

牛が泣いて喜ぶサイレージを！ 釧路管内のサイレージの現状と改善

酪農学園大学名誉教授
安宅一夫

2013年11月5日
釧路地区ホクレン家畜市場
釧路農業協同組合連合会



- 良牛は良草より、良草は健土より
- 健土は家畜より、健民は健土より
- 健土は愛土より
- 循環進展無窮也

黒澤 酉蔵

良い草

- 美味しい草
- たくさん食べる草
- たくさん乳を出す草
- 牛を健康にする草
- 牛を病気にしない草

北海道の草地の問題点

- 草の収量が低い
- 草の品質が劣る
- 草からの乳生産が低い

北海道の牧草のミネラル含量

	H14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Ca	0.53	0.52	0.51	0.44	0.43	0.46	0.46	0.43	0.43	0.44
P	0.30	0.31	0.35	0.35	0.32	0.32	0.30	0.29	0.28	0.27
Mg	0.22	0.22	0.24	0.23	0.21	0.21	0.18	0.15	0.15	0.14
K	2.28	2.35	2.48	2.61	2.43	2.48	2.43	2.02	1.93	1.91
テタニー比	1.40	1.45	1.48	1.71	1.71	1.67	1.75	1.59	1.51	1.51

雪印種苗(株)

粗飼料の生命線はサイレージ！



牛が泣いて喜ぶサイレージを！

釧路のサイレージは？

イネ科混播1番草サイレージ の成分(2012)

- 水分 73.1% (7.8~92.4) ○
- CP 11.5% (4.1~24.8) △
- NDF 67.8% (48.9~83.4) △
- Ca 0.45% (0.13~0.99) △
- P 0.27% (0.04~0.55) △
- Mg 0.16% (0.06~0.42) △
- K 2.17% (0.13~4.88) △

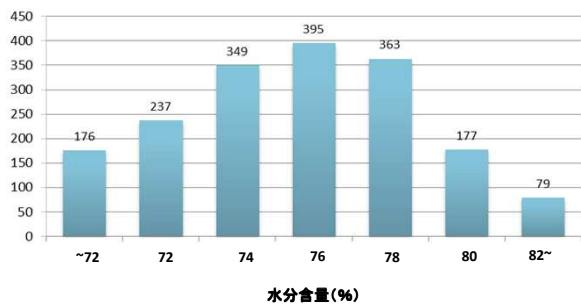
トウモロコシサイレージ 黄熟期の成分(2012)

- 水分 67.8% (54.4~76.4) ○
- CP 8.3% (6.1~11.3) ○
- NDF 48.9% (40.1~59.1) ○
- Ca 0.20% (0.06~0.43) ○
- P 0.21% (0.06~0.57) ○
- Mg 0.11% (0.06~0.25) △
- K 1.60% (0.13~2.96) ○

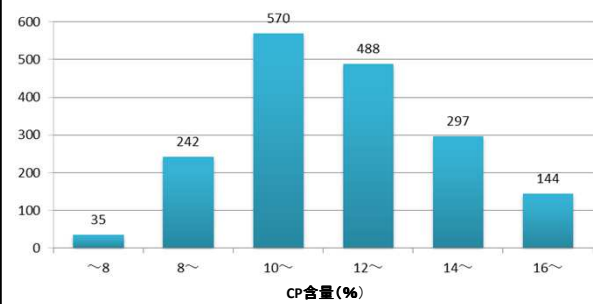
イネ科混播1番草サイレージ の発酵品質(2012)

- pH 4.42 (3.6~5.8) △
- 乳酸 0.79% (0.00~2.94) △
- 酢酸 0.70% (0.07~2.94) △
- 酪酸 0.14% (0.00~1.63) △
- NH3 13.2% (1.1~89.6) △

