

長崎県の暖地二期作バレイショ栽培におけるジャガイモシストセンチュウの根絶に向けた防除モデルの検討

福吉賢三, 寺本 健, 菅 康弘¹⁾

キーワード：暖地二期作, バレイショ栽培, ジャガイモシストセンチュウ, 根絶, 防除モデル

Examination of the the control model for extermination of the potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, by the warm place semiannual crop potato cultivation in Nagasaki prefecture

Kenzo FUKUYOSHI, Takeshi TERAMOTO, Yasuhiro SUGA

目 次

1. 緒言	40
2. ジャガイモシストセンチュウの根絶に向けた防除モデルの検討	40
1) 暖地二期作バレイショ栽培での導入に適する緑肥植物	40
(1) 材料および方法	40
(2) 結果および考察	41
2) 孵化促進物質資材の有効な処理時期	42
(1) 材料および方法	43
(2) 結果および考察	44
3) 防除モデルの効果	50
(1) 材料および方法	50
(2) 結果および考察	50
3. ジャガイモシストセンチュウの根絶を確認するための手法	55
(1) 材料および方法	55
(2) 結果および考察	55
4. 総合考察	60
5. 摘要	60
6. 引用文献	61
7. Summary	61

1) 現在, 病害虫防除所

1. 緒言

ジャガイモシストセンチュウ (*Globodera ros tochiensis*) は南米原産といわれ、ヨーロッパのジャガイモ栽培地帯を中心に、北米、中南米、南アフリカ、ニュージーランド、インド、スリランカ、日本などに分布する⁵⁾バレイショの難防除害虫である。日本では、1972年に北海道で初めて確認され⁹⁾、その後、1992年に長崎県で発生が確認された⁴⁾。本県では、本線虫の発生当初より、防除対策に取り組んできた¹³⁾。しかし、本線虫はシスト内に卵を内蔵するため、温度や湿度等の環境変化や薬剤に対する耐性が高く、内部の卵は10年以上の長期間生存することも可能¹⁾である。そのため、一度発生すると侵入後の防除が困難であり、有効な防除手段がないのが現状である。なお、本線虫による被害は、収量の減少にとどまらず、本線虫の発生圃場では種いも生産ができないことから、種いもの供給が滞り地域のバレイショ生産体系への影響も懸念されている。

このような状況の中で、発生地域の拡大防止さらには根絶に向けた防除技術の早急な開発が求められている。

そこで、本線虫に対して防除効果の高い防除モデルを検討するとともに、本線虫を高感度に検出し根絶を確認するための手法を検討して、知見を得たので報告する。

なお、本研究は、2012年度～2014年度にレギュラトリーサイエンス新技術開発事業（ジャガイモシストセンチュウの根絶を目指した防除技術の開発と防除モデルの策定）委託事業により実施した。

本試験研究の設計および実施にあたり多大なご協力・ご指導をいただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 奈良部孝博士に心から感謝申し上げます。

2. ジャガイモシストセンチュウの根絶に向けた防除モデルの検討

1) 暖地二期作バレイショ栽培での導入に適する緑肥植物

長崎県の暖地二期作バレイショ栽培では、春作収穫後から秋作植付前までの期間に緑肥植物を栽培することが可能である。緑肥植物の中には、栽培することで線虫密度を低減できる植物があり、それらの植物は対抗植物といわれている。線虫の種類により対抗植物の効果は異なるが、対抗植物の多くはイネ科、マメ科、キク科である。しかしながら、これらの植物のジャガイモシストセンチュウに対する効果は明らかにされていない。ナス科植物のトマト野生種とハリナスビはジャガイモシストセンチュウに対する密度低減効果が高い¹⁴⁾とされるが、ナス科対抗植物は本県のバレイショで発生が問題となる青枯病の発生を助長することが考えられる。

そこで、ジャガイモシストセンチュウ対抗植物の年間を通じた作付け体系の可能性を探るため、長崎県の暖地二期作で導入が可能であると考えられる緑肥植物を選定して栽培試験をおこない、供試した緑肥植物の生育量およびジャガ

