

## 降霜がトウモロコシサイレージの発酵品質,飼料価値ならびに 圃場損失へ及ぼす影響

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	岩崎, 薫 名久井, 忠 早牌, 政市
巻/号	26巻4号
掲載ページ	p. 418-423
発行年月	1981年1月

## 降霜がトウモロコシサイレージの発酵品質、 飼料価値ならびに圃場損失へ及ぼす影響

岩崎 薫・名久井 忠・早川 政市

### 要 旨

岩崎 薫・名久井 忠・早川 政市 (1981) 降霜がトウモロコシサイレージの発酵品質、飼料価値ならびに圃場損失へ及ぼす影響。

トウモロコシサイレージの原料が被霜した場合、サイレージの発酵品質、飼料価値、圃場損失にどのような影響を及ぼすかについて検討した。供試品種は交8号、ホクユウ、P3715で、被霜の程度は軽微なものは2~3回、強いものは5~14回であった。軽微な霜を被ると植物体の上部1/3程度が脱色し、強霜を被ると全体が脱色した。また、被霜により、サイレージの水分、粗蛋白質、単少糖が減少した。サイレージの発酵品質は、強霜を被ると総酸が顕著に減少し、その結果pHが4.5~5.3に上昇した。粗蛋白質消化率は被霜回数が増加すると共に低下し、DCP含量も同様に低下した。一方、乾物消化率、TDN含量は被霜しないものと同等か、やや低い値を示した。ハーベスター収穫による圃場損失は被霜により増加した。以上の結果、良質なサイレージ原料を得るためには、2~3回の降霜後にすみやかに収穫することが望ましいと推察された。

### 緒 言

トウモロコシサイレージは我国における主要な自給飼料の一つである。1978年には栽培面積が10万haに達し、更に増加の勢いである。

良質なサイレージを調製するためには、良質な原料を適期に収穫することが大切であるが、現実には必ずしも理想どおりにゆかないことが多い。特に、収穫時期に降霜に見舞れる北海道では、毎年のように被霜した原料をサイロにつめこむ例が見られる。

原料が被霜すると、外観的には白っぽくなり、収穫時の切断長が長くなる傾向を示す。これらの原料の変化がサイレージの品質、飼料価値、圃場損失とどのような関係にあるかについての報告<sup>1)</sup>はあまり見られず不明な点が少なくない。そこで、著者らは1974年から1976年にわたって検討したので報告する。

### 材料および方法

実験は4回行なった。供試材料は北海道農業試験場畑作物部で栽培したトウモロコシ(P3715, ホクユウ, 交8号)を用い、表1の日程で刈取時期別にサイレージを調製した。収穫はコーンアタッチメント付シリンダー型ハーベスターを用い、切断長は7mmに設定して行なった。収穫時の圃場損失調査は、手刈区(20m×5反復)とフォレージハーベスター収穫区の差をもって損失とみ

なした。

飼料価値の査定はめん羊を一処理区3頭ずつ供試した一元配置法に従い、予備期6日、本期7日の全糞採取法で実施した。サイレージの発酵品質のうち有機酸は箭原の方法<sup>2)</sup>、pHはガラス電極pHメーター<sup>3)</sup>、VBNは蒸溜法<sup>4)</sup>で行なった。飼料成分は、一般成分が常法<sup>5)</sup>、でんぷん、ADF、ADLは阿部の方法<sup>2,3)</sup>を用いた。

### 実 験 結 果

#### (1) 収穫時の気象ならびに作物の生育

降霜と収穫日との関係を見ると、1974年は10月11日に初霜があり、以後、12日、13日、16日、17日、18日

表 1. 収穫の日程と被霜の程度

年次	品 種	刈 取 月 日	被霜の程度
試験 I (1974)	交8号	9月26日	無
		10月15日	2回
		11月5日	14回
試験 II (1975)	P3715	10月2日	無
		10月13日	2回
		10月23日	5回
試験 III (1976)	P3715	9月30日	無
		10月13日	3回
		10月25日	6回
試験 IV (1976)	ホクユウ	9月24日	無
		10月13日	3回
		10月25日	6回

に降霜があって、17日、18日は強霜であった。従って10月15日刈は2回、11月5日刈は14回被霜した。1975年は9月～10月に例年になく高温となり、トウモロコンの登熟は7日～10日早まった。降霜は10月12日、13日にあり、以後、17日、18日、19日に強霜があった。1976年は10月6日に初霜があり(第1図)、以後8日、9日、15日、17日、25日に降霜があり、15日以降は強霜であった。

