

テンサイの機械的損傷と貯蔵性(1)

誌名	てん菜研究会報 = Proceedings of the Sugar Beet Research Association
ISSN	09121048
巻/号	28
掲載ページ	p. 108-114
発行年月	1987年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



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

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

昭和53年以降のテンサイ作付面積及び生産原料の増加に伴い、日本甜菜製糖(株)の場合、140日前後の長期製糖が一般的となっている。買入原料の75%以上が貯蔵され、翌年1月以降、2月以降、3月以降に処理される原料はそれぞれ50、25、5%程度あり、欧米に較べて貯蔵量が多い。貯蔵原料中の根中糖分をはじめとする品質の劣化は直接製糖歩留の低下、製造経費の上昇につながる。そこで、原料の品質を悪くする貯蔵テンサイの凍結、腐敗、萌芽の発生を極力抑えるために、パイルを適正な温度、湿度条件に維持する技術対策を種々講じてきた。その結果、貯蔵性は相当向上したといえる。しかしながら、試験パイルにおけるテンサイの調査の際、手掘して丁寧に取扱ったパイル内埋設テンサイと周囲の機械収穫し、除土・積上機を通った一般原料テンサイの劣化程度には差が見られ、更に温度、湿度条件を貯蔵期間中理想的に推移させた貯蔵庫内の試験においても手掘テンサイに較べ、収穫機を通したテンサイの劣化は明らかであり、収穫から運搬、除土、積上の過程で生じる機械的な損傷が劣化に関与していると予測された。

機械的損傷がテンサイに及ぼす影響は、欧米では、製糖工場内の流送、洗浄中の糖分損失^{6,10)}、貯蔵中の呼吸量の増加による糖分損失との関連で多くの研究がある^{1,2,7,8,9,11)}。北海道ではバレイショで、その機械的損傷が品質に及ぼす影響について解明され⁵⁾、食用バレイショを中心に損傷を極力抑える収穫機が稼動しているが、テンサイでは傷に関する研究が見られない。そこで58年には、損傷を与える時間と品質との関係を調査する基礎試験を、58、59年には、収穫機掘と更に除土・積上機を通したテンサイを手掘と比較する実地試験を行い、取扱の相違により増減する機械的な損傷が貯蔵テンサイの品質に及ぼ

す影響を調査した。

2. 材料及び方法

1) 基礎試験

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し、最下葉痕跡の上1cmでタッピングした。収穫日は昭和58年10月23日、品種はカーペメガモノである。収穫後、凍結防止対策をして仮貯蔵し、11月12日にコンクリートミキサーを用いて損傷処理を行った。容量250Lの光洋機械(株)製KNT-4K型ポット式ミキサーに手掘テンサイを20個体入れ、20、60、180秒間ミキサーを回転させ、損傷を受ける時間を3通りとし、無処理区を含め4処理を設けた。傷の種類、程度は調査しなかったが、ミキサー内では約60cm以内の落差により、テンサイ同士及びミキサーの鉄製羽根板に衝突することにより傷が生じた。傷を与えたテンサイは、表面の泥を軽く落した後、乾燥を防ぐためビニール袋に包み、バレイショ用コンテナに20個体収納し、12日後の11月24日から試験用貯蔵庫で、温度5℃で59年3月30日まで貯蔵した。試験規模は1処理40個体の2反復とした。

2) 実地試験

材料は58、59年ともに日本甜菜製糖株式会社清川農場の原料テンサイで、手掘は傷を与えぬよう抜取り、最下葉痕跡部の1cm上でタッピングした。収穫機掘は東洋農機トップハーベスターTBTH2でタッピングし、次いでディガーTBT2で掘取った。ディガーはリフター、ロータリーコンベア、エレベーターから成り、掘取テンサイは最終的に伴走するトレイラー内に平均1.3mの高さから鉄製の荷台あるいは先に堆積しているテンサイ上に落下した。荷台のテンサイを丁寧に麻袋につめ、帯広市川西町の日本甜菜製糖(株)芽室製糖所豊西貯蔵場へ運び、除土・積上