イモ青枯病菌への感染の有無、緑肥植物植栽後の土壌で栽培した後作バレイショの青枯病の発生について調査した。

(1) 材料および方法

試験は、雲仙市愛野町の長崎県農林技術開発センター馬鈴薯研究室圃場で実施し、緑肥植物としてナス科植物のハリナスビ（ロケットリーフ）、トマト野生種、マメ科植物のクロタリアスペクタビリス（ネマキング）、キク科植物のヒマワリ（ハイブリッドサンフラワー）、イネ科植物のギニアグラス（ナツカゼ）、スーダングラス（ねまへらそう）、ヒエ栽培種（青葉ミレット）、ヒエ栽培種（グリーンミレット）、ヒエ栽培種（ホワイトパニック）、エンバク野生種（ヘイオーツ）、ライ麦（R-007）の11草種を供試した。2012年7月12日に1/2000aのワグネルポットに緑肥植物の種子を1草種当たり6ポット（無処理は3ポット）播種し、野外で栽培管理した。ナス科植物のハリナスビとトマト野生種は発芽不良により、別に発芽させた苗を移植した。その他の緑肥植物の発芽および生育は良好であった。

その後、各緑肥植物のジャガイモ青枯病菌に対

する感染の有無を調査するために、8月7日にジャガイモ青枯病菌保存株のAA3114株、AA3123株およびAA4017株の3菌株を各菌株当たり2ポットずつ接種した。接種方法は、断根灌注接種法⁷⁾に準じて約 10^9 cfu/mlに調整した菌液を1ポットあたり1mlずつ断根部位に灌注し、接種21日後の8月28日に発病程度の判定をおこなった。

次に、9月4日に地上部を細断してポット内土壌に鋤き込み、野外で約3週間腐熟させた後、9月25日にバレイショ種いも(品種:デジマ)を1ポットあたり3個ずつ植え付けた。その後は、青枯病の発病を促すためガラス室内に移して栽培し、10月29日に後作バレイショでの青枯病の発病程度を調査するとともに、生存茎をすべて回収し、地際部を原・小野³⁾の選択培地にスタンプして青枯病菌の感染の有無を調査した。

(2) 結果および考察

緑肥植物に青枯病菌を接種した結果、ハリナスビはAA3123株の接種では発病しなかったが、AA3114株およびAA4017株の接種により発病した。トマト野生種は3種の菌株のいずれに対しても罹病性を示した。クロタラリア、ヒマワリおよび各種イネ科植物は青枯病を発病しなかった(表1)。

緑肥鋤き込み量は、スーダングラスが最も多く、次いでクロタラリア、ギニアグラス、ヒエ栽培種の順に多かった。ハリナスビとトマト野生種は青枯病

の発病により、エンバク野生種とライ麦は高温により生育量が減少した(表1)。また、ハリナスビのAA3114株、AA4017株を接種したポットおよびトマト野生種のすべてのポットなど、緑肥植物に発病を確認したポットでは、後作に植え付けたバレイショで青枯病の発病が認められた。なお、ヒマワリでは、3菌株の接種とも発病は認められなかったが、AA3114株を接種したポットで、後作バレイショの発病が確認された。このことから、AA3114株はヒマワリに潜在感染するか、または根圏で増殖する可能性が示唆された(表1)。また、ヒエ栽培種(青葉ミレット)にAA3114菌株を接種した結果、緑肥植物および後作バレイショに青枯病の発病は見られなかったが、後作バレイショに青枯病菌の感染が認められた。

以上の試験の結果、青枯病に罹病性であるナス科植物のトマト野生種とハリナスビに加えて、後作バレイショで発生が認められたキク科植物のヒマワリはバレイショ圃場で栽培する緑肥植物には適さず、後作バレイショに青枯病菌の感染が認められたヒエ栽培種(青葉ミレット)を除いたイネ科植物が適することが明らかになった。その中でも、スーダングラスの「ねまへらそう」は、緑肥植物の作付け時期である夏季の高温条件下における生育が最も良好であるとともに、バレイショ二期作栽培をおこなう現地圃場で既に導入がすすんでいることから、最も適する緑肥植物であると考えられた(表1)。