作物の生育は1974年が平均並、1975年が史上まれにみる豊作、1976年はやや不良年であった。

(2) 原料の部位別構成割合ならびに乾物率の変化

原料の収穫時における部位別構成割合を表2に示した。

各品種とも経時的に子実の割合が増加するが、茎については一定の傾向がみられなかった。葉はホクユウが経時的に減少し、10月25日にはおよそ半減したが、P3715

はわずかな減少にすぎなかった。芯、穂皮、穂柄はほとんど変化はみられなかった。

乾物率は茎、芯、穂柄は経時的に大きな変化はしないが、葉は経時的に増加し、特に強霜を被った10月下旬

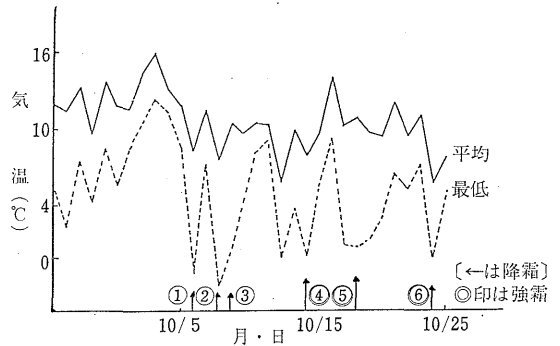


図1. 気温の変化と降霜回数(1976)

表2. 原料の部位別構成割合ならびに乾物率(% DM)

	刈取日	構成比						乾物率					
		茎	葉	子実	芯	穂皮	穂柄	茎	葉	子実	芯	穂皮	穂柄
試験Ⅱ (1975)	10月2日	25.3	25.9	32.5	10.0	5.9	0.8	18.4	25.9	46.6	32.1	21.5	14.0
	10月13日	23.6	22.9	37.6	9.8	5.2	0.9	15.6	27.4	50.9	34.0	24.8	12.9
	10月23日	25.4	22.1	40.6	8.4	4.4	0.8	17.0	46.4	53.4	34.1	42.6	13.1
試験Ⅲ (1976)	9月30日	30.9	26.3	14.1	15.5	11.5	1.1	20.0	19.4	22.7	21.5	18.8	13.1
	10月13日	32.7	23.2	20.7	12.8	9.7	1.5	19.9	19.3	27.4	22.9	17.5	12.3
	10月25日	29.6	21.8	26.1	11.1	10.1	1.3	21.1	37.9	38.9	25.4	23.7	12.4
試験Ⅳ (1976)	9月24日	26.4	22.7	27.2	9.3	11.9	2.7	23.5	23.4	48.4	30.9	22.9	16.4
	10月13日	21.3	16.6	36.1	10.6	12.7	2.7	21.5	37.8	54.3	31.8	25.1	16.2
	10月25日	19.8	11.2	45.1	10.0	11.2	2.7	24.7	78.3	62.6	32.3	54.7	16.0

表3. サイレージの飼料成分組成(%)

区分	品種	刈取日	熟期	DM %							
				水分	粗蛋白質	粗脂肪	単少糖	でんぷん	ADF	有機物	
試験Ⅰ (1974)	交8号	9月26日	乳・後	81.1	8.7	4.4	4.3	12.7	37.4	92.6	
		10月15日	黄・初	73.6	6.4	4.4	2.0	26.4	27.3	93.6	
		11月5日	枯熟	72.9	6.4	4.3	0.9	25.7	27.7	95.0	
試験Ⅱ (1975)	P3715	10月2日	糊・後	75.7	8.7	3.0	1.9	16.2	35.9	94.1	
		10月13日	黄熟	75.4	7.8	3.0	0.5	20.4	31.3	94.2	
		10月23日	黄・後	69.0	6.1	2.9	0.5	22.6	27.0	95.0	
試験Ⅲ (1976)	P3715	9月30日	乳・初	79.6	12.2	2.9	7.1	9.3	37.7	94.1	
		10月13日	糊・初	80.8	9.3	3.0	5.2	10.9	37.9	93.9	
		10月25日	糊・後	76.9	8.9	2.8	3.9	15.8	36.4	91.9	
試験Ⅳ (1976)	ホクユウ	9月24日	糊・後	78.7	9.3	2.8	4.3	20.6	29.0	94.6	
		10月13日	黄・初	70.6	9.6	3.3	1.3	22.2	25.9	94.7	
		10月25日	黄・中	64.6	8.7	3.3	0.4	26.7	28.6	95.3	

