

製糖工場排出土中に生存するジャガイモそうか病菌の 発酵熱利用による殺菌

清水 基滋*¹ 西野目行雄*² 阿部 秀夫*³

製糖工場排出土中に生存しているジャガイモそうか病菌を、発酵熱処理により消毒するために、まず土壌中におけるそうか病菌の致死温度について調べた。その結果、土壌中のそうか病菌は、70℃ 1日、65℃ 5日、60℃では7日以上湿熱処理で死滅するものと考えられた。

排出土に製糖工場の余剰汚泥、糖廃蜜、澱粉かす、麦稈、鶏糞を混和したパイルに、強制的に吸排気処理を行うことにより、パイルのほぼ全部でそうか病菌の致死温度となり、パイル裾の一部を除いてそうか病菌は殺菌された。

さらに、本法によりそうか病菌の致死温度で熱処理された排出土コンポストは、圃場へ3 t/10 a程度施用してもそうか病の発生を助長することなく、畑への還元が可能であることを明らかにした。

緒 言

収穫後のてんさいに付着している土壌は、貯蔵場所で分離され、さらに製糖の過程では洗浄により取り除かれる。前者は遊離土、後者を洗浄土（フリーム土）と呼び、これらを合わせた排出土の量は、製糖工場あたり年間数万tにもおよぶ。排出土は元米畑の貴重な作土であり、本来であれば畑に還元することが望ましい。しかし排出土には難防除土壌伝染性病原菌および線虫が混在しており、不用意に畑地へ還元すれば、病原菌や線虫の汚染地域を拡大させることになる。このため排出土は製糖工場構内に堆積されているのが現状であるが、この堆積場所も近年は確保が困難となっており、有効な処理方法の確立が望まれている。一方、農業生産場面では恒常的な土壌の搬出により作土の劣化が懸念されており、製糖工場の排出土を畑地に還元するための消毒方法が確立されれば、排出土の有効利用と生産現場の土作りに役立つことになる。

土壌を消毒する方法には様々な手法があるが、大量の土壌を低コストで処理するにはコンポスト化に伴う発酵熱の利用が最も適しており、排出土の発酵熱による消毒に関しても長い間研究が行われてきた。しかし、近年北

海道の畑作地帯で被害が広がりつつあるジャガイモそうか病の病原放線菌については、発酵熱処理による殺菌効果の検討が行われていない。本試験では、まずジャガイモそうか病菌の致死温度を明らかにし、さらに発酵熱処理によるそうか病菌の殺菌効果、および熱処理後の排出土コンポストを畑へ施用した場合のそうか病の発生に与える影響について検討した。

試験方法

1. 湿熱加温による土壌中のジャガイモそうか病菌の致死温度

ジャガイモそうか病（以下、そうか病）多発土壌を風乾し、100mlの三角フラスコに20gずつ入れ、殺菌水を15ml加えてアルミホイルで封印し、日数を変えて加温処理した。供試土壌は、*Streptomyces scabies*, *S. scabies* subsp. *achromogenes* および *S. turgidiscabies* がそれぞれ優占している病土を用いた。処理後、ペニシリンG無添加のLoriaらによるそうか病菌選択分離培地⁷⁾を用いて、希釈平板法により放線菌の検出を行った。反復は1加温処理当たり5反復とし、1反復からそれぞれシャーレ2枚ずつ希釈平板を行った。培地上に現れたコロニーのうち、明らかにそうか病菌と異なるもの除き、その他はすべて釣菌してオートミール・ブドウ糖寒天培地（OMA）の試験管斜面培地に移植した。さらにOMA斜面上でそうか病菌と菌叢の類似しているものについては、厚さ約1cmにスライスしたジャガイモ塊茎に接種し、病原性の検定を行った。

2. 排出土の発酵熱による消毒試験

(1) コンポスト化材料およびパイル作成方法

1996年8月10日受理

*¹ 北海道立北見農業試験場, 099-14常呂郡訓子府町
(現, 北海道立中央農業試験場, 069-03若見沢市上幌向町)

*² ホクレン中斜里製糖工場, 099-41斜里郡斜里町

*³ 北海道立北見農業試験場, 099-14常呂郡訓子府町
(現, 北海道立道南農業試験場, 041-12亀田郡大野町)

表1 製糖工場排出土コンポスト化試験各材料の混合割合と各成分

材 料	混合量 (t)	混合比 (%:w/w)	水分 (%)	pH	T-C (%)	T-N (%)	C/N比
洗浄土(フリーム土)	17.4	43.3	38.3	7.5	5.5	0.4	13.8
遊離土	13.9	34.7	39.2	7.1	4.7	0.4	11.8
デンプンかす	3.7	9.2	78.3	4.7	36.5	0.7	52.1
余剰汚泥	2.7	6.6	86.1	8.0	11.2	1.1	10.2
麦稈	1.3	3.2	16.5	7.9	37.7	0.6	62.8
発酵鶏糞	0.6	1.5	16.1	8.1	17.9	2.0	9.0
CCR(廃糖蜜)	0.6	1.5	48.3	9.7	3.5	2.3	1.5
排出土コンポスト*			30.7	8.2	5.8	0.5	11.6