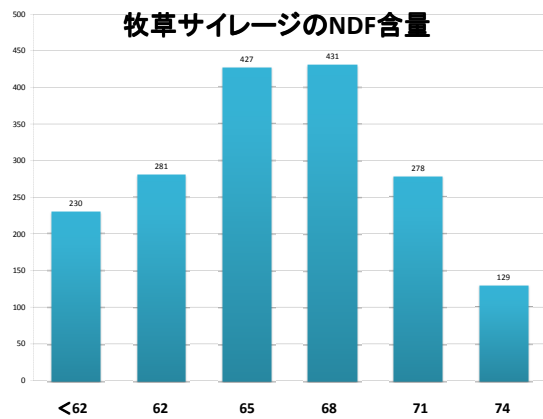
牧草サイレージの水分含量



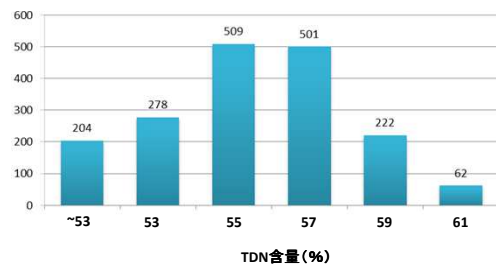
牧草サイレージのCP含量



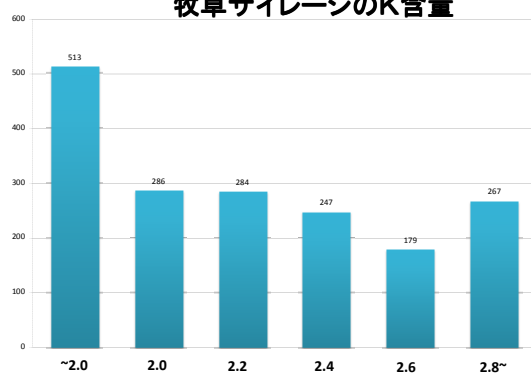
牧草サイレージのNDF含量



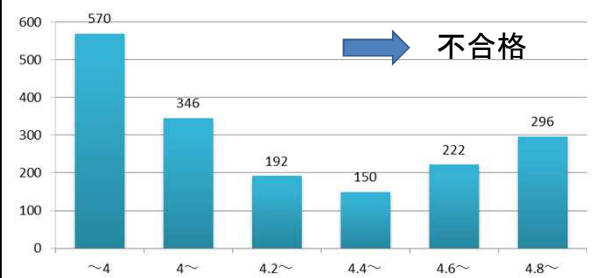
牧草サイレージのTDN含量

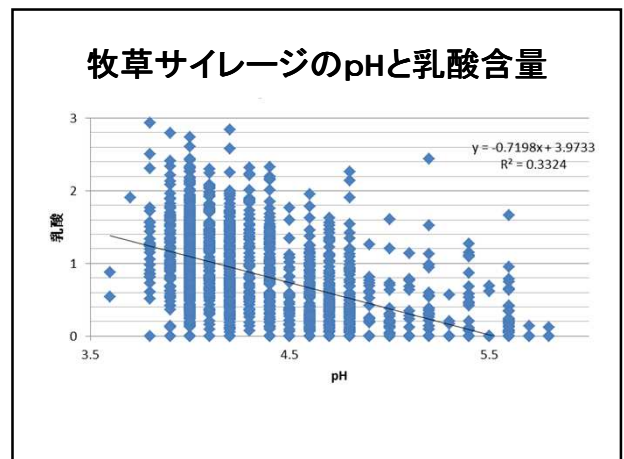
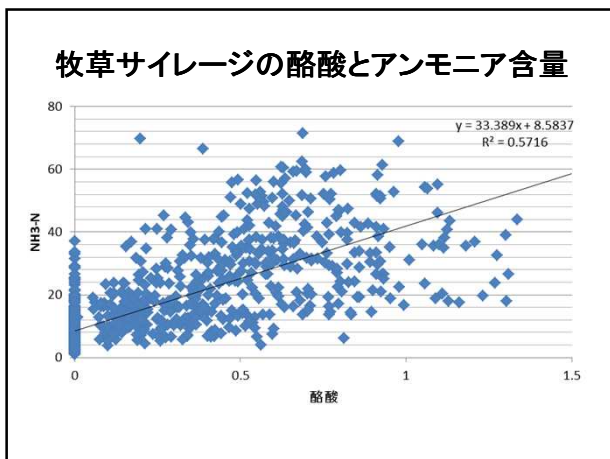
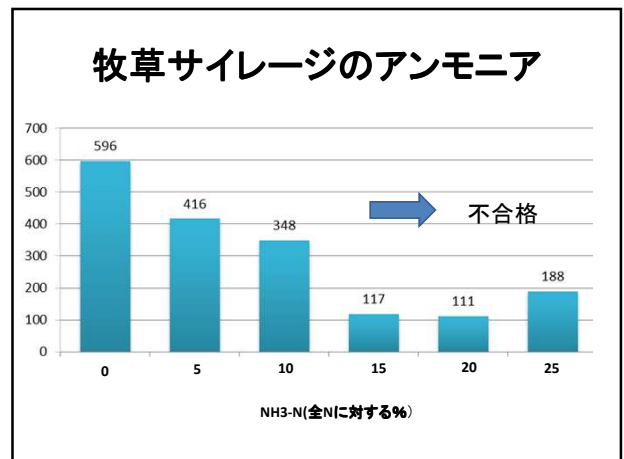
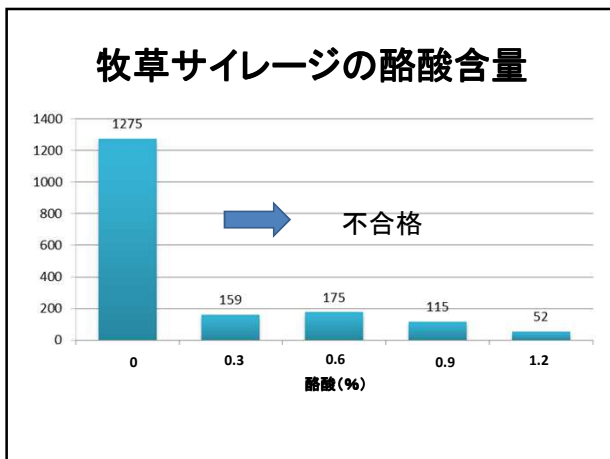
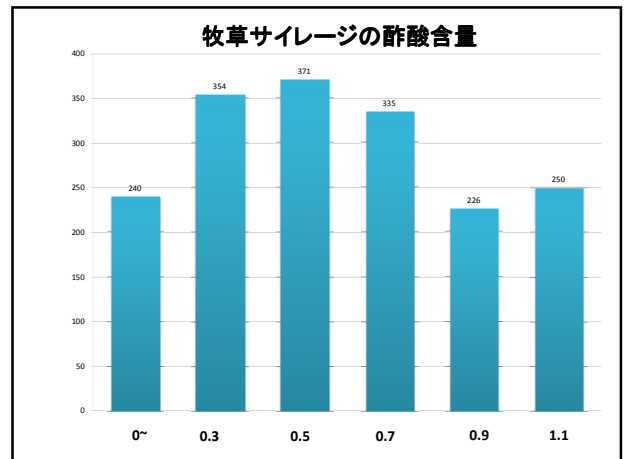
