

ジャガイモそうか病の発病に及ぼす有機物施用 および耕土処理の影響

鈴木慶次郎^{*1} 東田 修司^{*2} 志賀 弘行^{*1}

有機物や土壌酸度調整資材の施用、軽石流堆積物客土や天地返しなどの耕土処理がそうか病の発病に及ぼす影響について検討した。ピートモス施用は土壌中の交換酸度(y_1)を増大させ発病度を低下させたが、バーク堆肥の施用は y_1 を減少させ発病度を高めた。また、培養実験から、牛糞堆肥についても y_1 の減少が認められた。軽石流堆積物客土や天地返しなどの耕土処理については、処理により y_1 が増大しない場合は、発病軽減効果が見られなかった。しかし、軽石流堆積物についてはpH緩衝力が小さいため、客土時に少量の土壌酸度調整資材を添加することで y_1 が増大し、発病軽減効果を得ることができた。以上から、有機物施用や耕土処理がそうか病の発病に及ぼす影響は土壌pHよりも交換酸度 y_1 の変化でより良く説明でき、 y_1 の変化をもたらさなかったり、 y_1 を低下させる資材の施用や処理では発病軽減効果が見られず、発病度を高めることが示された。

結 言

ジャガイモそうか病は北海道で古くから発生が認められるばれいしょの代表的な難防除土壌病害の一つである。本道では1980年代以降の発生地域の拡大、被害の増加に伴い、発生実態、病原放線菌の同定・定量法、発生生態などに関する基礎的な試験研究が実施されてきた。

また、土壌環境とそうか病の発生については、土壌pHが5.0以下では発病程度が低く、4.8以下ではほとんど発病が認められないこと、交換酸度(y_1)が8以上の圃場では発病程度が低いことが報告されており⁴⁾、硫酸第一鉄などの土壌酸度調整資材による防除⁸⁾、酸度調整資材とかん水の併用が技術化されてきた^{2, 7)}。

一方、土壌管理との関係では、有機物施用による発病助長の可能性が懸念され³⁾、現在の北海道病害虫防除基準には「粗大有機物を鋤込まないようにする」ことが注意事項として示されているものの、有機物施用と発病の間に明確な傾向は認められなかったとする報告⁴⁾もあり、未だに統一的な見解が得られていない。

また、網走地方では、土壌の物理性改善をねらいとした軽石流堆積物の客土や火山性土の混層耕などの土地改良が広く行われている。そうか病発病圃場ではこれらの耕土処理によって病原菌密度が一時的に希釈されるが、土壌の物理・化学性も同時に変化するため、耕土処理が最終的な発病軽減に結びつくか否かは明らかになってお

らず、これらの耕土処理が発病に及ぼす影響などについて知見が求められている。

これらのことから、本報告では有機物施用、軽石流堆積物あるいは無病土を病土と混和する処理、病原菌密度の低い下層土と作土を反転する天地返し処理がジャガイモそうか病の発病に及ぼす影響を土壌の化学性との関連を中心に検討した。

試験方法

1. ジャガイモそうか病の発病に対する有機物施用の影響

(1) 有機物施用がそうか病の発病および土壌環境に及ぼす影響

直径30cmの無底枠に表1に示したような病土、軽石流堆積物、有機物を合わせて約10リットル充填した。この場合に病土は美幌町現地圃場の表層腐植質黒ボク土(以下、美幌病土と略)、軽石流堆積物は北見農試場内から採取したもの(以下、軽石流堆積物と略)、有機物としては市販のバーク堆肥およびピートモスを使用した(これらは以後の試験においても市販品を用いた)。

これらの枠に1999年6月7日に施肥し、ばれいしょ(品種：男爵薯)を植付けて、8月27日に収穫した。

この間、施肥前に土壌のpHと交換酸度(y_1)を、7月2日に微生物相を、収穫後に収量、病いも率および発病度を調査した。試験は3反復で行った。

(2) 各種有機物施用土壌への硫酸第一鉄の添加による土壌pHおよび y_1 の変化

美幌病土100gにバーク堆肥、ピートモスおよび牛

2000年6月9日受理

^{*1} 北海道立北見農業試験場, 099-1496 常呂郡訓子府町

^{*2} 同上(現、北海道立十勝農業試験場, 082-0071 河西郡芽室町)