表1 暖地二期作バレイショ栽培で導入可能な緑肥植物のジャガイモ青枯病感染のリスク

No.	植物名 (品種名)	接種 菌株	緑肥 (8/28 調査)		後作ジャガイモ (10/29 調査)		
			生草重 (g/ポット)	発病程度	発病程度	調査茎数	感染茎率 (%)
1	ハリナスビ (ロケットリーフ)	AA3114	47.3	4	2	13.0	53.8
		AA3123		0	0	12.0	0.0
		AA4017		1	2	7.5	33.3
2	トマト野生種	AA3114	12.3	2	1.5	12.0	45.8
		AA3123		1	2	10.5	19.0
		AA4017		1	1.5	7.5	26.7
3	クロタラリア スペクタビリス (ネマキング)	AA3114	308.3	0	0	4.0	0.0
		AA3123		0	0	4.5	0.0
		AA4017		0	0	8.5	0.0
4	ヒマワリ (ハイブリッドサンフラワー)	AA3114	163.3	0	2.5	4.5	73.3
		AA3123		0	0	4.5	0.0
		AA4017		0	0	9.0	0.0
5	ギニアグラス (ナツカゼ)	AA3114	253.3	0	0	3.5	0.0
		AA3123		0	0	4.0	0.0
		AA4017		0	0	7.5	0.0
6	スーダングラス (ねまへらそう)	AA3114	320.0	0	0	3.0	0.0
		AA3123		0	0	0.0	0.0
		AA4017		0	0	3.0	0.0
7	ヒエ栽培種 (青葉ミレット)	AA3114	200.0	0	0	7.0	25.0
		AA3123		0	0	6.0	0.0
		AA4017		0	0	13.0	0.0
8	ヒエ栽培種 (グリーンミレット)	AA3114	236.7	0	0	7.0	0.0
		AA3123		0	0	5.5	0.0
		AA4017		0	0	12.5	0.0
9	ヒエ栽培種 (ホワイトパニック)	AA3114	236.7	0	0	3.5	0.0
		AA3123		0	0	7.5	0.0
		AA4017		0	0	11.0	0.0
10	エンバク野生種 (ヘイオーツ)	AA3114	73.7	0	0	8.0	0.0
		AA3123		0	0	6.0	0.0
		AA4017		0	0	14.0	0.0
11	ライ麦 (R-007)	AA3114	12.8	0	0	5.0	0.0
		AA3123		0	0	8.5	0.0
		AA4017		0	0	13.5	0.0
12	接種無処理	AA3114	—	—	0	4.0	0.0
		AA3123		—	0	5.5	0.0
		AA4017		—	0	9.5	0.0
13	無処理	—	—	—	0	8.7	0.0

注1) 生草重は6反復(3接種菌株×2反復)の平均値, その他の数値は2反復(無処理区は3反復)の平均値

発病程度: 0: 発病なし

- 1: ポット全体の1/4の植物体に明らかな萎凋または枯死が見られる
- 2: ポット全体の1/4~1/2の植物体に明らかな萎凋または枯死が見られる
- 3: ポット全体の1/2~3/4の植物体に明らかな萎凋または枯死が見られる
- 4: ポット全体の3/4以上の植物体に明らかな萎凋または枯死が見られる

2) 孵化促進物質資材の有効な処理時期

土壌中のジャガイモシストセンチュウの密度低減に有効とされる孵化促進物質資材⁶⁾の処理を試みた。

孵化促進物質資材は、吸着性に優れた多孔質資材をトマト溶液栽培の培地に用いて、トマト由来の孵化促進物質を吸着させて作成したゼオライトを主成分とした資材であり、この資材をバレイショの作付けがない時期に処理すると、土壌中のシスト内で休眠状態にある卵は孵化して二期幼虫になるが、寄主植物がないので、孵化した二期幼虫は餓死する。このように、土壌中で休眠している卵を減少させることが可能であり、線虫密度低減効果が高いとされる。

このことから、長崎県の暖地二期バレイショ栽培での孵化促進物質資材の最も有効な処理時期を検討した。本県の二期作栽培では、一年の大半にわたりバレイショが作付されている。地域により作付け時期は異なるが、5月の春作収穫後から9月の秋作植付までの期間と、12月の秋作収穫後から1月の春作植付までの期間は、バレイショが栽培されておらず、孵化促進物質資材の処理が可能である。そのうち、春作収穫後におこなわれる緑肥の播種時期または鋤き込みに合わせて孵化促進物質資材を散布し、土壌混和処理をすることが効率的であると考え、2012年～2014年に長崎県雲

仙市小浜町の二期作バレイショ地帯の現地農家圃場で試験を実施した。

(1) 材料および方法

試験は、2012年春作収穫後から2014年秋作収穫後まで、長崎県雲仙市小浜町の同一圃場で実施した。試験圃場の土性は細粒黄色土で、バレイショ品種は、ジャガイモシストセンチュウに感受性である「ニシユタカ」および抵抗性である「アイユタカ」を用いて、春作および秋作に被覆栽培をおこなった(表2)。栽植密度は畝幅65cm、株間20cm、施肥および栽培管理は現地農家慣行に準じた。

