

バイオエタノール残渣酵母の肥料効果

安里直和 渡慶次功* 井田ちぐさ** 島袋宏俊

I 要 約

バイオエタノール生産プラントより排出された残渣酵母について、その肥料効果および牧草の栄養性に与える効果を検証するためにトランスバーラ草地へ散布し、生育、収量および栄養性等について検討を行った。

1. 残渣酵母については、窒素成分の他に銅や亜鉛等の微量元素を豊富に含んでいた。
2. トランスバーラ草地 1 m²に対して、1.5kg および 3.0kg の残渣酵母を散布することにより、乾物収量の増加が認められた。
3. 残渣酵母の散布量が増えるにともない、粗タンパク質含量 (CP) が増えることが確認された。
4. 酵母残渣の散布によって硝酸態窒素濃度が増加することが認められた。
5. 残渣酵母を散布することによって、牧草中の銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、マンガン (Mn) 等の微量元素濃度が増加することが認められた。

以上の結果より、残渣酵母については収量を増加させる等の肥料効果が認められ、また、CP 含量および Cu や Zn 等の微量元素濃度を向上させる効果があることが確認された。いっぽう、残渣酵母の散布によって、硝酸態窒素濃度が増加することが認められており、残渣酵母を液肥として利用する際には、硝酸態窒素の蓄積に十分留意する必要がある。

II 緒 言

宮古島市においては 2013 年度より、沖縄県離島地域エネルギー自給高度化支援事業のもとに、サトウキビを利用したバイオエタノール生産実証試験が進められている。バイオエタノールはサトウキビやトウモロコシ等の炭水化物を発酵・蒸留し得られるエタノールのことであるが、その生産過程において副産物として残渣酵母が発生する。宮古島市におけるバイオエタノール生産プラントにおいては、年間 15t 以上の残渣酵母が発生している。

本研究センターにおいては、過去に泡盛蒸留粕の液肥効果¹⁾に取り組み、散布量にともない乾物収量が増加する等、その肥料効果を確認している。バイオエタノール残渣酵母についても、窒素成分の他に多種多様なミネラルを有しており、その肥料効果は高いと考えられる。

本研究は、今後、排出の増加が予想されるバイオエタノール残渣酵母の草地還元効果を検証するため、残渣酵母をトランスバーラ草地に散布し、収量や栄養性について検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 供試草種および試験期間

試験は宮古家畜保健衛生所圃場の植え付け 4 年目の無施肥のトランスバーラ草地で実施した。2014 年 9 月 24 日にそうじ刈りを行い、その後、残渣酵母を散布し、4 週間後の 2014 年 10 月 23 日に刈取り、調査を行った。

2. 試験方法

試験は 1 区画を 1 m²とし、対照区として水を散布する 0kg 区、残渣酵母を 1.5kg 散布する 1.5kg 区、3.0kg 散布する 3.0kg 区、6.0kg 散布する 6.0kg 区の 4 つの試験区を設けた。散布量は、嘉陽¹⁾らの報告を参考に、全ての試験区で 6.0kg とし、残渣酵母は水に希釈しそれぞれの濃度になるよう調整した。残渣酵母は静置すると固液に分離 (写真 1, 2) するため、散布時にはトレイに移しミキサーにて攪拌処理した後 (写真 3)、試験区へ散布した。



写真1 残渣酵母



写真2 残渣酵母



写真3 攪拌処理

刈取り調査は、試験区内の牧草を全量刈取り収量とした。また、試験区内から3ヵ所試料を採取し成分分析に供した。試料は刈取り後、通風乾燥機で60℃・48時間乾燥させた後、粉碎処理した。分析項目は粗タンパク質(CP)、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)、乾物消化率(IVDMD)、硝酸態窒素とし、分析方法は前報²⁾のとおりとした。また、刈取り調査と同時に、酵母残渣の堆積が認められない場所から、土壌を3点採取し土壌pHおよびミネラルの分析に供した。土壌は表土から深さ5cm程度までの土壌を採取し、小石等の夾雑物を除去したものを試料とした。pH³⁾およびミネラル⁴⁾については、それぞれ常法に基づき分析を行った。残渣酵母の成分を表1に散布量の概要を表2に示す。