表1 有機物処理の系列

系列	対 照	有機物処理,	施用量/枠	施肥前の土壌pH ²⁾
A	病 土	ピートモス,	5リットル(8kg/m ²)	病土区5.7, ピートモス区5.0
B	病 土	バーク堆肥,	350g(5kg/m ²)	いずれもpH5.1に調整
C	病土+軽石 ¹⁾	バーク堆肥,	350g(5kg/m ²)	いずれもpH5.4に調整

1) 病土5kgに軽石流堆積物5kgを混合した。

2) pH調整には硫酸第一鉄を使用した。

糞堆肥を個々に3.5gづつ混和し、これに硫酸第一鉄を0～400mg間で段階的に添加して、室内で40℃に保ち1週間培養した。培養後、土壌のpHおよび y_1 を測定した。

なお、供試した牛糞堆肥は北見農業試験場で製造したもので、以後の試験ではすべてこれを用いている。

2. ジャガイモそうか病の発病に対する耕土処理の影響

(1) 病土に対する軽石流堆積物および無病土混合の影響

直径30cmの無底枠に病土と軽石流堆積物あるいは無病土の比率を変えて混合したものを約10リットル充填した。

供試土壌は、病土が清里町現地圃場の表層多腐植質黒ボク土、無病土が北見農試圃場の表層多腐植質多湿黒ボク土（以下、北見無病土と略）である。処理の一部には牛糞堆肥5t/10a相当量を1997年9月に施用した。

これらの枠に翌1998年5月18日に施肥し、ばれいしょ（品種：男爵薯）を植付けて、8月19日に収穫した。

この間、施肥前に土壌のpHと y_1 を、収穫後に病いも率と発病度を調査した。

(2) 発病土に対する軽石流堆積物混合と硫酸第一鉄添加の併用による発病抑制効果

直径30cmの無底枠に美幌病土のみあるいは軽石流堆積物を混合（重量比1：1）したものをそれぞれ約10リットル充填し、硫酸第一鉄を混和した区を設けた。

これらの枠に1999年6月7日に施肥し、ばれいしょ（品種：男爵薯）を植付けて、8月27日に収穫した。

各処理区において、施肥前に土壌のpHと y_1 を測定し、収穫後に病いも率と発病度を調査した。なお、試験は3反復で行った。

(3) 硫酸第一鉄の添加による各種土壌のpHと y_1 の変化

美幌病土、北見無病土および軽石流堆積物のそれぞれ100gに硫酸第一鉄を0～400mg間で段階的に添加し、室内で40℃に保ち1週間培養した。培養後、各種土壌のpHおよび y_1 を測定した。

(4) そうか病発生圃場での天地返し処理

清里町のそうか病発生圃場（表層多腐植質黒ボク土）において、バックホーを用いて表層0～50cmと下層50～90cmの土層を反転する処理を1997年11月6日に

行った。

処理後、新作土（0～20cm）にリン酸175kg/10a、硫酸亜鉛5kg/10a、硫酸銅4kg/10aを施用し、デスク2回掛けにより混和した。

天地返しによって得られた新作土と無施工区の作土を直径30cmの無底枠に約10リットル充填した。翌1998年5月18日に施肥し、ばれいしょ（品種：男爵薯）を植付けて、8月19日に収穫した。収穫したいもについて病いも率、発病度を調査した。なお、天地返し後の新作土には、牛糞堆肥を1997年9月に10a当たり6t相当施用した区も設定した。

試験結果

1. ジャガイモそうか病の発病に対する有機物施用の影響

(1) 有機物施用がそうか病の発病および土壌環境に及ぼす影響

1) バーク堆肥およびピートモスの施用がそうか病の発病に及ぼす影響

病土にピートモスを施用した区（A系列）では、施用していない対照区に対して病いも率並びに発病度が明らかに減少した（危険率1%水準で有意）。

一方、病土（B系列）あるいは病土と軽石流堆積物の混合土（C系列）にバーク堆肥を施用した区では、いずれも病いも率と発病度（危険率5%水準で有意）が増加した。収量はC系列で有機物の施用によって増加した（表2）。