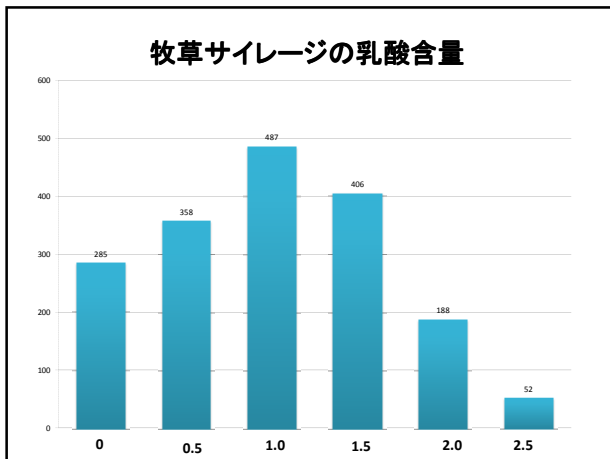


牧草サイレージのK含量

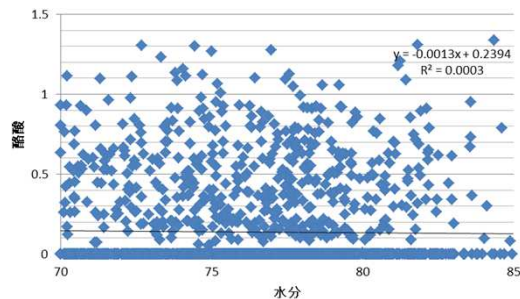


牧草サイレージのpH





牧草サイレージの水分と酪酸含量



サイレージの理論

- 微生物: 有用微生物、有害微生物
- 化学: pH(酸、アルカリ)、糖、ミネラル、蛋白
- 物理: 水、空気、温度

有用微生物(乳酸菌)

- 乳酸菌の種類: ホモかヘテロか?
- 乳酸菌の数: 100,000/g
- 原料草の糖含量: 新鮮物中2%
(乾物中10%)

有害微生物

養分ロスと嗜好性低下を起こす

好気性細菌
(酸素を必要)

発酵初期に乳酸菌のエサとなる糖を消費。タンパクを分解してアンモニアを発生。

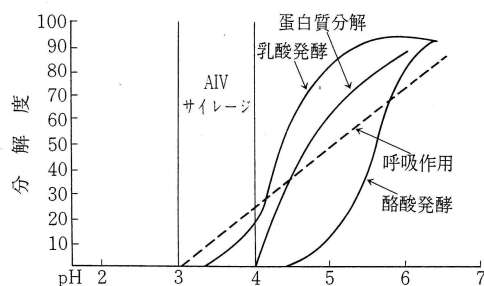
酪酸菌
(酸素を嫌う)