*: 強制通風による発酵処理終了時点

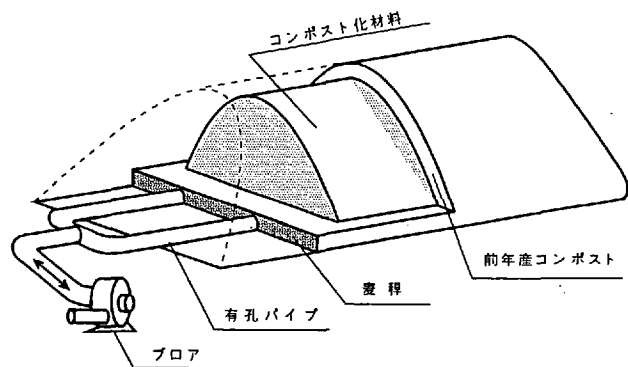


図1 強制通風方式コンポストパイル模式図

コンポスト化による発酵熱処理試験に用いた材料は、製糖工場から排出されるてんさい遊離土（以下遊離土）、てんさい洗浄土（以下洗浄土）、余剰汚泥および廃糖蜜、ばれいしょ澱粉工場から排出される澱粉かす、さらに市販の発酵鶏糞と麦稈を混合してコンポスト化を行った。各材料の混合割合および成分を表1に示した。

これらの材料をマニアスプレッダーを用いて混和し、混合物をバンケットローダーで屋根型の堆積（パイル）とした（図1）。さらにパイル表面の保温および乾燥防止のために、前年に発酵処理を終えた排出土コンポストでパイル全体を平均30cmの厚さで覆った。パイルの底部には鉄製の有孔パイプを設置し、ブロア（昭和電気KSB1500）で強制的に吸排気を行った。通風処理は3分間通風、27分間休止の繰り返しとした。吸排気の切り替えはパイル設置後7～11日間隔で行った。

(2) パイル内の温度測定

図2に示したパイル内の各部位に温度センサーを挿入し、1時間毎の温度を自動記録させた。

(3) 病原菌の生死判定

2重テトロン布の袋にそうか病汚染土を詰め、パイルの温度測定位置に埋設した。強制通風処理終了後、これらの袋を回収し、供試土壌中における病原菌の生死判定を以下の方法で行った。炭酸カルシウムでpH7.0に調

整した黒色火山性土壌（水分約40%）を、底に数mmの穴を5個あけた15ℓのポリバケツに7分目まで詰め、大型通風乾燥機を用いて湿熱部分滅菌（75～80℃、24h）した。このバケツに詰めた部分滅菌土壌の表層（深さ約5cm）に、検定土壌と化成肥料004（35g/バケツ）を軽く混和後、その上に種いもを置いて滅菌土壌で覆土した。種いもはストレプトマイシン・チオファネートメチル水和剤の40倍液で瞬間浸漬し、催芽処理したものを用了。播種後、灌水は着蕾期までは十分に行い、それ以降は乾燥気みになるよう灌水量を調整した。疫病およびアブラムシの防除は適宜行った。自然枯凋後に塊茎を掘り取り、北海道そうか病発病調査基準に従って、そうか病の発病程度を調査した。

また同様にパイル内に設置したジャガイモシストセンチュウおよびテンサイそう根病の汚染土壌を、ばれいしょまたはてんさいに接種し、それぞれの殺菌程度も調べた。

3. コンポスト化材料および排出土コンポストからのそうか病菌の検出

コンポスト化試験に用いた材料のうち、遊離土、洗浄土および澱粉かすからそうか病菌の検出を行った。検出方法は、上記の方法でばれいしょに接種を行い、塊茎の発病の有無から判定した。

また強制通風発酵熱処理後の排出土コンポストから、そうか病菌の検出を以下のように行った。無病の火山灰土に、前年度産の排出土コンポストを詰めたミニコンテナを埋め込み、ばれいしょを作付けした。枯凋期に塊茎を掘り取り、そうか病の発病調査を行なった。さらにジャガイモシストセンチュウの着生程度も調べた。試験は4反復で行った。

4. 排出土コンポストの畑地還元による影響

強制通風による発酵処理後、翌年の春まで堆積して後熟させた排出土コンポストを土性の異なるそうか病発生圃場に施用し、発病に与える影響について調べた。排出土コンポストはディスクハローで耕起後に施用し、ロータリーハローで混和した。施肥は、3要素の施用量が処