2) 有機物施用が微生物相に及ぼす影響

各処理区の微生物数を生育期間中の3回（6月8日、7月2日、8月5日）にわたって調査したところ、調査日時の違いによる微生物数の変動は小さかったため、7月2日の結果のみを表3に示した。

それによると、ピートモス施用区（A系列）で糸状菌数が顕著に増加したが、バーク堆肥を施用した区（B、C系列）では微生物相の特徴的な変化は認められなかった。

3) 有機物施用が土壌pHと交換酸度 y_1 に及ぼす影響

供試した病土の土壌pH（H₂O）は、ピートモス施用により5.7から5.0に低下した（系列A）。他方、バーク堆肥施用区（系列B、C）については、対照

表2 バーク堆肥およびピートモスの施用がそうか病の発病に及ぼす影響

系列	処 理	病いも率 (%) ²⁾	発病度 ³⁾	防除価 ⁴⁾	収量 (g/株)
A	対 照	88	55		425
A	ピートモス	45** ¹⁾	20** ¹⁾	64	529
B	対 照	79	29		545
B	バーク堆肥	91	53* ¹⁾	-82	570
C	対 照	73	27		428
C	バーク堆肥	85	47* ¹⁾	-74	598** ¹⁾

1) 最小有意差法による対照区との差の検定：**1%有意，*5%有意

2) 病いも率=発病塊茎数×100/全調査塊茎数

3) 発病度=Σ(指数×該当塊茎数)×100/(4×全調査塊茎数)

4) 防除価=(1-該当試験区発病度/対照区発病度)×100

表3 有機物施用が微生物相に及ぼす影響 (1999年7月2日)

系列	処 理	微生物数 (CFU/g乾土)		
		細 菌 (×10 ⁷)	放線菌 (×10 ⁶)	糸状菌 (×10 ⁵)
A	対 照	2.3	2.6	1.7
A	ピートモス	4.2	5.2	63.0
B	対 照	2.3	2.5	2.0
B	バーク堆肥	2.9	2.6	1.8
C	対 照	2.2	1.8	1.0
C	バーク堆肥	2.9	2.1	1.4

土壌希釈平板法による。細菌はアルブミン寒天培地，放線菌は素寒天培地，糸状菌はローズベンガル寒天培地を使用した。

の病土のみについても事前にpHを調整していることから、pHの変化は見られなかった。

交換酸度 y_1 はピートモス施用により1.4から7.0に上昇したが(系列A)，バーク堆肥施用区では系列Bが3.4から1.0に，系列Cが2.5から0.7にいずれも低下した(図1)。

4) 土壌pHおよび y_1 と発病度の関係

バーク堆肥を施用した病土と施用していない病土の土壌pHを事前に同一に調整していたにも拘わらず，バーク堆肥を施用した区(系列B，C)では y_1 の減少が見られ，発病度の増加が認められた。これに対して，ピートモスを施用した区(系列A)では

土壌pHの顕著な低下が生じると共に y_1 の増加が認められ，そうか病の発病度が低下した(図1)。

このように，本試験で用いた病土では， y_1 と発病度の関係は図中の点線で示した曲線上にあり，有機物施用によるそうか病発病度の変化は，土壌pHよりも y_1 によって良く説明された。

(2) 各種有機物施用土壌への硫酸第一鉄の添加による土壌pHおよび y_1 の変化

硫酸第一鉄を段階的に添加した培養実験において，有機物添加系列の y_1 の序列は，ピートモス>原土>牛糞堆肥>バーク堆肥となり，バーク堆肥添加系列では原土系列より1.4~4.1低く推移した(図2上)。