発酵中期から増殖して、酪酸を発生。タンパクを分解してアンモニアを発生。

カビ・酵母
(酸素を必要)

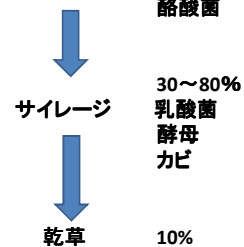
開封後に空気が侵入することで、発熱を伴って養分ロスを起こす。

微生物とpH

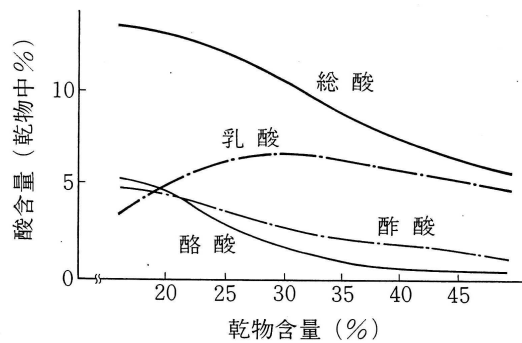


微生物と水

- 牧草・飼料作物の水分含量 90~65%
酪酸菌



微生物と水



サイレージ発酵の制御

- 好気性微生物の抑制: 腸内細菌、酵母、カビ
- 嫌気性有害微生物の抑制: 酪酸菌

好気性微生物の抑制

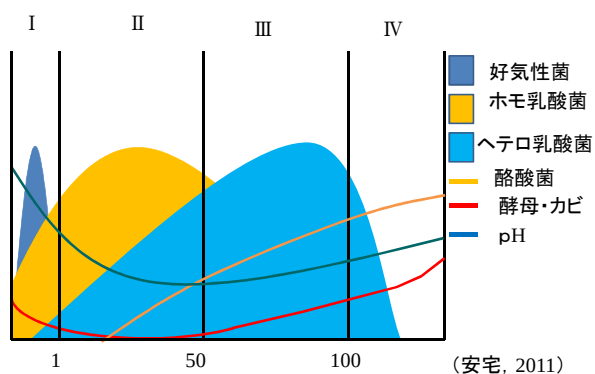
- 空気の排除: サイロ密封によってカビや酵母を制御できる。
- しかし、酪酸菌は抑えることはできない。

酪酸菌の抑制

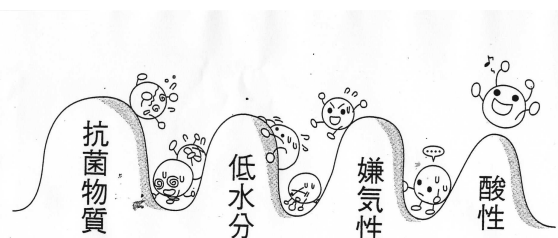
pHの低下: ≤ 4.2

水分の低下: $\leq 60\%$

サイレージダイナミクスと微生物の変化



完璧なサイレージへの挑戦 ハードルテクノロジー



サイレージ調製の5原則

1. 適期刈取
2. 水分調整
3. 切断・踏圧
4. 添加物
5. 密封・加重

(北農試, 1957)