表2 排出土コンポスト施用試験概要 (1994)

	斜 里		清 里		小清水	
	中斜里	豊倉東	上斜里	向 陽	栄	止 別
土壌の種類	低位泥炭土	灰色低地土	礫質灰色低地土	灰色黒ボクグライ土	表層多腐植質黒ボク土	表層多腐植質黒ボク土
作付品種	紅 丸	紅 丸	コナフブキ	紅 丸	紅 丸	紅 丸
栽植密度 (cm)	66×39	66×36	66×36	66×37.5	72×30	75×34.5
施肥量 N P ₂ O ₅ K ₂ O (kg/10a)	7.0	10.0	13.4	10.0	12.0	10.0
	17.5	25.0	29.0	15.0	24.0	21.5
	14.0	17.5	14.0	13.0	16.8	11.5
コンポスト施用量(／10a)	2t, 4t	3t	2t, 4t	3t	2t, 4t	3t
コンポスト施用時期	5月2日	5月11日	4月25日	4月25日	4月25日	4月25日
植付時期	5月6日	5月13日	4月29日	4月29日	5月7日	5月1日
発病調査時期	8月10日	8月10日	8月10日	8月10日	8月10日	8月10日

注：供試した排出土コンポストは1993年産

表3 排出土コンポスト施用試験概要 (1995)

	清里町上斜里	小清水町美和清川	小清水町上斜里
	礫質灰色低地土	表層多腐植質黒ボク土	表層多腐植質黒ボク土
作付品種	コナフブキ	コナフブキ	男 爵
栽植密度 (cm)	66×36	66×33	72×30
施肥量 N P ₂ O ₅ K ₂ O (kg/10a)	10.0	9.2	9.0
	20.0	37.6	18.0
	10.0	12.0	12.6
コンポスト施用量(／10a)	3t, 6t	3t, 6t	3t, 6t
コンポスト施用時期	5月2日	4月28日	5月2日
植付時期	5月4日	5月1日	5月15日
発病調査時期	8月29日	8月29日	8月29日

注：供試した排出土コンポストは1994年産

表4 供試排出土コンポストの理化学性

製造年次	水分 (%)	pH	T-C (%)	T-N (%)	C/N比
1993年産	38.3	7.9	5.5	0.4	12.5
1994年産	39.2	8.4	6.1	0.6	11.0

理区間で同一になるように単肥を用いて調節した。種いものはストレプトマイシン・チオファネートメチル水和剤の40倍液で瞬間浸漬し、催芽したものをを用いた。その他の栽培方法は農家慣行によった(表2, 3)。枯凋期に塊茎を掘り取り、そうか病の発病調査を行った。試験は2ヶ年行い、1994年は1区40㎡の反復なし、調査株数は1区当たり10株ずつ。1995年は1区20㎡の4反復乱塊法とし、調査株数は1区当たり10株ずつとした。なお、試験に用いた排出土コンポストの理化学性を表4に示した。

試験結果

1. 湿熱加温による土壌中のジャガイモそうか病菌の致死温度

ペニシリンG無添加のLoria培地を用いた希釈平板法では、放線菌は菌叢の色調から3タイプに識別できた。このうち、菌叢が鮮やかなオレンジ色のものと黒褐色の

ものは、そうか病菌以外の放線菌と見なした。それ以外の白～灰褐色の菌叢の放線菌については、そうか病菌と判別が困難であった。このためこれらの放線菌をOMA培地で生育させ、この中からさらにそうか病菌と類似するものをジャガイモ塊茎スライスに接種して、病原性が認められたものをそうか病菌と判定した。

その結果、70℃3日および65℃6日以上以上の湿熱加温処理では、いずれの試験においても放線菌は検出されず、70℃1日、65℃3日の湿熱加温処理では、放線菌は一部生存していたが、そうか病菌は検出されなかった(表5～7)。しかし65℃1日の湿熱加温処理では、そうか病菌は検出された。60℃湿熱加温処理では、試験によって若干結果が異なるが、加温日数が5日以上になるといずれの試験および菌種においてもそうか病菌は検出されなかった。

表5 湿熱処理した土壌からの放線菌検出数と病原性検定
(*Streptomyces turgidiscabies*優占土壌)

加温処理	菌 量 (cuf/g 乾土)			病原性 検定 ^{b)}
	細 菌	放 線 菌		
		全放線菌	そうか病類似 ^{a)}	
無処理	1.5×10^6	1.1×10^7	3.4×10^6	5 / 5
55°C 21日	1.1×10^4	2.4×10^4	ND ^{c)}	
60°C 1日	8.6×10^3	1.3×10^5	3.9×10^2	2 / 3
4日	9.4×10^3	7.8×10^3	1.0×10^3	4 / 8
5日	7.6×10^3	2.5×10^2	ND	
7日	1.3×10^3	9.4×10^2	ND	
15日	1.4×10^3	3.8×10^3	ND	
65°C 3日	1.5×10^4	8.1×10^3	ND	
4日	6.3×10^2	1.3×10^3	ND	
5日	2.5×10^3	ND	ND	
6日	3.8×10^2	ND	ND	
12日	ND	ND	ND	
70°C 1日	7.2×10^3	4.1×10^3	ND	
3日	2.5×10^2	ND	ND	