機を通した。58年は北興化工機製HBST-2500D型を、59年には額額鉄工製KT-800型を通した。両除土・積上機（バイラー）ともに一般的な作業機械であり、受入コンベア部、除土分離部、積上コンベア部から成る。機械掘テンサイを麻袋から受入コンベアに約1.2mの高さから落下させ、最後の積上コンベアからは約1.5mの高さからトラック荷台上にあらかじめテンサイを平に積んでおき、その上に落下させた。収穫月日及び除土・積上機処理月日はそれぞれ、58年は10月23日と24日、59年は10月17日と20日であり、品種は両年ともカーベメガモノである。両年とも処理後約1ヶ月間、凍結防止対策をして仮貯蔵し、基礎試験と同じ方法、試験規模で、58年は11月24日から59年3月30日までの130日間、貯蔵温度5℃で、59年は11月22日から60年3月14日までの125日間、試験用貯蔵庫で貯蔵した。調査月日と調査項目は次の通りである。58年の基礎試験と実地試験は11月24日（貯蔵開始時）に重量、根中糖分、純糖率、搾汁pHを調査した。59年の実地試験では10月22日（仮貯蔵開始時）に重量、根中糖分、純糖率、搾汁pHを、1月17日にカビ、腐敗、萌芽を、3月14日にカビ、腐敗、萌芽、重量、根中糖分、純糖率、搾汁pHをそれぞれ調査した。カビ、腐敗、萌芽は次の基準により、その個体率及び程度で示した。カビは根表面の発生面積と密度により指数0（カビの発生がない）、1（タッピング面、根端の一部に発生）、

2（全体の3割程度に発生）、3（全体の5割程度に発生）、4（全体に薄くか、まだらに発生）、5（全体に一樣に発生）を、腐敗は切断面の腐敗面積割合により指数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）、2（2.5割程度）、3（5割程度）、4（7.5割程度）、5（ほぼ全体）を、萌芽は芽の長さの数により指数0（萌芽がない）、1（2～3cmの芽が5～10本ある）、2（5cm以下の芽が、多数ある）、3（5cm以上の芽が極めて多数ある）をそれぞれ個体毎に調査した。個体率は各々指数1以上の個体数の総調査本数に対する割合とし、程度とは、個体毎の指数合計値を総調査本数で割り、個体当りの平均指数を表わすものとした。

3. 結 果

基礎試験、実地試験の調査及び品質分析結果を第1表から第4表に示した。

1) 基礎試験（第1、2表）

コンクリートミキサーを用い、その回転時間を変えて、傷の程度が異なるテンサイをつくり貯蔵した。カビは個体率、程度とも、処理時間が長くなる程増加し、処理20秒以上では直線的に増加した。腐敗もカビと同じく処理時間が長くなる程、個体率、程度とも明らかに増えた。一方萌芽は、カビ、腐敗とは逆で、損傷処理により、個体率、程度ともに低下した。しかし損傷処理テンサイ間の差は小さかった。

第1表 損傷処理時間が貯蔵テンサイのカビ、腐敗、萌芽に及ぼす影響

損傷処理a)	カビ b)		腐敗 c)		萌芽 d)	
	個体率	程 度	個体率	程 度	個体率	程 度
0	11.3	0.18	10.0	0.17	15.0	0.16
20	15.0	0.31	27.5	0.27	5.0	0.06
60	37.5	0.61	46.3	0.62	5.0	0.04
180	57.5	0.94	71.8	0.87	2.5	0.02

a) 容量250ℓのコンクリートミキサーに20個体を入れ、所定時間回転させ損傷処理をした。
b), c), d) カビは根表面の発生面積割合により指数0, 1, 2, 3を、腐敗は切断面の腐敗面積割合により指数0, 1, 2, 3, 4, 5を、萌芽は芽の数と長さにより指数0, 1, 2, 3を個体毎につけて、個体率は各々指数1以上の個体数の総調査本数に対する割合とし、程度は、各々個体毎の指数合計値を総調査本数で除した個体当りの平均指数とした。

e) 貯蔵条件：貯蔵場所－試験用貯蔵庫、貯蔵温度－5℃
貯蔵日数－130日間（58年11月24日～59年3月30日）

第2表 損傷処理時間が、貯蔵テンサイの重量、根中糖分、純糖率、搾汁pHに及ぼす影響

損傷処理時間(秒)	重量指数 ^{a)}	根中糖分		純糖率 ^{b)}		搾汁 pH ^{c)}	
		%	指数 ^{a)}	%	指数 ^{a)}	%	指数 ^{a)}
0	100.3	16.46	97.2	86.2	97.7	6.01	94.8
20	100.0	16.82	99.3	87.2	98.9	6.25	98.6
60	99.9	15.72	92.8	85.7	97.1	5.70	89.9
180	99.8	15.02	88.7	82.3	93.3	5.40	85.2