良いサイレージは良い草から

牧草の糖含量に及ぼす要因

草種: ペレニアルライグラス>メドフェスク

チモシー>アルファルファ

番草: 1番>3番>2番

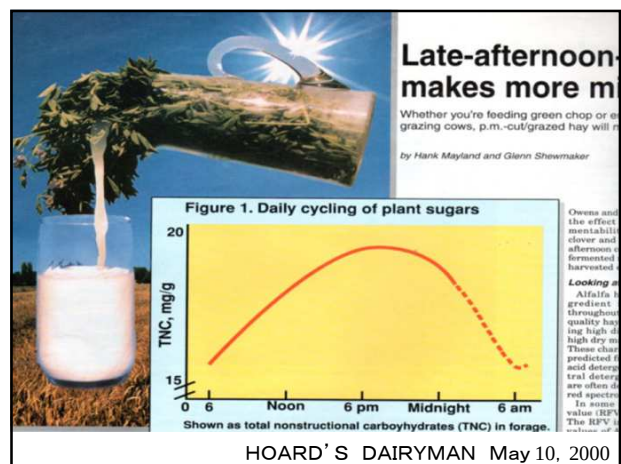
気温: 低温>高温

時期: 出穂期>生育期

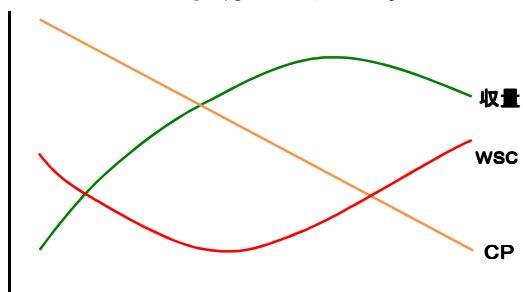
時刻: 夕>夜>昼>朝

施肥: N施肥, スラリーで減少

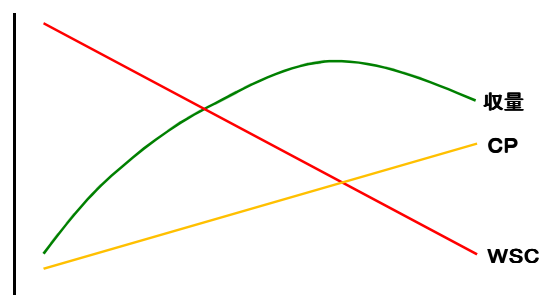
部位: 茎>葉



刈取時期と成分の変化



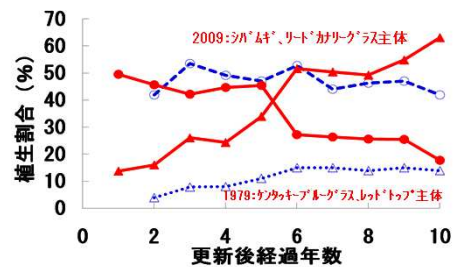
窒素肥料, 糞尿と牧草成分



雑草の問題

- 収量の低下
- 嗜好性の低下
- サイレージ品質の低下

経年草地の実態は？

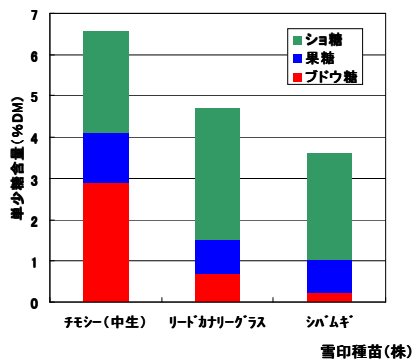


根刈地域草地の更新後経過年数と植生割合の関係

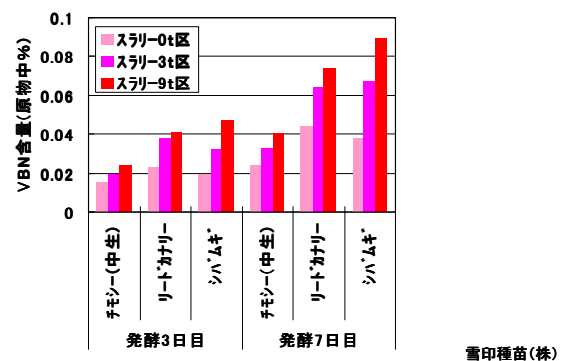
●○●○: 1979年 TY ●△●△: 1979年 地下茎型イネ科草
●●●●: 2009-11年 TY ▲▲▲▲: 2009-11年 地下茎型イネ科草

平成23年度 根刈農業試験場研究成果より

植生がなぜ発酵品質に影響するのか？



植生がなぜ発酵品質に影響するのか？



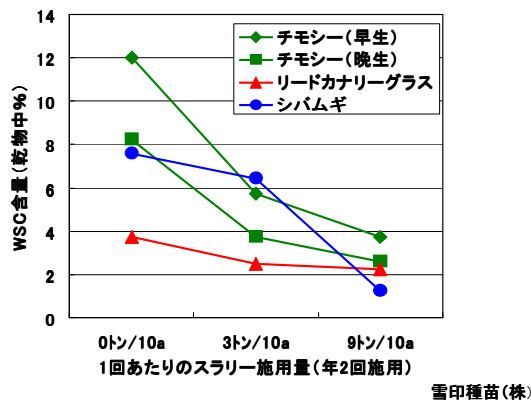
草種（植生）の影響 リードカナリーグラス

- 乳酸発酵に必要な糖（WSC）含量が少ない。
- 発酵初期のVBN発生量が多い。
- サイレージのpHが下がりにくい。
- 通常の収穫時期だと生育が進みすぎて、消化性、栄養価嗜好性が低下する。