- a) : そうか病類似菌叢の放線菌数
b) : a) に含まれる放線菌のスライスジャガイモ塊茎接種法による病原性検定結果 (病原性を持つ菌株数/検定菌株数)
c) : 検出されず

表6 湿熱処理した土壌からの放線菌検出数と病原性検定
(*Streptomyces scabies* subsp. *achromogenes*優占土壌)

加温処理	菌 量 (cuf/g 乾土)			病原性 検定 ^{b)}
	細 菌	放 線 菌		
		全放線菌	そうか病類似 ^{a)}	
無処理	8.5×10^6	1.4×10^7	1.1×10^7	7 / 7
55°C 21日	1.6×10^4	1.2×10^4	ND ^{c)}	
60°C 1日	2.1×10^3	1.1×10^5	7.8×10^2	5 / 5
4日	1.6×10^4	7.7×10^3	6.3×10^2	6 / 9
5日	5.1×10^3	1.7×10^3	6.5×10^2	2 / 5
7日	3.0×10^3	1.6×10^2	ND	
15日	5.0×10^3	5.7×10^3	ND	
65°C 3日	1.0×10^4	1.7×10^4	ND	
4日	7.3×10^3	2.5×10^2	ND	
5日	6.0×10^3	3.8×10^2	ND	
6日	8.8×10^2	ND	ND	
12日	1.3×10^3	ND	ND	
70°C 1日	3.8×10^3	1.4×10^3	ND	
3日	2.5×10^3	ND	ND	

- a) : そうか病類似菌叢の放線菌数
b) : a) に含まれる放線菌のスライスジャガイモ塊茎接種法による病原性検定結果 (病原性を持つ菌株数/検定菌株数)
c) : 検出されず

表7 湿熱処理した各そうか病菌優占土壌からの放線菌検出数と病原性検定

加温処理	放線菌検出数 (cuf/g 乾土)			
	S. s. 優占土壌 ^{a)}	S. s. a. 優占土壌 ^{a)}	S. t. 優占土壌 ^{a)}	S. t. 優占土壌 ^{a)}
無処理	1.0×10^6 (1 / 7) ^{b)}	1.0×10^6 (1 / 7)	1.0×10^6 (1 / 7)	1.0×10^6 (1 / 7)
60°C 1日	2.9×10^4 (1 / 3)	5.6×10^4 (5 / 7)	1.8×10^4 (1 / 3)	1.7×10^3 (0 / 2)
3日	4.8×10^2 (0 / 1)	6.7×10^3 (0 / 12)	1.7×10^4 (0 / 1)	ND (-)
5日	ND ^{c)} (-)	57 (0 / 1)	ND (-)	ND (-)
7日	ND (-)	ND (-)	ND (-)	ND (-)
65°C 1日	4.7×10^2 (0 / 2)	3.9×10^4 (6 / 6)	3.5×10^4 (4 / 4)	ND (-)
3日	ND (-)	57 (0 / 1)	ND (-)	ND (-)

- a) S. s. : *Streptomyces scabies*, S. s. t. : *Streptomyces scabies* subsp. *achromogenes*,
S. t. : *Streptomyces turgidiscabies*
b) 病原性検定結果 (病原性を持つ菌株数/検定菌株数)
c) 検出されず

表8 強制通風方式コンポストパイル内の部位別温度持続日数

測定位置* (No.)	40°C 未満 (日)	40~ 44.9°C (日)	45~ 49.9°C (日)	50~ 54.9°C (日)	55~ 59.9°C (日)	60~ 64.9°C (日)	65~ 69.9°C (日)	70~ 74.9°C (日)	75~ 79.9°C (日)	80°C 以上 (日)	最高温度 (°C)
1	2		4	8	11	11	4	8	9	4	80.9
2	3		2	6	3	9	10	13	10	4	82.5
3	2	3	12	12	5	7	12	4	1		76.5
4	1	7		3	8	17	7	12	3		77.6
5	17	17	14	11	1	1					60.1
6	1	2	5	3	3	4	4	12	22	5	81.2
7	1	1			1	8	5	18	23	4	83.4
8	13	8	7	7	6	4		2	6	6	84.3
9	1		1	1		7	11	18	18	1	80.0
10	6	2	4	4	5	4	8	9	11	8	82.8
11	27	5	1	5	10	6	1	2	4		79.7
12	1	6	5	5	7	6	8	8	11	4	81.9
13	1		14	17	4	10	8	6	1		75.1
14	2	3	5	7	18	14	6	2			70.6
15	5	10	18	14	7	5		2			73.4