注) 熟度は乳熟・糊熟・黄熟の略

表4. サイレージの発酵品質 (meq %, %)

区分	品種	刈取日	熟期	pH	総酸	VFA	VFAの構成 (モル%)			VFA/総酸	VBN/T-N
							C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>		
試験 I (1974)	交8号	9月26日	乳・後	3.7	29.8	7.5	100	Tr	—	25.1	2.7
		10月15日	黄・初	3.9	24.4	5.8	100	Tr	—	23.7	3.9
		11月5日	枯・熟	4.5	14.5	3.3	100	Tr	—	22.7	1.0
試験 II (1975)	P3715	10月2日	糊・後	4.0	31.0	7.6	95	5	—	24.5	3.2
		10月13日	黄・熟	4.3	25.0	6.4	90	10	—	25.5	2.9
		10月23日	黄・後	4.5	14.8	6.2	93	7	—	41.9	6.2
試験 III (1976)	P3715	9月30日	乳・初	3.9	36.5	12.6	100	Tr	Tr	34.5	1.9
		10月13日	糊・初	3.9	31.4	8.5	100	—	—	20.2	10.4
		10月25日	糊・後	5.3	9.7	1.3	18	39	43	13.3	6.4
試験 IV (1976)	ホクユウ	9月24日	糊・後	3.9	29.5	5.6	100	—	—	18.9	5.3
		10月13日	黄・初	4.1	28.6	6.2	100	—	—	21.6	8.2
		10月25日	黄・中	4.8	22.9	3.1	100	Tr	—	13.7	3.9

表5. サイレージの消化率, 可消化養分含量

区分	品種	刈取日	熟期	消化率				DCP	TDN
				乾物	粗蛋白質	ADF	でんぷん		
試験 I (1974)	交8号	9月26日	乳・後	58.8	52.8	48.6	92.2	4.6	60.3
		10月15日	黄・初	60.3	41.7	35.1	94.5	2.7	63.4
		11月5日	枯・熟	58.0	39.1	33.2	94.3	1.7	60.9
試験 II (1975)	P3715	10月2日	糊・後	63.9	64.3	54.2	95.6	5.2	65.1
		10月13日	黄・熟	63.9	51.5	49.2	96.4	4.0	64.9
		10月23日	黄・後	61.4	34.2	37.1	96.2	2.1	63.9
試験 III (1976)	P3715	9月30日	乳・初	61.1	62.8	53.1	97.5	7.1	61.4
		10月13日	糊・初	60.0	62.0	55.3	97.5	4.9	60.8
		10月25日	糊・後	56.0	56.8	47.3	95.5	3.8	53.9
試験 IV (1976)	ホクユウ	9月24日	糊・後	66.7	49.3	56.8	93.2	4.6	68.3
		10月13日	黄・初	65.6	49.0	49.7	94.6	4.7	67.4
		10月25日	黄・中	64.1	45.4	48.3	95.8	3.9	66.7

表6. ハーベスター収穫による圃場損失の比較 (kg/10 a)

区分	品種	刈取日	ハーベスター区		手刈り区		収穫時の損失		発酵による損失
			生草収量	乾物収量	生草収量	乾物収量	乾物量	%	
試験 III (1976)	P3715	9月30日	5712	1148	5865	1179	31	2.6	7.5
		10月13日	—	—	5721	1157	—	—	5.1
		10月25日	3804	989	4551	1183	194	16.3	4.0

以降には被霜以前のおよそ2倍の値を示した。子実は登熟とともに増加した。

(3) サイレージの飼料成分組成, 発酵品質の変化  
飼料成分組成を表3に示した。

粗脂肪, 有機物は経時的にほとんど変化しないが, 粗蛋白質含量は経時的に減少し, 単糖含量も減少の傾向

を示した。水分含量は登熟とともに低下した。でんぷん含量は経時的に増加し, 9月下旬から10月下旬に至るおよそ一カ月間に1.5~2倍になることが認められた。

サイレージの発酵品質を表4に示した。まず, pHについては, 全く被霜しない9月下旬に収穫した場合3.7~4.0であったが, 強霜を受けると4.5~5.3に上昇

した。総酸は被霜以前が 29.5~36.5 meq% であるが、強霜を被ると  $1/2 \sim 1/3$  程度まで減少した。VFA も 9 月下旬に収穫した場合 5.6~12.6 meq% であったものが、被霜後には 1.3~6.2 meq% に減少した。VFA の構成割合をみると、ほとんどが酢酸で占められ、被霜により影響を受けない場合と、プロピオン酸、酪酸が生成する場合(試験Ⅲ)が認められた。総酸に対する VFA の割合、総窒素に対する VBN の割合のいずれも、一定の傾向は見られなかった。

