539	99	

※VFA: 有機酸、VBN/TN: 揮発性塩基態窒素/全窒素口

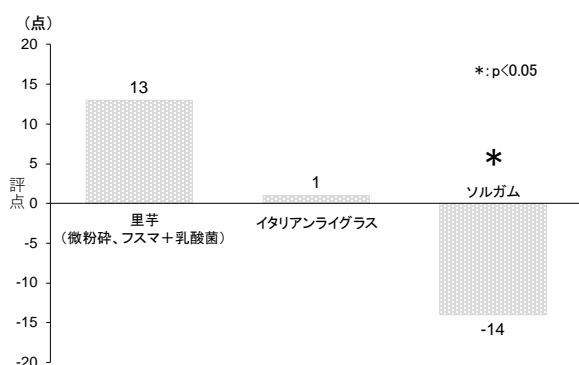


図1 各試験飼料の嗜好性評点

日数 60 日でも同様の傾向を示し、発酵品質は維持されていた。内田らは、細断長が細かい区において NO₃-N の減少率が高いことに加え、発酵品質が良好であることも報告しており¹⁷⁾、本試験においても同様の結果であった。以上のことから、微粉碎でフスマ+乳酸菌の添加が親芋サイ

レージ調製において最適の条件であると示唆された。

試験 3 嗜好性の検討

各試験飼料の嗜好性評点を図 1 に示した。親芋サイレージは、ソルガムサイレージ、イタリアンライグラスサイレージと比較して嗜好性が極めて高く、親芋サイレージは家畜の飼料として利用できる可能性が示唆された。

以上の結果より、サイレージ化による親芋の飼料利用は有用であることが考えられた。しかし、飼料として利用するには、実規模レベルでのサイレージ調製と長期保存が必須であり、これらに伴う調製工程の機械化や省力化、良質な発酵品質の維持について検討していく必要がある。さらに、過剰摂取が懸念される K、NO₃-N およびシユウ酸について、畜種および発育ステージに応じた安全な給与量なら

びに TMR の利用や購入飼料の一部代替といった、畜種の飼養形態に応じた給与体系について追究することも重要になると考えられる。

参考文献

- 1) 平成 30 年産都道府県別の作付面積、10 a 当たり収量、収穫量および出荷量 (さといも) : e-Stat 政府統計総合窓口、
<https://www.e-stat.go.jp>
- 2) 中川建也、浅海英記、玉置学: サトイモ新品種 ‘愛媛農試 V2 号’ の育成とその特性、愛媛県農林水産研究報告 7、16~20、2015
- 3) 文部科学省: 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂)、
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2016/

03/01/1365343_1-0202r.pdf

4) 農林水産省生産局畜産部飼料課：飼料をめぐる情勢、

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-546.pdf、2020

5) 小川増弘、蔡義民、安藤吉信：野菜残さの飼料利用に向けた調製と肉用牛への給与技術、日本農業研究所研究報告 25、241～274、2012

6) 西村慶子：地域未利用資源および自給飼料を主体とする乳用牛向け飼料の開発、日本暖地畜産学会報 59 (2) 別、79～87、2016

7) 小橋有里、村松克久、小柳渉：新潟県内に存在する低・未利用資源有効活用のための飼料成分値の評価、新潟県農業総合研究所畜産研究センター報告 17、19～29、2011

8) 入江正和：エコフィードの製造・利用技術と展望、日本暖地畜産学会会報 52 (2)、1～9、2009

9) 農林水産省生産局畜産部飼料課：エコフィードをめぐる情勢、

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/ecofeed-107.pdf、2020

10) 自給飼料利用研究会：三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック、6～42、東京、社団法人日本草地畜産種子協会、平成 21 年

11) 田中治、大桃定洋：プラスチックフィルムを用いた小規模サイレージ発酵試験法（パウチ法）の開発、日本草地学会誌 41 (1)、55～59、1995

12) 押部明德：稲発酵粗飼料の嗜好性、畜産の情報、21～25、2005

13) 高木英行：使える！統計検定・機械学習Ⅲー主観評価実験のための有意差検定、システム/制御/情報 58 (12)、514～520、2014

14) 川越郁男、佳山良正：乳牛の多量元素代謝におよぼす高カリウム含有乾草摂取の影響、日本畜産学会報 52 (5)、334～342、1981

15) 宮崎昭：飼料中の硝酸塩が反すう動物に及ぼす影響に関する研究、日本畜産学会報 48 (2)、53～61、1977

16) 宮崎昭、石田直彦：サイレージ調製時にお

ける青刈飼料中の硝酸塩含量の変化について、日本畜産学会報 39 (7)、313～318、1968

17) 内田仙二、内田真人、堀米隆男：サイレージ調製における硝酸態窒素の変化に関する研究（第 2 法）材料草の細切および破碎が硝酸態窒素の消失に及ぼす影響、岡山大学農学部学術報告 55 (1)、1～6、1980