

## テンサイの機械的損傷と貯蔵性(2)

誌名	てん菜研究会報 = Proceedings of the Sugar Beet Research Association
ISSN	09121048
著者	井村, 悦夫 早坂, 昌志 斎藤, 英俊
巻/号	28号
掲載ページ	p. 115-120
発行年月	1987年9月

## テンサイの機械的損傷と貯蔵性

### 第2報 損傷の種類とその影響

井村悦夫・早坂昌志・斉藤英俊・神沢克一

(日本甜菜製糖株式会社総合研究所)

#### 1. 緒言

著者らはテンサイの機械収穫及び貯蔵のための除土、積上げ作業中に生ずる機械的な損傷が、貯蔵期間が長くなるほどテンサイの腐敗を増加させ、その結果、根中糖分の低下を招くことを報告した<sup>3)</sup>。

収穫機の導入、普及は、一戸当りの作付面積の増加を可能とし、大型の除土・積上機械の開発は、パイルへの土砂等の夾雑物の除去により呼吸熱の放熱をより効果的にするなど、作業の合理化に大きな貢献をしてきた。その一方で前述のような問題点も生じている。そこで、機械的な損傷の種類を、実際のテンサイの観察から打僕傷、裂傷、擦過傷に大別し、それらの傷をテンサイの側面にモデル的に与え、各損傷のテンサイの貯蔵腐敗に及ぼす影響について調査した。

#### 2. 材料及び方法

材料は日本甜菜製糖株式会社清川農場で栽培した原料テンサイで、傷を与えぬよう手掘りし、手でタッピングを行なった。タッピングの位置は最下葉跡部の上1cmである。収穫日は昭和59年10月17日、品種はカーベガモノである。

収穫したテンサイには直ちに損傷を与えた。

傷の種類は、実際のパイルにおける原料テンサイの肉眼観察に基づいて、打僕傷、裂傷及び擦過傷の3種類とし、その程度はパイルで通常見られる程度とした。打僕傷はテンサイの根の側面1箇所、重量2.5kgの鉄製ハンマーを、力を加えずに50cm上から振り落とすことにより与えた。裂傷は根の側面に、根の軸と垂直の方向に、1面につき2箇所、タッピングナイフで深さ1cm程度の切り込みを入れることにより与えた。擦過傷は根の側面を金属性のブラシで表面が剥離する程度の強さで1箇所当たり約20cm<sup>2</sup>擦ることにより与えた。傷を与えたテンサイは、表面の泥を軽く落とした後、乾燥を防ぐためビニール袋に

包み、馬鈴薯用プラスチックコンテナに収納し、貯蔵した。尚、対照区として、損傷処理を施さない無傷の区を設けた。テンサイにおいても一般の作物と同様、温湿度処理によって傷の治癒があることが報告されており<sup>5)</sup>、今回の実験では貯蔵温度による傷の治癒についても調査するため2段階の温度で貯蔵した。設定した温度は高温区が全期間8~10℃、低温区が初期の1ヶ月は0℃、以降は3℃である。

貯蔵期間は、10月22日より3月14日まで(143日)である。調査月日と調査項目は次の通りである。11月26日(腐敗、重量、根中糖分、搾汁液pH)、1月17日(重量)、3月14日(腐敗、重量、根中糖分、搾汁液pH)。

11月の調査は低温処理区において貯蔵温度を変更した時期に実施した。

腐敗については、次の如く調査を行った。腐敗部分を含んで2分割し、切断面の腐敗の状態により、まず全調査本数に対する腐敗の発生した個体数の割合(腐敗個体率)を求め、更に個体毎に切断面全体に占める腐敗部分の割合に応じて下記に掲げる指数をつけ、各個体の指数の総和を調査本数で割り、1個体当たりの平均腐敗指数を腐敗程度とした。腐敗の侵入部位を、頭部(タッピング面)、側面に与えた傷口部、傷口部以外の側面、根端の4部位別にその数を調べ、その部位から侵入した個体数の調査本数に対する割合(部位別腐敗個体率)を、更に各部位から侵入した腐敗部分面積の切断面積に対する割合を直接%で示した(3月のみ)。用いた腐敗指数は次の通りである。