a) 指数は各調査項目とも貯蔵開始時に対する割合を示す。

b) 純糖率は次式で計算する。 $\frac{\text{根中糖分}}{\text{Brix} \times 0.96} \times 100$, 0.96はジュースファクター

c) 搾汁 pHは糖分分析用ブライを搾り、直接 pHを測定した値である。

第3表 収穫時のテンサイの取扱が貯蔵テンサイのカビ、腐敗、萌芽に及ぼす影響

調査項目	処理 ^{a)}	58 - 59年		59 - 60年			
		3 月		1 月		3 月	
		個体率	程 度	個体率	程 度	個体率	程 度
カビ ^{a)}	手 掘	16.5	0.14	38.8	0.48	63.8	0.76
	収穫機掘	35.0	0.72	88.8	1.13	95.1	1.54
	除土積上機	82.5	1.74	92.5	1.18	90.0	1.43
腐敗 ^{b)}	手 掘	12.5	0.13	30.0	0.23	46.3	0.40
	収穫機掘	48.3	0.64	68.8	0.59	80.2	1.14
	除土積上機	85.0	1.58	75.0	0.60	86.3	1.66
萌芽 ^{c)}	手 掘	6.3	0.07	37.5	0.29	32.5	0.22
	収穫機掘	3.8	0.04	38.8	0.24	37.0	0.24
	除土積上機	2.5	0.04	23.8	0.06	10.0	0.06

a) 処理 手 掘：手掘、手タッピング

収穫機 掘：トップハーベスター（東洋農機TBTH2）、ディガー（東洋農機TBD2）

除土積上機：収穫機掘テンサイを下記の除土積上機を通した（日甜豊西貯蔵場）。

58年 HBST-2500 D（北興化工機）

59年 KT-800（額額鉄工）

b),c),d) 調査基準は第1表で示す通り。

e) 貯蔵条件 貯蔵場所 試験用貯蔵庫

貯蔵温度 58~59年 5℃

59~60年 3℃

貯蔵日数 58~59年 130日間（58年11月24日~59年3月30日）

59~60年 125日間（59年11月22日~60年3月14日）

第4表 収穫時のテンサイの取扱が貯蔵テンサイの重量、根中糖分、純糖率、搾汁 pH に及ぼす影響

調査項目	処 理	実 数			指 数 ^{a)}		
		58-59年	59-60年	平均	58-59年	59-60年	平均
根 中 糖 分 (%)	手 掘	16.72	15.89	16.31	98.7	97.6	98.2
	収 穫 機 掘	14.73	14.15	14.44	87.0	86.9	87.0
	除 土 ・ 積 上 機	13.35	13.46	13.41	78.8	82.7	80.8
純 糖 率 ^{b)} (%)	手 掘	87.1	86.7	86.9	98.8	100.2	99.5
	収 穫 機 掘	81.4	81.4	81.4	92.3	94.1	93.2
	除 土 ・ 積 上 機	74.7	76.6	75.7	84.7	88.6	86.7
搾 汁 pH ^{c)}	手 掘	6.27	5.57	5.92	98.9	86.8	92.9
	収 穫 機 掘	5.33	5.27	5.30	84.1	82.1	83.1
	除 土 ・ 積 上 機	4.51	4.48	4.50	71.1	69.8	70.5
重 量	手 掘	—	—	—	100.0	99.3	99.7
	収 穫 機 掘	—	—	—	99.7	99.1	99.4
	除 土 ・ 積 上 機	—	—	—	99.9	98.6	99.3

a) 指数は各調査項目とも貯蔵開始時に対する割合を示す。

b) 純糖率は次式で計算する。 $\frac{\text{根中糖分}}{\text{Brix} \times 0.96} \times 100$, 0.96 はジュースファクター

c) 搾汁 pH は糖分分析用ブライを搾り、直接 pH を測定した値である。

(第1表)。貯蔵開始時に対する重量変化はほとんどなかったが、損傷処理時間が長くなる程、やや低下した。処理時間20秒のカビ、腐敗は対照に対しやや多かったが、根中糖分、純糖率、搾汁 pH ではやや良く、品質低下がなかった。処理時間60, 180秒では、処理時間が長い程根中糖分は著しく低下し、対照に較べて、実数で処理時間60秒で0.7%, 処理180秒では1.4%の糖分差があった。貯蔵開始時に対する対照の糖分低下率は3%, 処理60秒で7%, 処理180秒で11%の低下となり損傷時間の影響は大きかった。根中糖分の低下割合が大きい程、純糖率も低く、搾汁 pH も低下した。この基礎試験で最も品質の低下した処理180秒の損傷の程度は、同じ材料のテンサイを用いている58年の実地試験の収穫機掘よりカビ、腐敗程度がやや低く、根中糖分、純糖率、搾汁 pH ではやや高いことから、収穫機掘の損傷以下であったと考えられる。