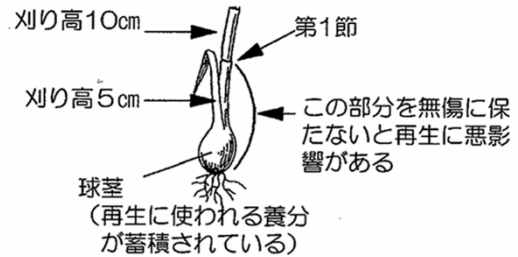
草種（植生）の影響 シバムギ

- 乳酸発酵に必要な単少糖含量が少ない。
- 発酵初期のVBN発生量が多い。
- サイレージのpHが下がりにくい。
- 倒伏しやすい。
- 低収なので、施肥量が多くなる。
⇒発酵品質が悪くなる。

施肥の影響



チモシーは低刈り、多回刈りに弱い



牧草サイレージ発酵品質の改善方法 ～踏圧(踏圧時間を確保する)～

TMRセンターでは、ハーベスターのスピードが速すぎて、踏圧時間が確保できないケースがある。

- ・ダンブの間隔を5分以上確保する。
 1. バンカーサイロの中央を基点にして、間口両側に向けて詰めていく。
 2. 2本同時並行詰めを行う。
- ・ダンブ間隔が5分未満になる場合。
踏圧車両(ホイールローダー、トラクター)を増やす。
大型バンカーであれば、3～4台で作業する。

牧草サイレージ発酵品質の改善方法 ～踏圧(踏圧時間を確保する)～ (道立畜産試験場)

- ・場合によってはサイロ2本同時詰め
- ・側面しかないバンカーは中心を基点にして両側から詰める。

サイロNo.	2本詰め		1本詰め
	B3	B8	慣行
原料草水分(%)	63.9	64.7	69.1
ダンブ間隔(分)	0:06	0:06	0:03
ダンブ台数(計)	250	262	209
運び込みm3	3254	3410	2720
詰め込みm3	1365	1397	1296
圧縮係数	2.38	2.44	2.10

牧草サイレージ発酵品質の改善方法 ～踏圧(踏圧時間を確保する)～ (道立畜産試験場)

仮密封導入(2本同時詰め)による大型バンカーサイロのサイレージ品質改善効果

サイロNo.	2本詰め		1本詰め	備考
	B3	B8	慣行	
乳酸(現物%)	1.58	1.77	1.38	
酪酸(現物%)	0.11	0.04	0.17	
酢酸(現物%)	0.58	0.52	0.94	LSD(5%)=0.17
プロピオン酸(現物%)	0.04	0.02	0.09	LSD(5%)=0.03
総VFA(現物%)	2.31	2.35	2.59	
NH3/TN(%)	10.5	7.1	12.6	
Vスコア	72	84	60	LSD(5%)=16
Vスコアのばらつき	20.27	30.16	34.15	

乳酸発酵促進添加物

・乳酸菌:ホモ発酵

Lactobacillus plantarum

Lactobacillus casei

・酵素:セルラーゼ

・糖、糖蜜・穀物など

酪酸発酵抑制添加物

- 蟻酸: Formic acid, HCOOH
- 酢酸: Acetic acid, CH_3COOH
- 乳酸: Lactic acid, $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$

好気的変敗抑制添加物

- プロピオン酸: Propionic acid
- 酪酸: Butyric acid

世界初のサイレージ用L型乳酸菌



サイレージの乳酸菌

<i>Lactobacillus</i>	Homo	DL	<i>L. acidophilus</i>
		L(+)	<i>L. casei</i>
		D(L)*	<i>L. coryniformis</i>
		DL	<i>L. curvatus</i>
		DL	<i>L. plantarum</i>
	Hetero	L(+)	<i>L. salivarius</i>
		DL	<i>L. brevis</i>
		DL	<i>L. buchneri</i>
		DL	<i>L. fermentum</i>
		DL	<i>L. viridescens</i>
<i>Pediococcus</i>	Homo	DL	<i>P. acidilactici</i>
		DL	<i>P. damnosus</i>
			(<i>cerevisiae</i>)
<i>Enterococcus</i>	Homo	DL	<i>P. pentosaceus</i>
		L(+)	<i>E. faecalis</i>
<i>Lactococcus</i>	Homo	L(+)	<i>E. faecium</i>
		L(+)	<i>L. lactis</i>
<i>Streptococcus</i>	Homo	L(+)	<i>S. bovis</i>
<i>Leuconostoc</i>	Hetero	D(-)	<i>L. mesenteroides</i>