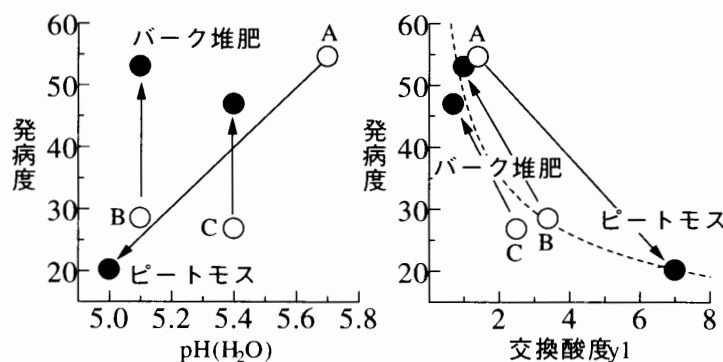


図1 有機物施用による土壌pHおよび y_1 の変化がそうか病の発病に及ぼす影響
土壌pHおよび y_1 は施肥前の値。白丸は各系列の対照区，黒丸は有機物処理。
系列A：病土，系列B：病土+硫酸第一鉄，系列C：病土+軽石+硫酸第一鉄。

一方、pH (H_2O) の序列は、逆にピートモス<原土<牛糞堆肥<バーク堆肥となり、バーク堆肥添加系列では原土系列より0.3~0.4高く推移した (図2下)。

バーク堆肥および牛糞堆肥を添加した系列の y_1 は、同一のpHで比較した場合、原土およびピートモスを添加した系列を常に下回った。一方、ピートモスを添加した系列では、図3のpH4.9以下では硫酸第一鉄のみを添加した原土区とほぼ同一の線上にプロットされた (図3)。

2. ジャガイモそうか病の発病に対する耕土処理の影響

(1) 病土に対する軽石流堆積物および無病土混合の影響

病土に軽石流堆積物を混合することで病土を希釈しても、病いも率および発病度は病土のみの対照区とほとんど変わらず、発病軽減効果は認められなかった。また、これらの混合土壌に堆肥を施用しても発病軽減

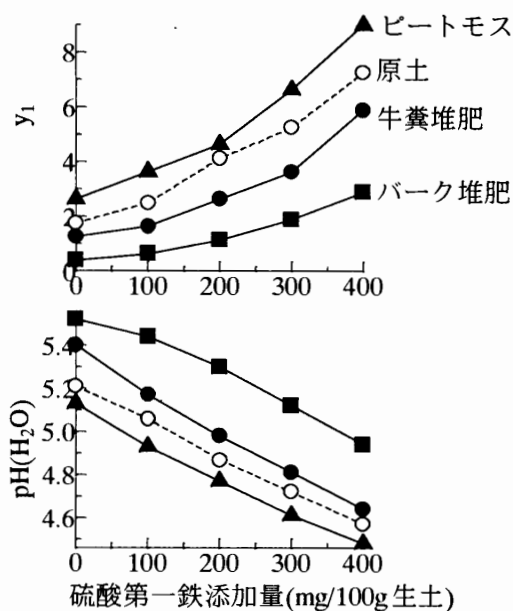


図2 各種有機物施用土壌への硫酸第一鉄の添加による土壌pH (H_2O) および y_1 の変化

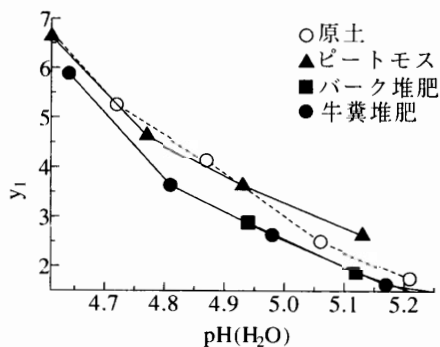


図3 各種有機物施用土壌における土壌pH (H_2O) と y_1 の関係

効果は認められなかった。

これに対して、北見農試の無病土を混合した場合には、 y_1 が増大すると共に病いも率および発病度の低下が認められた (表4)。

(2) 病土に対する軽石流堆積物混合と硫酸第一鉄添加の併用による発病抑制効果

病土と軽石流堆積物の混合土に硫酸第一鉄を180g/m²添加し、 y_1 を増大させた処理では、病土に硫酸第一鉄を350g/m²添加した処理と同程度の発病抑制効果が見られた (表5)。