2) 実地試験(第3, 4表)

収穫方法の相異と除土・積上機処理により、全ての調査項目で処理間差が生じた。

58年のカビの発生は、3月の調査で収穫機掘は手掘

に較べ、程度で5倍、除土・積上機処理では12倍と著しく高く、腐敗程度もカビと同じであった。逆に萌芽はカビ、腐敗程度が高い収穫機掘、除土・積上機処理が手掘に較べ、絶対値は低いものの萌芽程度は少なかった。59年の場合、カビの発生は3月の調査で収穫機掘は手掘に較べ、程度で2倍、除土・積上機処理も2倍と高いものの58年より差が小さかった。これは手掘の個体率、程度が58年より高いためであった。収穫機掘の腐敗程度は手掘に較べ3倍、除土・積上機処理は4倍と高かった。萌芽は58年より多かったが、カビ、腐敗程度の最も高い除土・積上機処理で最も萌芽は少なかった。1月より3月の調査時点の方がカビ、腐敗は増えるが、萌芽は減った。3月のカビは1月の1.2から1.5倍高くなり、腐敗の場合も1.7から2.8倍と高かった。収穫機掘、除土・積上機処理と作業工程が増える程、腐敗の進行が早くなった。重量及び品質調査結果を第4表に示す。58, 59年の実数及び貯蔵開始時に対する割合及び各々の2年の平均値を示す。貯蔵中の重量の低下は58年にはほとんどなく、59年には、除土・積上機処理で手掘の倍ほど低下したが2年平均では処理に

よる差は小さかった。根中糖分は2年とも処理により大差が生じ、手掘に対し、収穫機掘、除土・積上機処理と作業工程が、著しく低下した。貯蔵開始時に対する割合でも、手掘は2-3%の低下であるが、収穫機掘では13%、除土・積上機処理では17~21%と大きく低下した。手掘と較べて収穫機掘は11%低下し、収穫機掘と除土・積上機処理との差は6%であった。純糖率は手掘の場合、兩年とも実数で87%であり、貯蔵開始時に対する低下は極めて小さかった。搾汁pHも手掘から収穫機掘、除土・積上機処理と作業工程が長い程著しく低下した。2年平均で貯蔵開始時に対する低下割合は手掘で3%、収穫機掘で17%、除土・積上機処理で30%と取扱方法の違いにより大差を生じた。

4. 考 察

コンクリートミキサーによる損傷処理時間の長短が貯蔵テンサイの品質劣化に及ぼす影響を調査したところ、20秒間の短い処理では、丁寧に扱った手掘テンサイに較べて、カビ、腐敗が多少多かったが根中糖分は低下しなかった。今回の実験条件で働いた範囲の衝撃による損傷のように、品質劣化を早めない軽度の損傷もあることを示した。損傷処理時間を長くする程、カビ、腐敗が増しており、現在の収穫機による収穫、トラック輸送、除土・積上機処理の一連の作業工程はテンサイに傷を与える機会となっていると予測された。本基礎試験においてカビ、腐敗の増加は根中糖分、搾汁pHを著しく低下させ、内部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ことを示した。

収穫方法の違いと、除土・積上機処理が、貯蔵テンサイの品質に及ぼす影響を調査したところ、手掘に較べ、収穫機掘、更に除土・積上機処理をしたテンサイの劣化は、作業工程が多くなる程明らかに大きくなり、傷の種類と程度の調査は行なわなかったが、機械的作用で生ずる主としてテンサイ表層組織の損傷が腐敗の主な原因となっていることが、手掘テンサイとの腐敗の状況の相違から予測された。基礎試験、実地試験の貯蔵中に生じた腐敗はいずれも *Botritis cinerea* によるものであり、⁴⁾ 傷と腐敗には密接な関連のあることが示された。