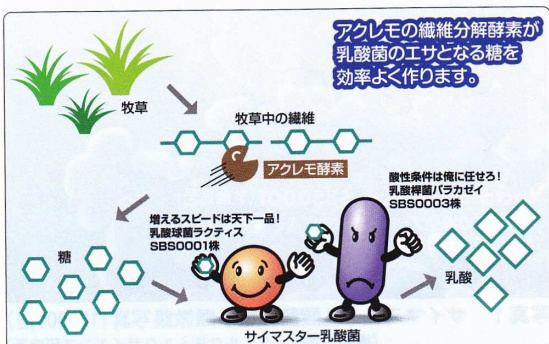
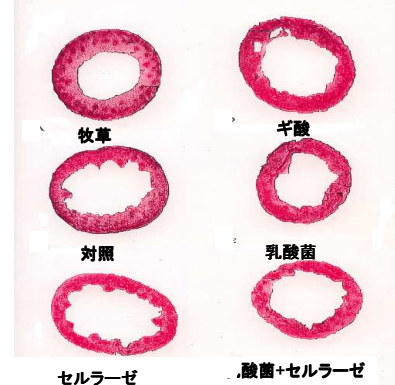
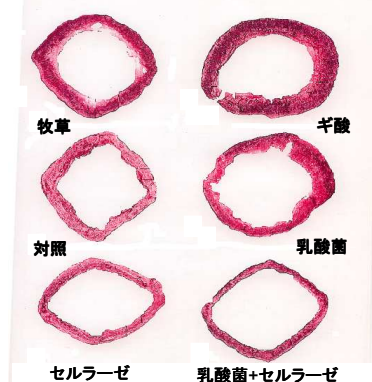


図2 サイレージ中のアクレモ酵素と乳酸菌の役割

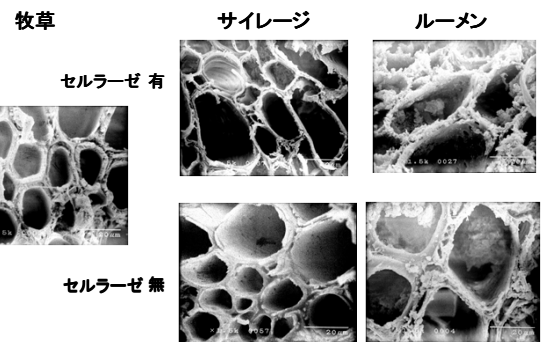
チモシーサイレージの細胞壁



アルファルファサイレージの細胞壁



サイレージの細胞壁におよぼすセルラーゼの影響



Ishida, 2000

サイレージ添加物 乳酸菌・酵素とギ酸の比較

	乳酸菌・酵素	ギ酸
作用	サイレージ中で乳酸菌が増殖し、乳酸発酵を促進することでpHを下げ、酪酸菌を含めた雑菌を抑制する。	サイレージに強酸であるギ酸を添加することでpHを下げて、植物、微生物の活動を止めて、腐敗を抑制する。
メリット	・良質なサイレージが調製できれば、ギ酸よりも嗜好性は良いと言われている。 ・幅広い水分で利用できる。 ・安全で火傷や機械に対する腐食がない。	・添加時にpHを確認しながら添加量を調整し、確実にpHを下げることで高水分で効果が安定している。
デメリット	・高水分では、ギ酸に比べて効果が不安定。	・高水分材料でしか使えない(中水分以下で使うと二次発酵しやすい)。 ・強酸のため、火傷や機械に対する腐食がある。

乳酸菌 乳酸菌にも2タイプある

	乳酸発酵促進タイプ	二次発酵抑制タイプ
目的	酪酸発酵の抑制	二次発酵の抑制
作用	サイレージ中で効率よく乳酸を生成し、pHを下げることで酪酸菌などの雑菌を抑制する。	サイレージ中の乳酸を酢酸に変換することで酢酸を増やし、酢酸の抗菌作用を利用して、カビや酵母を抑制する。
菌種	ラクトバチルス・プランタラム ラクトバチルス・カゼイ ラクトバチルス・パルカゼイ ラクトコッカス・ラクティス エンテロコッカス・フェシウムなど	ラクトバチルス・ブクネリ (ラクトバチルス・ブーゲンライ) ラクトバチルス・プレビス
デメリット	酢酸や酪酸などのカビ・酵母に抗菌作用のある有機酸が少なくなる。	乳酸が減少することで、pHが高くなるため、牧草サイレージでは酪酸発酵するリスクがある。

サイレージの管理

- ・ 良いサイレージ
長期貯蔵: トウモロコシ澱粉消化率の向上
繊維消化率の向上?
- ・ 悪いサイレージ
短期貯蔵: 高水分酪酸発酵
ケトーシスに注意
移行期の牛に給与しない