表1 残渣酵母成分値(原液)

pH	5.0	
水分含量	75.2	
CP	3.2	
EE	0.2	(%FM)
NFE	7.2	
CF	<0.1	
ash	14.2	
Cu	89.9	
Zn	17.4	(ppmFM)
Fe	25.0	
Mn	6.6	
全窒素(T-N)	0.51	
全リン(P ₂ O ₅)	0.15	(%FM)
カリウム(K ₂ O)	4.04	

表2 残渣酵母散布概要

試験区	混合割合	
	水	残渣酵母
0kg	6.0	0.0
1.5kg	4.5	1.5
3.0kg	3.0	3.0
6.0kg	0.0	6.0

IV 結果

1. 散布後の生育状況

残渣酵母の散布状況を写真4から6に示す。残渣酵母を6kg原液散布した試験区(6.0kg区)においては、残渣酵母が汚泥状に表土を覆い尽くし、沈殿物が散布中央部分に厚く堆積し、周辺にいくに従って薄くなる状況となった。生育が進むにつれて堆積が薄い周辺から、牧草の再生が見られたが(写真5)、散布28日後においても、乾燥した残渣酵母が散布中央部分を中心残っている状況が確認できた(写真6)。また、散布28日後の草丈については、21cmと0kg区の24cm、1.5kg区の32cm、3.0kg区の33cmと比較し低くなった(図1)。いっぽう、1.5kg区および3.0kg区においては、6.0kg区の様な汚泥状の堆積は認められず、また、散布後の生育についても、一見して良好な生育を示していることが分かる状況であった(写6)。また、1.5kg区と3.0kg区の生育を比較すると、草丈についてはほぼ同じ高さであったが、葉の生育が3.0kg区において非常に良好で、表土が見えなくなるほど試験区を覆い尽くしていた(写真6)。6.0kg区においても、中心部分の生育は不良であったが、周辺部分については良好な生育を示していた。

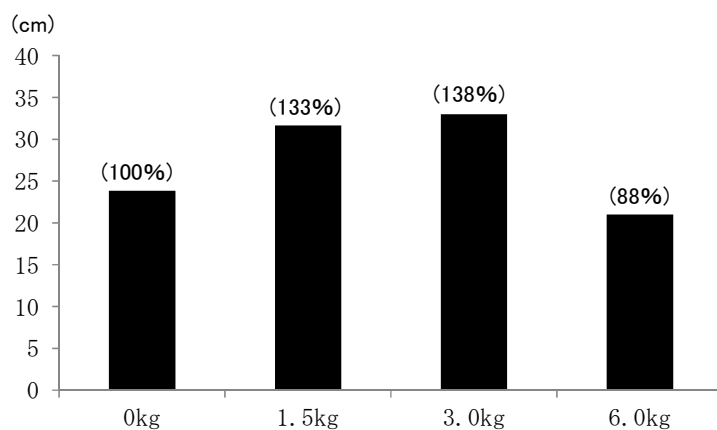


図1 散布量の違いが草丈に及ぼす影響



写真4 散布3日後の生育状況 (0kg区, 1.5kg区, 3.0kg区, 6.0kg区)



写真5 散布14日後の生育状況 (0kg区, 1.5kg区, 3.0kg区, 6.0kg区)



写真6 散布28日後の生育状況 (0kg区, 1.5kg区, 3.0kg区, 6.0kg区)

2. 乾物収量

各試験区における乾物収量を図2に示す。乾物収量は、0kg区で $0.09\text{kg}/\text{m}^2$ 、1.5kg区で $0.17\text{kg}/\text{m}^2$ 、3.0kg区で $0.21\text{kg}/\text{m}^2$ 、6.0kg区で $0.12\text{kg}/\text{m}^2$ となった。3.0kg区までは残渣酵母の散布量に比例し増加する傾向を示したが、6.0kg散布区においては減少に転じた。1.5kg区および3.0kg区においては、対照区と比較し、約2から2.5倍の収量があった。