このことから、同一の発病軽減効果を得るための硫酸第一鉄の添加量は、軽石を併用した処理では病土のみの約半量で済むことが明らかとなった。

(3) 硫酸第一鉄の添加による各種土壌のpHと y_1 の変化

硫酸第一鉄を段階的に添加した培養実験の結果から、軽石流堆積物は供試した黒ボク土に比べて少量の硫酸第一鉄添加でpHが急激に低下し、 y_1 も上昇することが示された (図4)。

(4) そうか病発生圃場での天地返し処理

天地返し施工後の新作土とこれに堆肥施用を行った処理区のいずれも、施工前の作土と比較して病いも率および発病度はほとんど変わらず、発病軽減効果は認められなかった (表6)。

考 察

1. ジャガイモそうか病の発病に対する有機物施用の影響

ジャガイモそうか病の発病に及ぼす有機物施用の影響を土壌微生物性の観点から見ると、施用された有機物が

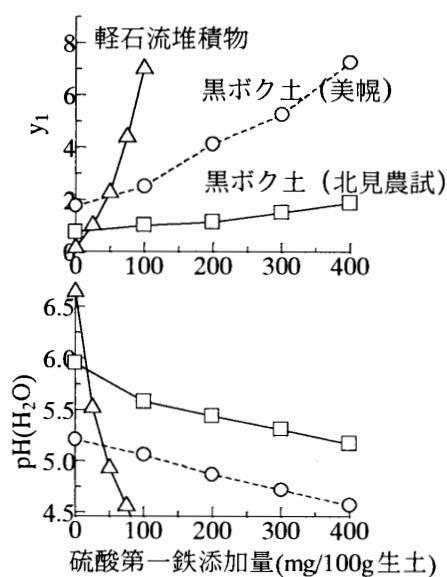


図4 硫酸第一鉄の添加による各種土壌のpHと y_1 の変化

表4 病土に対する軽石流堆積物および無病土の混合がそうか病の発病に及ぼす影響

処理 (混合割合)	病いも率 (%)	発病度	土壌混合時の化学性	
			pH(H ₂ O)	y ₁
対照 (病土100%)	100	67	6.0	0.2
軽石60%+病土40%	100	80	6.3	0.1
軽石90%+病土10%	92	64	6.6	0.1
軽石60%+病土40%+堆肥6t/10a	100	77	データなし	データなし
軽石90%+病土10%+堆肥6t/10a	100	86	"	"
無病土70%+病土30%	61	22	5.6	1.4
無病土90%+病土10%	66	26	5.5	1.7

表5 病土に対する軽石流堆積物混合と硫酸第一鉄添加の併用がそうか病の発病に及ぼす影響

処 理	硫酸第一鉄 添 加 量	施 肥 前 の 土 壌 化 学 性		病いも率 (%)	発病度
	(g/m ²)	pH(H ₂ O)	y ₁		
対照 (病土)	なし	5.7	1.4	88	55
病土+硫酸第一鉄	350	5.1	3.4	79	28**
病土+硫酸第一鉄+軽石	180	5.2	2.8	57*	23**

最小有意差法による対照区との差の検定：**1%有意，*5%有意

表6 天地返し処理・堆肥施用がそうか病の発病におよぼす影響

処 理	病いも率 (%)	発病度
対照 (無施工区作土)	97	62
天地返し	100	58
天地返し+堆肥6t/10a	100	59

そうか病菌に対して腐生的に増殖する際の基質となり発病を助長する可能性や、逆にそうか病に対抗する微生物活性を増強し発病を抑制する可能性などが考えられる。

しかしながら、本試験においては、有機物施用がそうか病の発病に及ぼす影響（ピートモスで減少、バーク堆肥で増加）を微生物相の量的な変化から検討したが、明らかにできなかった（表2，表3）。