- 指数0 内部組織に腐敗した部分はない。
- “ 1 切断面の1割程度が腐敗している。
- “ 2 切断面の2.5割程度が腐敗している。
- “ 3 切断面の5割程度が腐敗している。
- “ 4 切断面の7.5割程度が腐敗している。
- “ 5 切断面のほぼ全体が腐敗している。

### 3. 結 果

ら第3表に示した。

各調査時期における調査及び分析結果を第1表か

第1表 貯蔵温度の異なる条件下での傷の種類がテンサイ貯蔵中の根部の部位別腐敗個体率及び部位別腐敗面積割合に及ぼす影響

傷の種類	貯蔵温度 <sup>b)</sup>	部位別 <sup>a)</sup> 腐敗個体率(%)				部位別 <sup>a)</sup> 腐敗面積割合(%)			
		頭部	傷口	側面	根端	頭部	傷口	側面	根端
対 照 <sup>c)</sup>	高温	30.0	—	2.5	10.0	4.8	—	0.3	1.0
	低温	35.0	—	0.0	12.5	3.8	—	0.0	2.0
	平均	32.5	—	1.3	11.3	4.3	—	0.2	1.5
打撲傷	高温	15.0	17.5	5.0	15.0	3.3	2.0	0.8	1.8
	低温	27.5	32.5	2.5	15.0	2.8	4.5	0.3	1.5
	平均	21.3	25.0	3.8	15.0	3.1	3.3	0.6	1.7
裂 傷	高温	15.0	5.0	0.0	12.5	1.8	0.5	0.0	1.5
	低温	30.0	10.0	0.0	7.5	3.8	1.3	0.0	1.0
	平均	22.5	7.5	0.0	10.0	2.8	0.9	0.0	1.3
擦過傷	高温	12.5	0.0	2.5	0.0	1.8	0.0	0.3	0.0
	低温	25.0	2.5	0.0	7.5	2.8	0.3	0.0	0.8
	平均	18.8	1.3	1.3	3.8	2.3	0.2	0.2	0.4
高 温 平均	平均	18.1	5.6	2.5	9.4	2.9	0.6	0.4	1.1
	低 温 平均	29.4	11.3	0.6	10.6	3.3	1.5	0.1	1.3

a) 腐敗発生部位を下記の4部位に分類した。

頭部：タッピング面

傷口：側面のうちの傷口部分

側面：側面のうちの傷口以外の部分

根端：主根の根端部分

b) 貯蔵温度は下記の2水準とした。

高温：全貯蔵期間(昭和59年10月22日~60年3月14日, 143日) 8~10℃

低温：初めの1ヶ月(10月22日~11月22日)は0℃,

以後(11月22日~3月14日)3℃

c) 側面に損傷処理なし。

貯蔵終了時の3月では、傷口の外に頭部や根端部からの腐敗も多くなったので、腐敗の発生した部位別に調査することとした。その調査結果を第1表に示した。傷口からの腐敗の個体率は貯蔵温度にかかわらず打撲傷で最も高かった。部位別腐敗面積割合を見ると、打撲傷は低温貯蔵の場合、傷口からの腐敗面積割合は他のどの部分よりも高く、高温貯蔵では頭部からの腐敗面積割合について高かった。裂傷では傷口からの腐敗個体率及び腐敗面積割合とも擦

過傷より高かったものの、打撲傷より低く、また部位別に見た場合、頭部からの腐敗面積割合よりも低かった。擦過傷では、今回試みた3種類の傷のうち、腐敗個体率、腐敗面積割合とも最も小さく、傷口からの腐敗個体率及び腐敗面積割合は、頭部や根端からの値を下回った。その他の部位では、最大の切傷である頭部からの腐敗個体率が高く、全体の平均で25%の個体に発生し、腐敗面積割合でも3%程度となり、大きな劣化部位であることを示した。また、