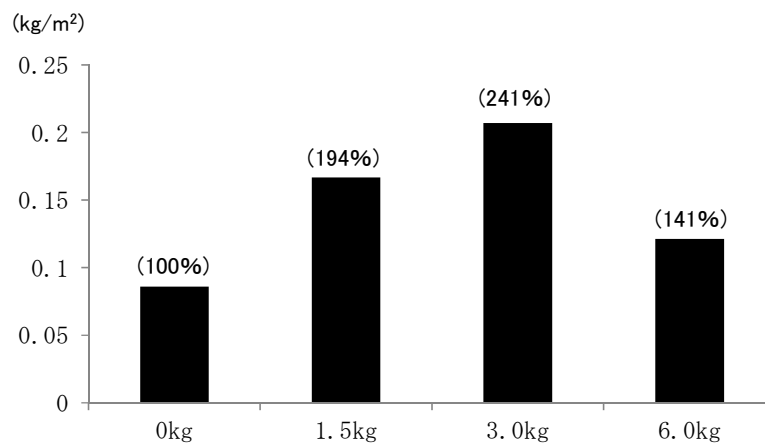


図2 散布量の違いが乾物収量に及ぼす影響

3. 栄養成分

栄養成分の分析結果を表3に示す。CPについては、散布量が増えるごとに増加し、いっぽう、ADFに関しては、散布量が増えるごとに減少することが確認された。ヘミセルロースおよびIVDMDについては、散布量の増加にともない増加する結果であった。

試験区	CP	NDF	ADF	hemicellulose	IVDMD
0kg	8.3±0.2	68.2±0.9	44.0±0.6	24.2±0.5	51.3±3.2
1.5kg	13.0±1.3	69.8±0.8	43.2±0.7	26.6±0.4	60.6±2.1
3.0kg	16.7±1.8	68.2±0.9	39.8±3.4	28.5±2.5	65.1±3.2
6.0kg	21.4±2.3	66.6±1.6	32.7±0.6	33.8±2.2	68.3±4.4

4. 牧草ミネラル濃度および硝酸態窒素濃度

牧草中のミネラル濃度および硝酸態窒素濃度を表4に示す。Cu, Zn, Mnに関しては、散布量に応じて増加した。特にCuおよびMnに関しては顕著な増加が認められた。また、硝酸態窒素に関しては、3.0kg区において、2406ppmDMと高い値となった。

試験区	Cu	Zn	Mn	Fe	硝酸態窒素
0kg	9.4±1.8	29.4±1.9	69.8±1.7	336.3±7.2	847.3±109.3
1.5kg	23.5±1.0	34.8±0.8	78.2±6.2	403.5±56.0	1418.3±56.2
3.0kg	33.7±3.1	37.4±2.0	170.8±19.4	378.7±124.2	2406.2±117.3
6.0kg	80.5±13.8	39.8±0.9	214.3±0.6	327.7±88.8	1808.7±165.6

5. 土壌 pH およびミネラル濃度

土壌 pH およびミネラル濃度を表5に示す。pHについては、散布量に比例し低下する結果が認められた。Cuに関しては、散布量に応じて増加した。Mnに関しては、3.0kg区までは散布量に応じて増加したが、6.0kg区では変化は認められなかった。ZnおよびFeについては、残渣酵母の散布による大きな変化は認められなかった。

表5 pHおよびミネラル濃度（土壌）

試験区	pH	(ppmDM)			(%DM)
		Cu	Zn	Mn	Fe
0kg	7.0±0.7	83.2±3.6	302.5±10.4	2117.3±32.3	8.5±0.2
1.5kg	6.4±0.1	120.2±5.8	312.8±3.5	3010.8±179.2	8.7±0.2
3.0kg	6.1±0.0	129.4±3.2	320.1±2.3	3142.0±111.3	8.9±0.1
6.0kg	5.9±0.0	223.9±17.7	312.0±4.8	2215.9±281.6	8.4±0.1

V 考 察

トランスバーラ草地へ残渣酵母を散布することによって、乾物収量の増加が認められた。本試験における残渣酵母については、現物中に3.2%の粗タンパク質を含有しており、窒素に換算すると0.51%の窒素を含有している。各試験区における窒素施肥量を算出すると、1.5kg区で7.65g/m² (0.51/100×1.5×1000)、3.0kg区で15.3g/m² (0.51/100×3.0×1000)、6.0kg区で30.6g/m² (0.51/100×6.0×1000)となった。嘉陽¹⁾らの行ったギニアグラス草地への泡盛蒸留粕散布試験においても、本試験と同様に乾物収量の増加を確認し、泡盛蒸留粕中の窒素成分が増収に影響を与えたと結論づけている。本試験においても、同様に残渣酵母中の窒素の効果によって、乾物収量が増加したと推察される。しかしながら、1.5kgおよび3.0kgと残渣酵母の散布量にともない乾物収量の増加が認められるいっぽう、散布量にともない、硝酸態窒素濃度が増加する結果が認められた。硝酸態窒素については、1000ppm以上あるいは2000ppm以上から中毒等を引き起こす可能性がある指摘されており、残渣酵母散布による硝酸態窒素の蓄積については、十分留意する必要がある。また、県の経営技術指標によると、トランスバーラ草地に対する刈取りごとの追肥量は窒素で10kg/10a (10g/m²)となっており、3.0kg区および6.0kg区以上では指標を越えた窒素を施肥した結果となった。酵母残渣については乾物収量の増収効果が期待できる可能性が示唆されたが、同時に硝酸態窒素の蓄積も認められたことから、適切な散布量については、さらなる詳細な検討が必要である。