次に、そうか病の発生に影響を及ぼす因子であることが報告されている土壌pH²⁾やy₁⁵⁾に着目して、有機物施用の影響を検討したところ、有機物資材の施用がそうか病の発病に及ぼす影響は土壌pHよりもy₁の変化でより良く説明された。すなわち、y₁を減少させるバーク堆肥の施用によって発病度が高まり、逆にy₁を増大させるピートモスの施用によって発病度が低下した（図1）。

y₁は土壌中の交換性アルミニウム量の尺度であり⁹⁾、土壌の酸性害の指標となることが知られている⁶⁾。強酸性を示すピートモスは例外として、通常の腐熟過程をへて製造される堆肥などは、含有する腐植化物質や有機酸が土壌中のアルミニウムと結合することによりその活性を抑えることが古くから知られている¹⁾。有機物施用が

y₁の変化を通じてそうか病の発病に影響するとすれば、その機構は水野ら⁵⁾がそうか病発病の土壌間差や資材・施肥による発病軽減対策を通じて指摘しているように土壌アルミニウム活性の変化に帰するのが妥当と考えられる。

室内実験の結果から、牛糞堆肥の施用もバーク堆肥同様にy₁の減少をもたらすと考えられる（図2）。各種有機物施用土壌におけるpHとy₁の関係をプロットすると（図3）、y₁の変動は全体的にはpHの変化により説明されるが、バーク堆肥および牛糞堆肥を添加した系列のy₁は、同一のpHで比較した場合、原土およびピートモスを添加した系列を常に下回った。このことから、堆肥施用によるy₁の減少は資材の添加によるpH上昇作用だけでなく資材の直接的なy₁減少作用にも起因することが示された（図3）。

一方、ピートモス施用系列については、原土に硫酸第一鉄のみを添加した場合と同一のpH-y₁曲線に乗ることから（図3）、ピートモスがy₁を増大させる作用は単なる酸としての作用と考えられる。ピートモスについては、極端な性質を持つ有機物の例としてとりあげたが、

価格や施用量を考えると y_1 を増大させる資材としての実用性は少ないと考えられる。

本試験でとりあげたバーク堆肥は、畑作地帯における主要な有機物の一つである。しかし、現実的レベルの施用量（5 t/10a相当）で発病の助長現象が見られたことを考えると、ジャガイモそうか病の防除にあたっては、現在の北海道病害虫防除基準に示されている注意事項「粗大有機物を鋤込まないようにする」を遵守することが重要と考えられる。

以上の結果から、有機物施用がそうか病の発病に及ぼす影響を土壌化学性の観点から検討することも重要であると考えられる。

2. ジャガイモそうか病の発病に対する耕土処理の影響

天地返しや深耕などの耕土処理を行って病原菌密度を低下させることによりタバコ疫病、ダイコン萎黄病、レタス菌核病などでは発病が軽減され、また、ジャガイモそうか病については下層土を作土層に露出させるような耕法は逆に発病を助長するなど、耕土処理が発病に及ぼす影響についての報告は多い¹⁰⁾。

そこで、ジャガイモそうか病について混層耕などによる病土の物理的希釈処理の発病軽減効果を検討したところ、病土に混合する土壌の種類によって違いが見られた。

すなわち、病土に軽石流堆積物および無病土を混合した表4の例では、 y_1 が0.2の病土に y_1 が極めて小さい軽石流堆積物を混合しても y_1 が変化せず、発病軽減効果が認められなかったのに対して、 y_1 が1.9の無病土を混合すると y_1 が増大し、発病が減少した。軽石流堆積物の混合は、単なる菌密度の物理的希釈と考えられるが、供試した発病度70前後の汚染の著しい病土では、病原菌密度を一時的に10分の1に希釈する処理では発病軽減に至らなかったものと考えられる。

このことから、病土に対する軽石流堆積物および無病土混合による発病軽減効果は病土および混合する土壌の y_1 によって決まると考えた。無病土混合の処理では y_1 と同時にpHも変化しているが、pHの低下は5.5～5.6止まりであり、既往の研究⁸⁾では、この程度のpH低下で発病軽減効果を説明することはできない。従って、網走管内で広く行われている軽石流堆積物客土において、希釈効果によるそうか病の発病軽減は期待できないと考えられた。

しかしながら、軽石流堆積物は少量の硫酸第一鉄添加でpHが急激に低下し、 y_1 も増大するので（図4）、軽石流堆積物客土に土壌酸度調整資材を併用した場合には、少量の資材の施用で十分な発病軽減効果を得ることができる（表5）。