* : パイル内位置は図2参照

表9 パイル内に埋設した汚染土壌からの
ジャガイモそうか病菌シストセンチウおよびテンサイそう根病菌の検出

検定土壌埋設 位置* (No.)	そうか病 発病指数別 いも数			ジャガイモ シストセンチウ		そう根病 ELISA検定結果	
	0	1	2	ふ化遊出虫数**	ふ化遊出率	斜里土壌	農試土壌
1	4			0	0%	-	-
2	3			0	0	-	-
3	2			0	0	-	-
4	3			0	0	-	-
6	3			0	0	-	-
10	2			0	0	-	-
15	1		1	0	0	-	-
無処理(室温)	4			1136.1	76.9	++	+

*：埋設位置は図2参照
**：シスト20個当たり

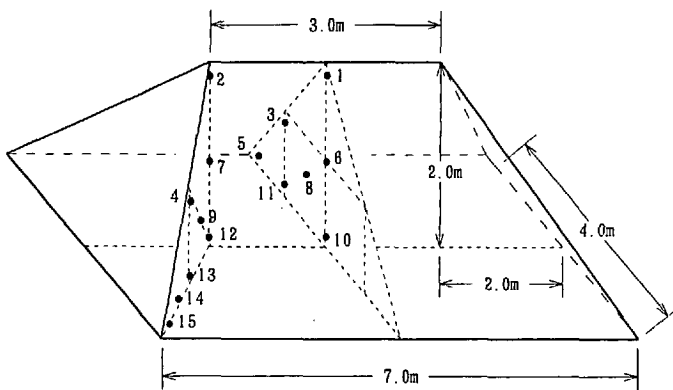


図2 パイル内の温度測定位置

表10 コンポスト化材料からの
ジャガイモそうか病菌の検出

検定材料	発病指数別いも数				
	0	1	2	3	4
洗 浄 土	13	4			
遊 離 土	5	1	2	1	
澱 粉 か す	10	1	1	1	3
混合サンプル*	9	1	1	2	

*：発酵処理前のコンポスト化材料の混合物

表11 排出土コンポストで栽培したばれいしょにおける
そうか病の発生およびシストセンチウのシスト着生程度

供試コンポストおよび土壌	そうか病		シ ス ト 着生程度
	病いも率 (%)	発病度	
排出土コンポスト (100%)	3.8	0.6	0.0
病土 ²⁾ (98%) + 排出土コンポスト (2%)	93.8	41.9	18.8
病土 (100%)	100	56.4	12.5
未発生畑土 ³⁾ (100%)	9.8	2.7	0.0

1)：ジャガイモそうか病およびシストセンチウ発生土壌
2)：ジャガイモそうか病およびシストセンチウ未発生土壌

2. 排出土の発酵熱による消毒試験

表8に強制通風中のコンポストパイル内各地点における温度保持日数を示した。ほとんどの地点で70℃を越える温度が得られているが、パイルの裾部分(図2のNo.5, 15)は昇温効果が低い傾向にあった。

これらの温度測定地点に埋設した病土から、そうか病菌の検出を行った結果、ほとんどの箇所ですうか病菌は死滅していた(表9)。しかしパイルの裾角(図2のNo.15)に埋設した土壌で栽培したばれいしょには、わずかに発病が認められた。一方、ジャガイモシストセンチウ

ウおよびテンサイそう根病菌はいずれの箇所においても死滅していた。

3. コンポスト化材料および排出土コンポストからのそうか病菌の検出

コンポスト化試験に用いた遊離土、洗浄土および澱粉かすを部分滅菌した土壌に混和し、ばれいしょを栽培すると、それぞれ塊茎にそうか病の発生が認められた。発病程度は澱粉かすを混和したものが最も激しく、次いで遊離土、洗浄土の順であった(表10)。

一方、発酵処理後の排出土コンポストで栽培したばれいしょにおけるそうか病の発病は、調査した塊茎中1個

表12 排出土コンポストの施用がジャガイモそうか病の発病に与える影響

排出土 コンポスト 施用量	発 病 度					
	斜 里		清 里		小 清 水	
	中斜里	豊倉東	上斜里	向 陽	米	止 別
0 t/10 a	34.2	40.0	42.7	82.1	48.6	19.4
2 t/10 a	16.3	—	37.6	—	55.7	—
3 t/10 a	—	30.2	—	71.3	—	19.4
4 t/10 a	22.4	—	37.0	—	62.0	—