第2表 貯蔵温度の異なる条件下での傷の種類がテンサイ貯蔵中の腐敗個体率及び腐敗程度に及ぼす影響

傷の種類	貯蔵温度	腐敗個体率 (%) <sup>a)</sup>		腐敗程度 <sup>b)</sup>	
		11月	3月	11月	3月
対 照	高温	2.5	32.5	0.01	0.31
	低温	0.0	50.0	0.00	0.38
	平均	1.3	41.3	0.01	0.35
打撲傷	高温	10.0	37.5	0.06	0.40
	低温	2.5	55.0	0.01	0.58
	平均	6.3	46.3	0.04	0.49
裂 傷	高温	2.5	37.5	0.01	0.31
	低温	0.0	47.5	0.00	0.40
	平均	1.3	42.5	0.01	0.36
擦過傷	高温	2.5	12.5	0.01	0.11
	低温	0.0	35.0	0.00	0.24
	平均	1.3	23.8	0.01	0.18
高 温	平均	4.4	30.0	0.02	0.28
低 温	平均	0.6	46.9	0.00	0.40

a) 腐敗の発生した個体割合を示す。

b) テンサイの根部の切断面における腐敗部分の面積の割合に応じて個体ごとに指数を求め、その指数の個体当たりの平均値で示す。

主根や側根の切断が集中している根端部からの腐敗個体率は平均で10%であった。傷口以外の側面からの腐敗は、処理に関係なくごく少なかった。各部位の腐敗を総合した、全体としての腐敗については(第2表)、11月では高温貯蔵の打撲傷に腐敗の発生が認められたが、他の処理、特に低温処理区では、ほとんど腐敗は認められなかった。3月では各処理とも低温貯蔵で腐敗個体率及び腐敗程度が高かった。

傷の種類では、打撲傷では貯蔵温度にかかわらず腐敗程度は大きかった。腐敗個体率、腐敗程度とも裂傷では対照並み、擦過傷では対照以下であった。これは本来、各処理間で同程度であるべき頭部からの腐敗が対照区で多かったためと考えられるが、いずれにしても裂傷、擦過傷は全体の腐敗に及ぼす影響力は小さいと言える。

根中糖分(第3表)については、傷を与えたテンサイを0℃と8~10℃において1ヵ月後に分析した値(11月)を比較すると、高温区は平均で約0.13%低か

った。腐敗個体率、腐敗程度とも極めて低いことから、このような差は、主として呼吸によって生じたものと考えられる。処理間では高温貯蔵の打撲傷における糖分の低下が大きかった。3月においては全体的に腐敗が増加しており、呼吸による糖の消費と腐敗による糖分の低下が複合しているものと考えられる。貯蔵温度については、低温貯蔵では腐敗は多かったものの、根中糖分は高温貯蔵より高かった。しかし、各温度別にみれば、全体の腐敗が多い処理ほど根中糖分は低かった。傷の種類では、平均値でみると、打撲傷が最も低かった。

搾汁液pH(第3表)は、根中糖分の傾向とほぼ同じく、根中糖分が低いほど低かった。各温度別にみた場合には、腐敗の多い区ほど搾汁液pHは低かった。また、打撲傷は他の損傷処理に比較してその低下は著しかった。

第3表 貯蔵温度の異なる条件下での傷の種類がテンサイ貯蔵中の重量割合、根中糖分及び搾汁液pHに及ぼす影響

傷の種類	貯蔵温度	重量割合 <sup>a)</sup> (%)			根中糖分(%)		搾汁液pH <sup>b)</sup>	
		11月	1月	3月	11月	3月	11月	3月
対 照	高温	99.7	99.3	98.4	16.66	15.22	6.18	5.58
	低温	99.8	98.5	98.5	16.59	15.91	6.30	5.79
	平均	99.8	98.9	98.5	16.63	15.57	6.24	5.69
打撲傷	高温	99.5	99.4	99.0	16.21	15.11	6.21	5.15
	低温	99.6	99.2	99.1	16.83	15.42	6.35	5.59
	平均	99.6	99.3	99.1	16.52	15.27	6.28	5.37
裂 傷	高温	99.7	99.1	98.6	16.53	15.32	6.18	5.66
	低温	99.6	99.3	99.2	16.70	15.32	6.35	5.95
	平均	99.7	99.2	98.9	16.62	15.32	6.27	5.81
擦過傷	高温	99.4	99.1	98.6	16.89	15.59	6.21	5.89
	低温	99.6	98.8	98.9	16.69	15.90	6.35	5.94
	平均	99.5	99.0	98.8	16.79	15.75	6.28	5.92
高 温	平均	99.6	99.2	98.7	16.57	15.31	6.20	5.57
低 温	平均	99.7	99.0	98.9	16.70	15.64	6.34	5.82