試験方法は、6月中旬の緑肥播種時期および8月中旬の緑肥鋤込時期に孵化促進物質資材(北海道立総合研究機構工業試験場作製)を10a当たり1t処理し、処理前および処理後7~10日おきに各区の土壌を採集し、ベルマン法により1検体当たり生土20gから72時間後に分離された二期幼虫数を調査した。なお、供試した土壌は、各区を9等分した中央部を半管状土壌サンプラー(線虫スコップ)を用いて、地表面から20cmまでの深さまで垂直に採集した。

2012年は6月11日に1区および2区に緑肥植物の「ねまへらそう」を播種し、8月10日に裁断して8月17日に土壌中に鋤き込んだ。そのうち、1区は緑肥の鋤き込みにあわせて孵化促進物質資材(北

海道立総合研究機構工業試験場作製)を10a当たり1t処理し、土壌に鋤き込んだ(表3、図1左)。

2013年は6月4日に1~3区に緑肥植物「ねまへらそう」を播種し、8月9日に裁断して8月16日に鋤き込んだ。なお、1区は緑肥の播種にあわせて6月4日に、2区および5区は、8月16日の鋤き込みにあわせて孵化促進物質資材(北海道立総合研究機構工業試験場作製)を10a当たり1t処理した(表4、図1右)。

2014年は6月5日に1~3区に緑肥を播種し、8月9日に裁断して8月18日に鋤き込んだ。なお、1区は緑肥の播種にあわせて6月5日に、2区および5区は8月18日の鋤き込みにあわせて孵化促進物質資材(北海道立総合研究機構工業試験場作製)を10a当たり1t処理した(表4、図1右)。

また、2013年秋作収穫後の12月24日に7区を、2014年春作収穫直後の5月23日に8区を設け、孵化促進物質資材(北海道立総合研究機構工業試験場作製)を10a当たり1t処理して、同様の調査をおこなった(表4、図1右)。なお、孵化促進物質資材(北海道立総合研究機構工業試験場作製)の処理は、全ての処理時とも、所定量を土壌表面に手散布した直後に、地表面~深さ20cmの土壌に均一に混和した。

表2 試験圃場の耕種概要(2012年秋作~2014年秋作)

試験年次	作型	バレイショ品種	作業時期		
			植付	マルチ被覆	収穫
2012	秋作マルチ栽培	アイユタカ ニシユタカ	9/21	10/3(透明マルチ)	12/19
2013	春作マルチ栽培	アイユタカ ニシユタカ	1/20	2/17(黒マルチ)	5/18
2013	秋作マルチ栽培	アイユタカ ニシユタカ	9/24	10/3(透明マルチ)	12/22
2014	春作マルチ栽培	アイユタカ ニシユタカ	1/23	2/15(黒マルチ)	5/21
2014	秋作マルチ栽培	アイユタカ ニシユタカ	9/24	10/3(透明マルチ)	12/16

表3 試験区の構成(2012年秋作~2013年春作)

区 No.	処理内容	バレイショ品種	緑肥品種	孵化促進物質資材施用時期
1	抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質	アイユタカ	ねまへらそう	2012/8/17(緑肥鋤込時処理)
2	抵抗性品種+緑肥	アイユタカ	ねまへらそう	—
3	抵抗性品種	アイユタカ	—	—
4	感受性品種	ニシユタカ	—	—

注) 孵化促進物質資材の処理量はいずれも1t/10a

表 4 試験区の構成（2013年春作後～2014年秋作）

区 No.	処理内容	バレイショ品種	緑肥品種	孵化促進物質資材施用時期
1	抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質	アイユタカ	ねまへらそう	2013/6/4, 2014/6/5 (緑肥播種時処理)
2	抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質	アイユタカ	ねまへらそう	2013/8/16, 2014/8/18 (緑肥鋤込時処理)
3	抵抗性品種+緑肥	アイユタカ	ねまへらそう	—
4	抵抗性品種	アイユタカ	—	—
5	感受性品種+孵化促進物質	ニシユタカ	—	2013/8/16, 2014/8/18
6	感受性品種	ニシユタカ	—	—
7	感受性品種+孵化促進物質	ニシユタカ	—	2013/12/24 (秋作収穫後処理)
8	感受性品種+孵化促進物質	ニシユタカ	—	2014/5/23 (春作収穫直後処理)