表13 排出土コンポストの施用がジャガイモそうか病の発病に与える影響

試験場所	排出土 コンポスト 施用量	病いも率 (%)	発 病 度
小清水 美和	0 t/10 a	88.5	36.7
	3 t/10 a	90.5	37.7
	6 t/10 a	92.3	36.7
小清水 美和清川	0 t/10 a	81.8	28.2
	3 t/10 a	82.0	28.3
	6 t/10 a	76.1	24.1
清 里 上斜里	0 t/10 a	60.2	16.2
	3 t/10 a	56.6	16.0
	6 t/10 a	55.0	16.2

にわずかな病斑が認められたのみであった。また、未発生病土壌で栽培したばれいしょにも、そうか病はわずかに発生が認められた。これに対し、病土で栽培したばれいしょの塊茎には、100%そうか病の発病が認められ、発病程度も激しかった(表11)。

4. 排出土コンポストの畑地還元による影響

土性の異なるそうか病発生圃場に排出土コンポストを施用し、そうか病の発生程度を調べた結果、1994年の小清水町米では、4 t/10 a 施用区で無散布よりも若干発病度が高い傾向にあったが、顕著な差ではなかった。その他の試験では、圃場や年次により排出土コンポストの施用量は異なるが、いずれの試験においても排出土コンポストを施用することによってそうか病の発病が助長される傾向は認められなかった(表12, 13)。

論 議

製糖工場排出土は、それぞれの工場担当区域内の作土が集積されたものであるため、局所的に発生している土壌病原菌や線虫もこの中に混在しており、不用意に畑地へ還元すれば病原菌や線虫の汚染地域を拡大させることになる。従って排出土を畑地へ還元する場合には、土壌消毒の実施が望まれる。

土壌消毒の方法には様々な手法があるが、大量の土壌を低コストで処理するにはコンポスト化に伴う発酵熱の利用が最も適している。熱処理によって殺菌を行う場合、対象となる病原菌や線虫の致死温度を把握することは重

要であるが、致死温度に関する報告は高温短時間処理によるものが多い²⁾。しかし通常の堆肥発酵では80℃以上の高温を得ることは難しく、40~70℃程度の比較的低温が長期間にわたり作用した場合の殺菌効果を知る必要がある^{3,4)}。製糖工場排出土の発酵熱利用による消毒の試みはこれまでもなされてきており、主な土壌伝染性病原菌およびジャガイモシストセンチュウに対する長期低温加熱による殺菌効果についての検討も行われている⁵⁾。しかし近年その発生が問題となっているジャガイモそうか病菌については検討されていなかった。ジャガイモそうか病は現在有効な防除法のない難防除病害である。製糖工場排出土およびコンポスト処理に使用される澱粉かすには、そうか病菌が生存していることは本試験の結果からも明らかであり、製糖工場排出土を畑に還元するにあたっては、本病原菌の死滅温度が得られるコンポスト化処理を行う必要がある。このため、そうか病菌の長期低温処理による致死温度を明らかにする必要があった。

そうか病菌は、北海道においては少なくとも3種類が現在知られている^{12,13,14)}が、これらの胞子は殺菌水中では55℃、1分でいずれも死滅する⁶⁾。しかし本試験におけるそうか病汚染土壌の湿熱処理の結果では、60℃1日の湿熱処理でもそうか病菌は生存していた。汚染土壌中におけるそうか病菌は、主に罹病残渣中で生存していると考えられ、殺菌水中における裸の胞子の場合に比べると、汚染土壌中のそうか病菌は湿熱に対してより耐性があるものと考えられる。本実験では、70℃で1日以

上、65°Cで3日以上湿熱処理でいずれの土壌からもそうか病菌は検出されなくなった。一方60°Cの湿熱処理では、そうか病菌が検出されなくなる加温日数が供試土壌によって異なった。この原因については土性の違いによるものか、または土壌中で優占しているそうか病菌の違いによるものか、今後明らかにする必要がある。しかし60°Cの湿熱処理でも加温期間が7日以上となると、いずれの試験においてもそうか病菌は検出されず、死滅したものと考えられた。