#### (4) サイレージの消化率、可消化養分含量

めん羊によるサイレージの消化率、可消化養分含量を表 5 に示した。

乾物消化率は 9 月下旬刈り区と 10 月下旬刈り区とでほとんど差がない場合と若干低下する場合が見られた。一方、粗蛋白質では明らかに減少し、多い場合は 20% 以上低下した。ADF も経時的に低下の傾向を示し、8~17% 減少した。でんぷんは 92~97.5% と高い値を示した。その結果、TDN 含量は被霜による影響は見られませんが、DCP 含量はおおよそ半減した。

#### (5) 収穫時の圃場損失

ハーベスターで収穫した際の圃場損失を表 6 に示した。被霜以前の 9 月 30 日に収穫した場合、ハーベスター区が 1148 kg に対して手刈り区は 1179 kg であり、損失は 2.6% にすぎないが、強霜を被った 10 月 25 日収穫では損失が 16.3% に及んだ。

## 考 察

北海道東部はトウモロコシ栽培の限界地帯に位置する。楠引<sup>4)</sup>による品種の適正配置から考えると、乾物率 25%~30% に達する積算温度が 2100~2550°C の範囲に入る早生品種がこの地域で望ましいとされている。

しかしながら実際には、十勝地方ではいまだに半分近い面積に中・晩生品種が栽培されており、それらのうち、おおよそ  $1/3$  程度は被霜の後に収穫されている。

芽室における平年の初霜は 10 月 2 日であって、10 月中旬以降に収穫する場合には、強霜に見舞れるのが通常である。本実験では中・晩生品種が被霜した場合の影響を検討したものである。

供試した材料の熟度ならびに外観をみると、9 月下旬には早生品種は黄熟期に達するが、晩生品種は乳熟~糊熟期であり、10 月中旬以降に糊熟初期~黄熟初期になる。この段階に至ると降霜が 2~3 回あり、植物体の上部  $1/3$  程度白っぽい色を呈する。更に 10 月下旬以降になると、熟度は糊熟末期~黄熟後期に達するが、外観は全体が白っぽくなり、葉部ならびに茎の上部は枯れ上って

くる。

このような原料をサイレージに調製し飼料成分組成を見ると、水分含量は 9 月下旬には 80% 前後と高いが、10 月中旬には 75% 前後、10 月下旬には 65~70% に低下する。

粗蛋白質含量も経時的に低下し、10 月下旬には 9 月下旬の値よりもおよそ 20~30% 減少する。一方、でんぷん含量は被霜後も増加して 9 月下旬の値に比べ 1.5~2.0 倍に増加するが、これに対応して ADF 含量は減少してゆく。単少糖含量も経時的に減少するが粗脂肪は変化が少ないことが示された。これらの変化のうち被霜による影響と考えられるものは水分、粗蛋白質、単少糖の減少で、その程度は降霜の強弱、時期によって差異があるものと思われる。

サイレージの発酵品質の変化をみると、pH は 9 月下旬に 3.7~4.0 であったものが、強霜を受けた 10 月下旬には 4.5~5.3 へ上昇した。総酸の生成量も経時的に減少し、強霜を受けると半減することが認められた。総酸が減少することにより pH が上昇し、4.2 以上になるとサイレージ中の有害微生物が活動を始めるとされている<sup>9)</sup>ことから、強霜を受けた原料はサイレージ発酵の上から好ましくないと云える。

VFA の構成割合は被霜により、著しい変化を示さない場合が多いが、時には試験Ⅲのように酪酸が生成されることもある。この点においても被霜した原料は発酵品質を劣化させる主要な因子であると云える。

サイレージの消化率についてみると、乾物消化率はほとんど変化しない場合が多かったが、時には 4% 程度低下する場合もあることが示された。一方、粗蛋白質は経時的に確実に低下し、強霜を受けた 10 月下旬には大巾に低下することが明らかになった。これは、中・晩生品種の蛋白質は茎葉に負うところが多いことから、被霜による養分の溶脱にともなって成分含量が低下したことによると考えられる。ADF も経時的に低下したが、これは茎の老化に伴っておこる変化であり<sup>1)</sup>、強霜を受けた場合は著しく低下する場合もあるものと推察された。