欧州におけるテンサイの機械的損傷と糖分損失、貯蔵との関連についての研究報告は、1960年代から多くなり、そのころが手収穫、リフター処理後の手

収穫から本格的な機械収穫への移行期であったことがうかがえる^{9, 11)}。

日本においては、昭和40年代の始めから、収穫作業はリフター収穫から機械収穫へと移行が始まり、現在は、日本甜菜製糖(株)集荷区域内では約90%の耕作者が収穫機を使用している。更に貯蔵原料の移送は全てトラックで行なわれ、全て大型の除土・積上機により山積貯蔵され、大部分の原料テンサイが何らかの機械的な損傷を受けていることとなる。その後の著者らの調査で、モデル的に与えた、打僕傷、裂傷、擦過傷のうち、打僕傷が貯蔵腐敗を促進させている大きな原因であることが明らかとなった³⁾。機械的な損傷は貯蔵腐敗を促進し、品質劣化の大きな要因の1つであり、現在稼働中の作業機械による傷の種類と程度及び貯蔵に及ぼす影響を把握し、改良点を明らかにしていくことは、流送、洗浄中の糖分損失と合せ、テンサイ糖の生産コストを低下させるために必要である。

5. 適 要

1) 手掘りテンサイをコンクリートミキサー中で0、20、60、180秒間回転させることにより機械的損傷を与え、貯蔵性に及ぼす影響をみた。その結果、処理時間が長くなる程、カビ、腐敗が増え、60、180秒処理の根中糖分の低下割合は大きく手掘の2~4倍に達した。

2) 手掘、収穫機掘及び収穫機掘したテンサイを除土・積上機を通した3種類のテンサイを貯蔵し、品質に及ぼす影響を調査した。

その結果、収穫機掘の腐敗程度は手掘の58年は5倍、59年は3倍、除土・積上機処理の58年は12倍、59年は4倍であった。腐敗が多い程根中糖分は低下し、手掘の低下割合2%に対し、収穫機掘は13%、除土・積上機処理では19%であった。原料テンサイの取扱の相違は貯蔵テンサイの品質変化に大きく影響した。

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, 斉藤英俊, 神沢克一(1986): 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。
てん菜研究会報28: 115-120
- 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) 宮本啓二(1978): バレイシ塊茎の打撲による内部損傷の発生と応力に関する研究 帯広畜産大学学術研究報告 11(1): 207-213
- 6) OLDFIELD, J.F.T., DUTTON, J.V., MORGAN, N.D. and TEAGUE, H.J. (1972): Determination of sugar losses in beet fluming and washing. *Sucr. Belge* 91(10):433-441
- 7) PARKS, D.L. and PETERSON, C.L. (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 sucrose loss in the storage of sugar beet. *IIRB Winter Congress* 43:95-108.
- 9) SCHMIDT, L. and ZAHRADNICEK, J. (1969): Effects of fully mechanized harvesting on damage to beet and problems of its intake and storage at sugar factories. *Zemedelska Technika* 15(9):523-541.
- 10) UHLENBROCK, W. (1972): Sugar losses in flume water and their analytical determination. *Zucker* 25(24):771-773.
- 11) VUKOV, K. (1965): Technological value of stored beets. *Ind. Sacc. Ital.* 58:263-270.

Relation Between Mechanical Damage and Storability in Sugarbeets

1. Influence of root damage given in the harvesting and piling processes on the quality of stored sugarbeets

Etsuo IMURA, Masashi HAYASAKA, Hidetoshi SAITO
and Katsuichi KANZAWA

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

Summary

Investigation was made on the effects of root damage caused by either mechanical harvesting and piling or artificial mixing treatment on the quality of sugarbeets after being stored in a thermo-controlled chamber for about four months.

1. In the case of artificial mixing experiments, hand-dug, sound sugarbeets were divided into four plots. Each of three plots were treated in a pot-type mixer, 250 l in volume, which was rotated for 20, 60, 180 seconds respectively, while another plot was not treated and used as control. There was a definite trend in which the plots rotated for over 60 seconds showing a remarkable deterioration in beet quality, i.e. a speedy development of mould and rots, a decline in sugar content and purity of the juice and a rise in juice acidity. The decline in sugar content during the storage in the plot of 60-second rotation was two times that in the control, and the comparable decline in the plot of 180-second rotation was four times the control.

2. In the case of practical damage caused by the harvesting and piling machines, the sugarbeets rotted much more severely than in the above experiments. The beets which had been mechanically harvested rotted five times more than the control in 1983 and three times more than the control in 1984. And, the beets which had not only been mechanically harvested, but also handled with a piler, rotted 12 times more in 1983 and four times more in 1984 than the control.

The decline in sugar content during the storage reflected the rottenness: it declined 2% for the control, 13% for the mechanically-harvested plot and 19% for the plot additionally handled with a piler.

Proc. Sugar Beet Res. Asso., Japan 28 : 108-114 (1986)