製糖工場排出土中に存在する土壌伝染性糸状菌は、その多くが45°C 7日間で死滅する⁹⁾。またテンサイそう根病の病原ウイルス伝搬菌である*Polymyxa betae*も、45°C 7日間、60°Cでは1日の湿熱処理で死滅¹⁾し、ジャガイモシストセンチュウの蔵卵シストは45°Cでは1日、40°Cでも10日間でほぼ死滅する^{5・11)}。これらに比べると、そうか病菌の死滅温度は明らかに高く、通常の発酵熱処理では完全に滅菌することは困難であると考えられた。このことから、さらに高い発酵熱を得るためにパイルに強制的な通気を行い、そうか病菌を滅菌することが可能であるか検討を行った。強制的通気処理による排出土のコンポスト化処理は、アメリカ農務省のベルツビル農業研究センターが排水汚泥を発酵処理するために開発した方法¹⁶⁾を一部改良したものである。本法は無通風処理と比較して高い発酵温度が得られ、さらに強制通風を吸気と排気とに定期的に切り替えることにより、パイル内の発酵むらさを少なくすることができる⁸⁾。本試験においても、パイルの裾部分を除く各部位で70°C以上の温度が得られており、温度測定部位に埋設した検定土壌中のそうか病菌も、パイル底角以外の部位ではすべて死滅していた。パイル底角 (No.15) に埋設した検定土壌中のそうか病菌の密度は、発病程度からみると無処理と比較して低下しているものと考えられるが、殺菌効果は十分ではなかった。この部分の温度は発酵処理中ほとんど55°C以下で推移しており、温度が上昇しにくいことは明らかである。60°C以上は7日間得られていたが、温度上昇が見られた日はそれぞれ散発的であった。実験で得られたそうか病菌の致死温度期間は、恒常的な加温処理による結果であるが、実際のパイルでは表層に近いほど外気の影響を受けやすいため、特にパイルの裾部分では1日の内でも温度変動が大きいものと考えられる。従ってある時点で70°Cの観測値が得られても、致死に至る十分な加温時間には至らなかった可能性がある。さらにパイルの裾、特に角は乾燥しやすいことから、十分な湿熱条件にならなかったものと推察される。強制通風を行わない一般的な発酵においては、パイルの裾部は乾燥しやすいうえに温度上昇は少ないことが知られているが、強制的な吸排気を行う本方式でもパイルの裾まわりの温度上昇は鈍く、

また乾燥しやすい傾向にあった。この温度上昇の鈍いパイルの裾部分は、連棟方式⁸⁾とすることによりその割合を少なくすることが可能であるが、排出土コンポストを畑へ還元する場合にはパイルの下裾部は除去して用いる方が安全であろう。

さらに完成した排出土コンポストでばれいしょを栽培し、そうか病の発病を調べた結果、調査塊茎中わずか1塊茎のみに病斑が認められたが、他の塊茎には全く発病が認められなかった。発酵処理前のコンポスト化材料の混合物で栽培したばれいしょにおけるそうか病の発病程度と比較すると、排出土コンポスト中のそうか病菌は、その大部分が死滅しているものと考えられた。この発酵処理後の排出土コンポスト区におけるわずかな発病は、本試験で使用した排出土コンポストがパイルの下裾部も含んでいるため、わずかながらそうか病菌が生存していた可能性もあるが、未発生畑土壌区においても発病が認められていることからみて、試験区外部からの病原菌の混入があったものと考えられる。

そうか病汚染畑へ堆肥を投入すると、汚染されていない堆肥であっても、その種類によって発病が増加する場合がある¹⁰⁾。また、秋まき小麦やトウモロコシなどの前作物の残さや、一部の有機物鋤込みは、そうか病の発病を助長することが知られている^{9・15)}。そこで、そうか病発生畑に対して排出土コンポストを投入した場合の本病発生に与える影響について検討した結果、排出土コンポストの2~6 t/10 a程度の施用では、発病の増加は認められなかった。この排出土コンポストは材料の大部分が土壌であり、さらに強制通風による高温発酵と、その後数ヶ月の後熟により有機物のほとんどが分解しており、病原菌の増殖を助長するものではないと考えられる。

しかし本試験で作成した排出土コンポストのpHは8前後あり、土壌へ多量に施用すると畑土壌pHを上昇させることになる。その結果として、そうか病の発病を助長する危険性があることから、畑地への極端な多施用や同一圃場への連用は避けることが望ましい。