でんぷんの消化率は 90% 以上の高い値を示したが、この値は羊によるものであり、乳牛においては 80% 台に低下することが認められている<sup>7)</sup>。以上の結果、飼料価値に対する降霜の影響は TDN 含量にはさほど大きな影響は与えないが、DCP 含量は被霜以前に比べて半減することから、かなり大きな影響を及ぼすといえる。TDN 含量に変化がみられないことは、でんぷん含量が経時的に増加して、老化に伴う茎葉の可消化 ADF 含量の減少を補完することによると考えられる。

トウモロコシは通常コーンハーベスターで収穫される。そこで収穫時の圃場損失を比較すると、9月下旬には5%以下であるものが、10月下旬にはおよそ5倍近い値を示した。これは強霜を受けた場合、葉、穂皮および茎の一部が枯れ上り、ハーベスターで吹き上げた際、軽いため吹き飛ばされたことによると思われる。本調査を行った時、風がわずかながらふいており、予想を上回る大きな損失となったが、無風状態であっても、その損失は5~10%程度は予想される。

更に切断長を比較すると、10月下旬収穫のものが長かった。このことは、サイレージをつめこんだ後の密度を低下させる要因となり、発酵品質に悪影響を及ぼすことになる<sup>10)</sup>。

トウモロコシサイレージの刈取適期について、著者らは黄熟後期が望ましいことをすでに報告しているが<sup>6)</sup>、中・晩生品種については、播種期を早めたり、適正な栽培法などによって、被霜をさけることが第1に重要である。本試験の結果から10月中旬に至り、2~3回の降霜後、直ちに収穫することが望ましいと考える。

#### 謝 辞

本試験を実施するにあたり、北海道農試(前)畑作部

長、高瀬 昇博士には当初より適切な御指導、御助言をいただいた。また、畑作部長、大久保隆弘博士には本論文の御校閲をいただいた。ここに深く謝意を表します。

#### 引用文献

- 1) 阿部 亮・名久井忠・櫛引英男・岩崎 薫・早川政市・仲野博之(1977)日草誌 **23**, 77-83.
- 2) 阿部 亮・堀井 聡(1972)畜試研報, **25**, 63-68.
- 3) 阿部 亮・堀井 聡(1976)畜試研報, **30**, 27-30.
- 4) 櫛引英男(1979)日草誌 **25**, 144-149.
- 5) 森本 宏 監修(1971)動物栄養試験法 412, 養賢堂, 東京.
- 6) 名久井 忠・櫛引英男・阿部 亮・岩崎 薫・早川政市・仲野博之(1975)日草誌 **21**, 300-307.
- 7) 名久井 忠・岩崎 薫・早川政市(1977)日本畜産学会第67回大会講演要旨 76.
- 8) 須藤 浩(1961)サイレージの調製と利用法, 53, 養賢堂, 東京.
- 9) 箭原信男(1966)北海道農試彙報 **90**, 55-60.
- 10) 北海道農試畑作部(1977)家畜導入研究室成績書 34-41.
- 11) 北海道農試畑作部(1966)北海道農試年報 54.

(昭和55年3月31日受理)

## The Effects of Frost Injuries on the Fermentative Quality, Nutritive Value and Harvest Loss of Corn Silages

Kaoru IWASAKI, Tadashi NAKUI and Masaichi HAYAKAWA

### Summary

The experiments were undertaken to investigate the influences of frost injuries on the fermentative quality, nutritive value and harvest loss of corn silages.

The varieties used were KO No. 8, HOKUYU and PIONEER No. 3715. The silages were prepared at three different stages, ranging from milk to over-ripening stages, and their nutritive value, feed composition, and chemical quality were determined.

The corn plant were decolorized on upper one third part of plant by the mild frosts for two or three times, and the much frequent heavier frosts brought about decolorization of whole plant.

The contents of moisture, crude protein and monosaccharides of corn silages decreased with the frost injury.

The total acids in silages decreased with the frost injury. Consequently, the pH of silage rose from 3.7 or 3.9 to 4.5 or 5.3.

The digestibility of crude protein decreased gradually due to the frost injury, but the dry matter digestibility, digestible organic matter and TDN contents of silages were not very much changed.

The harvest loss in fields increased due to the heavy frost injury.

It is advisable to harvest the crop before it undergoes more than two or three times of frosts, if better quality silage is desired.

(J. Japan. Grassl. Sci., 26, 418~423, 1981)