まとめと提言

- ・ 良いサイレージは良い草から
- ・ チモシー一辺倒から脱却して牛に喜ばれるサイレージを
- ・ 美しく、たくましい草地を

Gone with the Horse



短草利用で密度の高いペレニアル草地



ペレニアルライグラスの草地

デンマーク、オランダはペレ。 飼料自給率70%で11,500kg



粗飼料のルーメン充填指数 (FIV)

	FIV	有機物消化率 (%)	乾物中 NDF(%)
超高消化性牧草	0.43	81.3	43.4
高消化性牧草	0.49	77.0	52.8
中消化性牧草	0.52	72.4	58.2
低消化性牧草	0.55	66.6	60.5
超低消化性牧草	0.59	61.4	62.5
アカクロバ50%	0.49	67.0	42.2
大麦ワラ	0.62	54.7	76.7
NH ₃ 処理ワラ	0.59	60.7	74.5

⊕ FIVが大きいほどルーメンの充填度を高め、乾物摂取量を減少させる (高橋 2012)

代表的草種の飼料成分

	CP	NDF	NFC	WSC
チモシー	10	65	15	10
オーチャードグラス	10	60	20	10
ペレニアルライグラス	10	50	30	30
アルファルファ	20	45	25	5

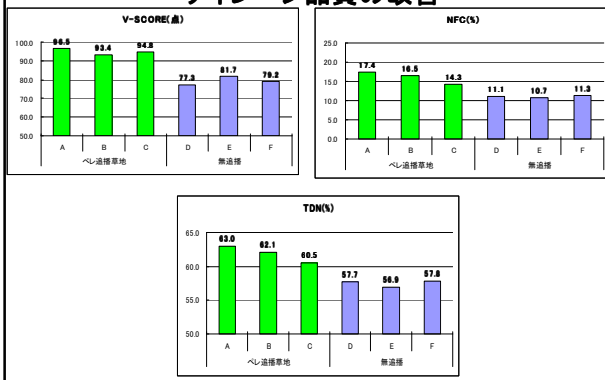
CP :粗タンパク質 NDF : 非繊維性炭水化物 NFC:非繊維性炭水化物
WSC:可溶性炭水化物

ペレニアルライグラス草地で乳量増加



浜中町2011年9月

ペレニアルライグラスによる サイレージ品質の改善



デリケートなチモシーと たくましいペレニアルライグラス



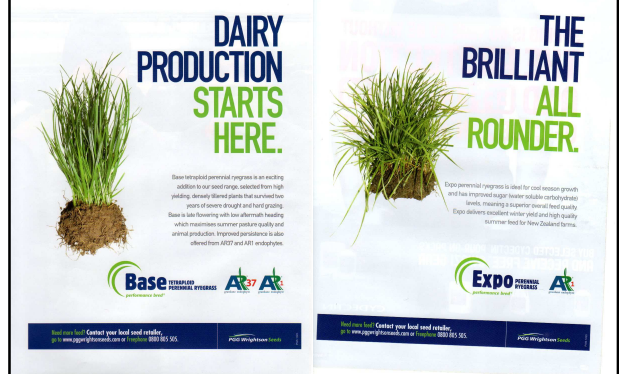
ニュージーランドにおける草種

ペレニアルライグラスとシロクロバ
ペレニアルライグラス:高収量、高糖分含量、
エンドファイト種子の開発

注目される草種

トウモロコシ、アルファルファ、カブ、チコリ、ピー
ト、オオバコ、ケール

高収量・高糖分の牧草をつくるニュージーランド



アメリカモデル

- アルファルファとトウモロコシ:永遠のベストミックス
- アルファルファからチモシー、リードカナリーグラスへ後退する草づくり:ヘンリー教授の轍を踏む?・
• ウィスコンシンではアルファルファの栽培が難しかった。
- トウモロコシ利用の多様化:ホーククロップサイレージ(クラッシャー、高刈り、貯蔵期間)、シェルドコーン、スナップドコーン
- 放牧の増加

北矢ケレスの会の挑戦

ウィスコンシンはアルファルファの不適地(ヘンリー教授)ホーズ氏(ホーズ・デーリマン創始者)がこれに挑戦して成功。

ヘンリー教授の弟子、宇都宮仙太郎が札幌で成功、その後4代にわたり持続。

北矢ケレスの会は不適地とされた道東地方でアルファルファの栽培に成功。

アルファルファネサンス!

道東でもアルファルファ！



道東でもペレニアルライグラス！



**躍進！ G'Grass 頑張る釧路農協連
レベルアップ研修会 2013年8月 鶴居村**



釧路に美しく、たくましい草地を！