これまで、土壌酸度調整資材によるそうか病防除は、

pH緩衝力の大きい土壌では大量の資材が必要となり、経済性の面から実施が困難であったが、軽石流堆積物客土を資材の局所施用技術などと組み合わせることでコストの低減が可能であろう。

現地における実規模での天地返し処理では、そうか病の発病軽減効果を得ることができなかった（表6）。これは、反転により表層に持ち上げられた元の下層土（深さ50～90cm）の病原菌密度が発病に必要なレベルに達していないことが確認されていることから（未発表）、新作土の y_1 が0.3と極めて小さいことにより、施工時あるいはその後の病原菌の混入や増殖が発病をもたらしたものと推察される。従って、元の下層土の y_1 が十分に高い場合は発病軽減効果が得られる可能性も残されているものと考えられる。

以上のように、有機物施用や耕土処理がそうか病の発病に及ぼす影響は、土壌の交換酸度 y_1 の変化を通じて理解できる部分が大きい。本試験は無底枠などの小規模な実験系で実施したものであるが、そのメカニズムから見て圃場での適応が可能と考えられる。但し、有機物施用による y_1 減少効果がどれくらいの期間持続するかについては今後の検討が必要である。

また、土壌中のそうか病菌の定量法が確立されつつあることから、今後は、菌密度と土壌化学性、ばれいしょの発病程度の三者の相互関係についての知見を深めてゆくことが必要と考えられる。

謝 辞：本報告の取りまとめにあたり御校閲をいただいた北海道立北見農業試験場生産研究部長田村修博士に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 橋元秀教. “有機物施用の理論と応用”. 農山漁村文化協会. 1977. p.20-21.
- 2) 北海道立道南・十勝農業試験場. “土壌環境制御によるばれいしょのそうか病の耕種的防除”. 平成4年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部. 1992. p.168-171.
- 3) 北海道立十勝農業試験場. “ばれいしょそうか病の発生生態に関する試験”. 昭和61年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部. 1986. p.246-251.
- 4) 北海道立十勝・北見・中央農業試験場. “ばれいしょのそうか病の発生実態”. 平成9年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部. 1997. p.145-147.
- 5) 水野直治, 吉田穂積. “土壌pH, 置換酸度 y_1 とバレイショそうか病との相互関係”. 日本土壌肥料学雑誌. 65. p.27-33(1994).
- 6) 三枝正彦. “低pH土壌と植物”. 日本土壌肥料学会編. 博友社. 1994. p.23-31.
- 7) 竹内晴信. “畑地かんがいによるジャガイモそうか病の被害軽減対策”. 北海道立農業試験場集報. 73. p.11-16(1997).
- 8) 田村元, 竹内晴信, 田中文夫. “ジャガイモそうか病に対する土壌酸度調整資材の抑制効果と残効性”. 北海道立農業試験場集報. 73. p.57-62(1997).
- 9) 和田信一郎. “最新土壌学”. 久馬一剛編. 朝倉書店. 1997. p.94.
- 10) 渡辺文吉郎. “土壌病害－発生・生態と防除－”. 全国農村教育協会. 1987. p.182-183.

Effect of organic matter application and soil treatment on potato scab

Keijiro SUZUKI^{*1}, Shuji HIGASHIDA^{*2} and Hiroyuki SHIGA^{*1}

Summary

This study examined the effect of organic matter application and soil treatment such as pumice dressing and plowing to replace surface soil with subsoil on soil chemistry and potato scab incidence. The application of bark compost decreased the soil exchange acidity y_1 and increased the incidence of potato scab, whereas the peat moss application increased the y_1 and decreased the incidence of potato scab. It was ascertained that the change of potato scab incidence was caused by the change of y_1 rather than pH. In incubation with soil, cattle manure decreased the y_1 as well as bark compost. Pumice dressing and plowing to replace surface soil with subsoil didn't reduce the potato scab incidence in case of the treatment didn't increase the y_1 . Dressing of pumice with small amount of ferrous sulfate increased the y_1 and decreased the incidence of scab because of the small buffer capacity of pumice.

^{*1} Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-1496 Japan

^{*2} ibid. (Present ; Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082-0071 Japan)