いっぽう、栄養成分は散布量にともないCP、ヘミセルロース、IVDMDが増加し、ADFが減少することが確認された。CPについては窒素施肥量によって変化することがギニアグラスへの試験において報告されており⁶⁾、本試験におけるCPの増加についても同様に、残渣酵母中の窒素成分効果だと考えられる。また、前述したとおり残渣酵母の量にともない葉の生育が良好となる結果が得られたことから、ADFの減少およびヘミセルロースの増加については葉部分の増加に起因し、また、IVDMDの増加は、CPやヘミセルロースの増加にともなって、可溶性の画分が増えたことによるものだと考えられる。しかしながら、本試験においては茎葉の重量割合については調査を行っておらず、詳細な考察は今後の課題となった。

残渣酵母の散布によって牧草のFeについては変化が無く、Cu、Zn、Mnについては散布量に応じて増加することが確認された。特に、CuおよびMn濃度が顕著に増加した。残渣酵母の散布によって牧草中の各ミネラル濃度の増加が認められたが、その濃度については全て日本飼養標準に示された摂取許容限界値⁷⁾内の値であった。近年、給与飼料中のミネラル濃度が、日本飼養標準で示されている供給量を下回る農場の割合が、Cuで53%、Znで14%もあるとの報告⁸⁾があり、給与飼料中のミネラル不足が懸念される。また、ミネラルについては、繁殖母牛の分娩間隔とミネラルの関係⁸⁾が指摘され、特にCuおよびZnについては、子牛の育成成績の向上にも効果があるとの報告⁹⁾もあり、適正なミネラル量を給与することは非常に重要である。残渣酵母については窒素成分と同時に、多様なミネラル成分を含有しており、ミネラル成分が不足している牧草への改良資材として活用できる可能性が示唆された。しかしながら、散布後28日後における土壌のCuおよびMn濃度が高い値のまま推移していることは、牧草が吸収・利用できる以上の量を散布したと推察される。土壌中への過剰なミネラル蓄積については、土壌や水環境等への影響も考えられるので、残渣酵母の適切な散布量については、引き続き詳細な検討が必要である。

VI 引用文献

- 1) 嘉陽稔・大城秀樹・知念司・川本康博・庄子一成 (1998) 泡盛蒸留粕の草地への還元利用 (1) ギニアグラスに対する施肥効果, 沖縄畜試研報, **36**, 109-112
- 2) 安里直和・砂川隆治・太野垣陽一・森山高広 (2013) 県産食肉ブランド強化に向けた県産果実加工残さの栄養特性, 沖縄畜研研報, **51**, 41-47
- 3) 博友社 (1981), 土壌標準分析・測定法
- 4) 社団法人日本草地畜産種子協会 (2001) 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック, 20-24
- 5) 社団法人日本草地畜産種子協会 (2001) 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック, 142
- 6) 嘉陽稔・森山高広・長崎祐二・庄子一成 (1995) 窒素施肥量の違いがギニアグラス (ナツユタカ) の生産量と栄養価に及ぼす影響, 沖縄畜試研報, **33**, 105-111
- 7) 中央畜産会 (2009) 日本飼養標準肉用牛, 54
- 8) 鳥居伸一郎・松井徹 (2011) わが国の黒毛和種繁殖雌牛に給与されている飼料のマンガン・鉄・コバルト・銅・亜鉛・モリブデン含量の実態および分娩間隔との関連, 日本畜産学会誌, **82** (2), 131-138
- 9) 鳥居伸一郎 (2012) キレート銅・亜鉛で繁殖成績と子牛育成成績を高めよう, 養牛の友, **5**, 44-47