a) 重量割合は貯蔵開始時に対する各調査時点での重量の割合を示す。

$$(\text{重量割合}) = (\text{調査時重量}) / (\text{開始時重量}) * 100$$

b) 糖分分析用プライより不織布を用いて採取した搾汁液について調査した。

#### 4. 考 察

テンサイの貯蔵に対する損傷の影響としては、欧米において、既に呼吸量の増加<sup>2),9),10)</sup> 転化糖の増加<sup>1),2),9)</sup>、純糖率の低下並びに腐敗の増加<sup>6)</sup>等が報告されている。一方、日本では貯蔵期間が長い為、腐敗が貯蔵中における品質劣化の大きな原因となっている。貯蔵中の腐敗は主として *Botrytis cinerea* によるものであり<sup>9)</sup>、タッピング面や根端及び傷口から根の内部に侵入し、蔗糖を分解して根中糖分の低下と転化糖の増加を招き、有機酸の生成により搾汁液pHを低下させることが報告されている<sup>3)</sup>。貯蔵中の腐敗は貯蔵期間が長くなるにつれて増加するため、特に2月以降の長期貯蔵ではその影響は大きい。

傷の種類と腐敗との関係については、側面に対してモデル的に与えた傷の場合、打撲傷は他の傷と比較して最も影響が大きく(平均の腐敗個体率は約25%)、裂傷がこれに次ぎ(同7.5%)、擦過傷はごく少なかった(同1.3%)、各部位における腐敗の面積で

も傾向は個体率と同様であった。打撲傷では損傷を与えた際、内容液が滲み出たことが観察され、組織の破壊に関しては最も深い部分に及んでいたものと考えられる。

11月における根中糖分をみると、0℃の低温貯蔵では処理間に差はなかったが、8~10℃の高温貯蔵では打撲傷における根中糖分の低下が明らかに認められた。11月には全体の腐敗程度がごく低いことから、根中糖分の低下は主として呼吸による糖の消費によるものと考えられる。また、打撲があっても0℃では呼吸による糖の消費はごく小さいとみられ、一方高温貯蔵では打撲の影響もあり相乗的に呼吸による糖の消費が多くなったと考えられる。これに対して対照及び擦過傷では、逆に高温貯蔵における根中糖分は低温貯蔵より高く、傷による影響はほとんどなかったと考えられる。これらのことは、収穫より貯蔵までに受ける打撲が呼吸量の増加と糖分低下に大きく影響するという報告<sup>1),7),10)</sup>と一致する。

また、手掘原料テンサイの腐敗は主としてタッピング面及び根端部より発生することが観察されているが、本実験においても対照を含め傷口以外の側面からの腐敗の侵入はほとんど無く、タッピング面と根端からは腐敗が進行した。貯蔵温度に関しては、貯蔵の初期に0℃で保ち、その後も低温で貯蔵したものは、3月の調査でタッピング面及び傷口での腐敗個体率が高くなった。これは、傷口の治癒には比較的高い温度が必要とされていることから<sup>5)</sup>、切傷の一種であるタッピング面を含め初期の0℃の貯蔵が傷口の治癒にはむしろ不利に作用したことを示唆している。

腐敗個体では、根中糖分及び搾汁液pHが著しく低下する。3月における根中糖分及び搾汁液pHを見ると、高温貯蔵では低温貯蔵と比較して腐敗が少ないにもかかわらず、根中糖分、搾汁液pHとも低かったが、各温度別ではほぼ同じ傾向を示し、腐敗程度の高い区ほど根中糖分、搾汁液pHとも低下した。傷の種類では打僕傷で品質劣化が大きく、次いで裂傷であった。擦過傷は対照と比較して根中糖分、搾汁液pHとも高く、傷による影響はなかったものと考えられる。