謝辞：本試験を行うにあたり、北海道大学農学部松田従三博士からは強制通風方式による発酵処理法について懇切にご指導いただいた。また北海道立北見農業試験場管理科高倉重義主任研究員（現日本農業株式会社札幌支店）は、製糖工場排出土の消毒試験の中で線虫を担当し、本報のそうか病菌に対する試験に関しても細部にわたりご助言をいただいた。またコンポスト作成にあたっては、ホクレン中斜里製糖工場技術課職員の方々にも協力いただいた。北海道立中央農業試験場児玉不二雄病虫部長には本報の校閲をお願いし、貴重な意見をいただいた。以上の方々に対し心から感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 阿部秀夫. “テンサイそう根病のウイルス媒介者, *Polymyxa betae* Keskinの生態と防除に関する研究”. 北海道立農試報告. 60, 1-99 (1987).
- 2) Bollen, G.J. “Lethal Temperatures of Soil Fungi”. in: Ecology and management of soil-borne plant pathogens (C.A.Parker et al, eds.), Am. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minnesota, 1984.
- 3) Bollen, G.J. “The Fate of Plant Pathogens during Composting of Crop Residues”. in: Composting of agricultural wastes (J.K.R. Gasser, ed.), Elsevier Appl. Sci. Publ., London, 1985.
- 4) Hoitink, H.A.J.; Herr, L.J.; Schmitthenner, A.F. “Survival of Some Plant Pathogens During Composting of Hardwood Tree Bark”. Disease Control and Pest Management. 66, 1369-1372 (1976).
- 5) 北海道大学農学部. “根菜類遊離土砂の簡易式堆肥化による殺菌”. 昭和61年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書. 1987. p.1-67.
- 6) 北海道立十勝農業試験場. “ジャガイモそうか病の発生生態に関する試験成績”. 昭和60年度北海道農業会議資料. 1986.
- 7) Loria, R.; Davis, J.R. “*Streptomyces scabies*”. in: Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria 2nd edition (N.W. Schaad, ed.), APS Press, Minnesota, 1988.
- 8) Matsuda, J.; Hyakumachi, M.; Takakura, S.; Shimizu, M.; Himoto, J. “Composting of soil and agriculture wastes and its sterilizing effect”. 7th International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes abstracts. 1995
- 9) 宮島邦之, 田中文夫. “高タンパク質資材の土壌施用によるジャガイモそうか病防除効果”. 日植病報. 60, 796 (1994).
- 10) 早田隆典, 矢野文夫. “ばれいしょ畑土壌の微生物相に及ぼす有機物施用および陽熱処理の影響”. 長崎総農林試研報(農業部門). 12, 59-70 (1984).
- 11) 高倉重義(未発表).
- 12) 田中文夫, 宮島邦之, 阿部秀夫, 清水基滋, 西脇由恵, 谷井昭夫. “北海道におけるジャガイモそうか病の発生と病原菌の分布”. 日植病報. 61, 647-648 (1995).
- 13) 田中文夫, 竹内徹, 谷井昭夫, 宮島邦之, 阿部秀夫, 国永史朗. “ジャガイモそうか病菌, *Streptomyces turgidiscabies* n.sp.”. 日植病報. 61, 253-254 (1995).
- 14) 田中文夫, 竹内徹, 谷井昭夫, 宮島邦之, 国永史朗. “ジャガイモそうか病菌, *Streptomyces scabies*の分類学的性質”. 日植病報. 60, 795 (1994).
- 15) 谷井昭夫. “ジャガイモそうか病の現状と問題点—特に北海道における研究および防除の現状と問題点について—”. 放線菌の分類と特性研究会資料.(農林水産省農業環境研究所編). 1985. p.31-52.
- 16) Willson, G.B., J.F.Parr, et al. “Manual for composting sewage sludge by the Beltsville aerated-pile method”. USDA, EPA, 1980. p.26-29.

Sterilizing of Potato Scab Pathogens in the Separated Soil from Sugar Beet Roots by Using Forced Aeration Pile Composting

Motosige SIMIZU*¹, Yukio NISHINOME*² and Hideo ABE*³

Summary

This study was carried out to determine the feasibility of using forced aeration pile composting to sterilize the soilborne pathogens, especially potato scab pathogens in residual soil that is separated from sugar beet roots after harvesting. The results obtained were summarized as follows:

1. Lethal temperature of potato scab pathogens (*Streptomyces scabies*, *S. scabies* subsp. *achromogenes*, *S. turgidiscabies*) are investigated. Infested soils were heated under moist conditions (about 40% water content) to various temperature and days. All species in soil did not survive at 70 °C in a day or 65 °C in 5 days. It was considered that lethal temperature of potato scab pathogens were higher than other soilborne pathogens and pathogenic nematodes.
2. Mixture of separated soil (80% by weight), potato refuse (9%), dehydrated surplus sewage sludge from sugar beet processing facility (7%), wheat straw (3%), poultry manure (1.5%), concentrated steffen filtrate extracted during sugar beet processing (1.5%) was composted by the forced aeration method. The pile was forced to aerate by alternating suction and discharge airflow every 10 days during 60 days. The highest temperature of composting pile reached over 70 °C. But temperature at only foot area of pile did not sufficiently rise, because this area was easy to be cooled by fresh air. Soil sample infested by potato scab pathogens in this foot of pile was found to few occurrence of potato scab. Whereas most of the soil samples was sterilized during the composting process.
3. The compost after maturity was added to fields that was occurred potato scab. However addition of this compost was not found to increase severity of potato scab in field.

*¹ Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, (Present; Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Paddy Rice Div., Iwamizawa, Hokkaido, 069-03, Japan)

*² The HOKUREN federation of Agricultural Co-operative Association, Nakashari Sugar beet Factory, Syari, Hokkaido, 099-41, Japan

*³ Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, (Present; Hokkaido Prefectural Donan Agricultural Experiment Station, Ono, Hokkaido, 041-12, Japan)