実際の収穫から貯蔵までの過程で生ずる傷は、打僕傷、裂傷、擦過傷等の傷が複合して生ずる場合が多く、特に強い打僕を受けた場合には傷口に亀裂を伴う例がよく観察される。

更に、圧迫等により内部損傷を生ずることも考えられる。打僕を受ける場合も側面のみならずタッピング面や根端でも多く、そこから腐敗が進行することも多い。収穫時のタッピングや掘取作業により頭部や根端部での多少の損傷の発生は止むを得ないが、その後の収穫、運搬及び積み上げの各過程で、可能な限り損傷を少なくするような作業上の配慮や機械の改善が、貯蔵腐敗の低減のために必要である。

## 5. 摘 要

テンサイの貯蔵腐敗に及ぼす傷の種類の影響を調べるため、手掘りの健全なテンサイに実験的に打僕傷、裂傷及び擦過傷を与え、調査した。

その結果、損傷部の腐敗は打僕傷で最も大きく、根中糖分や搾汁液pHの低下も著しかった。次いで裂傷で損傷部の腐敗が多く、擦過傷は腐敗はごく少なくその影響は小さかった。

## 引用文献

- 1) AKESON, W.R. and STOUT, E.L. (1978): Effect of impact damage loss of sugarbeet during storage. J. Am. Soc. Sugar Beet Tech. 20(2):167-173.
- 2) COLE, D.F. (1977): Effect of cultivar and mechanical damage on respiration and storability of sugarbeet roots. J. Am. Soc. Sugar Beet Tech. 19(3): 240-245.
- 3) 井村悦夫・早坂昌志・斎藤英俊・神沢克一(1986): テンサイの機械的損傷と貯蔵性 第1報 収穫及び積上時の損傷の影響。てん菜研究会報28: 108-114
- 4) 神沢克一・内野浩克・佐山晃司・村椿孝行(1986): テンサイ貯蔵腐敗病に関する研究 第3報 貯蔵腐敗病(*Botrytis cinerea*)の被害について。てん菜研究会報28: 154-159
- 5) KHELEMSKII, M.Z. and SAPOZHNIKOVA, I.R. (1968): Healing of sugar beets (damaged) during mechanized harvesting. Trudy vses. Nauch.-Issled. Inst. Sakhar. Prom. 14:16-25.
- 6) MUMFORD, D. and WYSE, R.E. (1976): Effect of fungus infection on respiration and reducing sugar accumulation of sugarbeet roots and use of fungicides to reduce infection. J. Am. Soc. Sugar Beet Tech. 19(2):157-162.
- 7) PARKS, D. and WYSE, R.E. (1979): Sugarbeet injury within harvesting and handling equipment. Transactions of the ASAE. 22(6):1238-1244.
- 8) RICE, B. and BURKE, J.I. (1980): The effect of crowning, root injury and temperature on sucross loss in the storage of sugar beet. IIRB Winter Congress 43:95-108.
- 9) 内野浩克・神沢克一(1984): テンサイ貯蔵腐敗病に関する研究 第1報 分離される糸状菌とその病原性について。てん菜研究会報26: 180-189

- 10) WYSE, R.E. and PETERSON, P.L.  
(1979): Effect of injury on  
respiration rates of sugarbeet  
roots. J. Am. Soc. Sugar Beet  
Tech. 20(3):269-280.

## Relation Between Mechanical Damage and Storability in Sugarbeets

### 2. Influence of artificial injuries on storability in sugarbeets

Etsuo IMURA, Masashi HAYASAKA, Hidetoshi SAITO  
and Katsuichi KANZAWA

*Research Center, Nippon Beet Sugar Mfg. Co., Ltd., Obihiro, 080*

#### Summary

Studies were made on the influence of injuries given to sugarbeets on the rotting of beets to be developed in the storage period. The sugarbeets tested were first harvested by hand and then operated to give one of the three types of artificial injuries, i.e. bruises, cracks and scrapes.

It was shown that, "bruises" were most unfavorable to the storability, causing a severe rotting and a decline in sugar content and a rise in juice acidity, while "cracks" being somewhat less unfavorable than bruises. On the other hand, the effect of "scrapes" was not significant.