注1) 孵化促進物質資材の処理量はいずれも1t/10a

注2) 2013年春作までの1区を2等分し,新たに1区(緑肥播種時処理)および2区(緑肥鋤込時処理)とした

注3) 2013年8月16日に5区,2013年12月24日に7区,2014年5月23日に8区を感受性品種区の一部に設置した

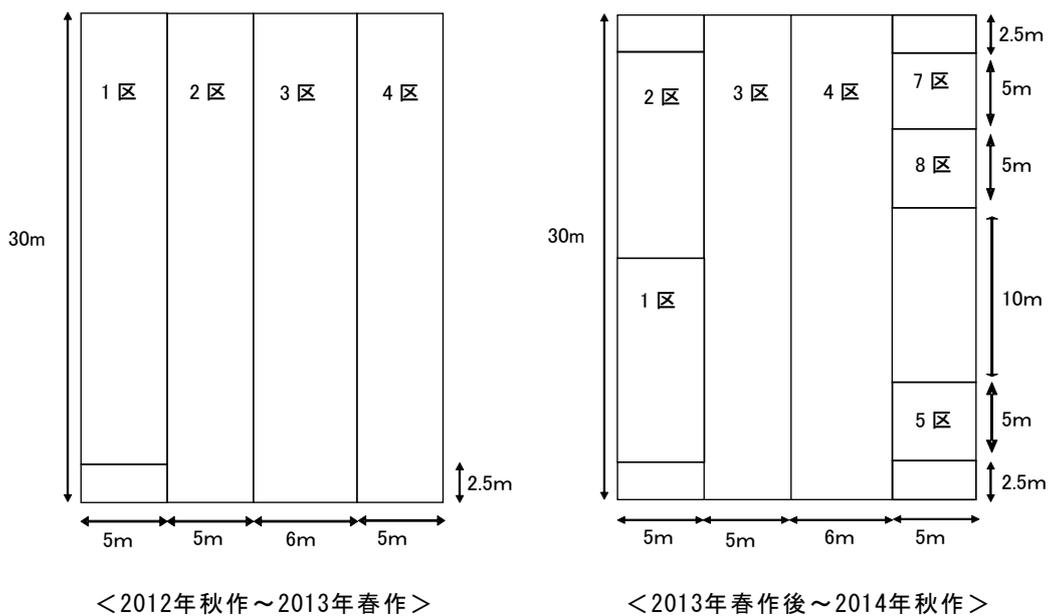


図 1 試験区の配置（長崎県雲仙市小浜町）

(2) 結果および考察

孵化促進物質資材の春作収穫後処理の効果を検討した。

2013年の試験では,春作収穫後の緑肥播種時(6月4日)に,1区に孵化促進物質資材の処理をおこない,卵から孵化した二期幼虫の発生動向を調査した.その結果,1区では処理後に二期幼虫数が減少し,増加を認めなかった(図3左上段).

2014年の試験では,気温が高くなる前の春作収穫直後の5月23日に孵化促進物質資材を処理する8区を設けて調査した.その結果,孵化促進物質資材を処理しない6区では二期幼虫数は増加しなかったが,8区では処理7日後に多数の二期幼虫が認めら

れたことから,有効な処理時期であると考えられた(図5).

なお,2014年は土壌深度別(地表面~10cm,10cm~20cm,20~30cm)に半管状土壌サンプラーにより土壌を採集して調査した結果,二期幼虫数は地表面~10cmの深さの土壌に最も多く,次いで10cm~20cmの深さの土壌に多く,20~30cmの深さの土壌からは僅かに認めるのみであった(図5).それに対し,6月5日の緑肥播種時に孵化促進物質資材を処理した抵抗性品種を4作連作した1区では,処理前後のすべての調査時に二期幼虫を認めなかった(図5).このことから,1区では,土壌中の卵が無いか極めて

低い可能性が考えられ、孵化促進物質資材の効果は検討できなかった。

試験圃場における処理時の土壌水分量は、2013年6月4日が約20%、2014年5月23日は約13%、6月5日は約16%と卵の孵化に好適な範囲であったと考えられた(図11)。また、試験圃場がある雲仙市の気象(長崎県農林技術開発センター馬鈴薯研究室計測)を見ると、処理後10日間の平均地温は、2013年6月4日処理が27.7℃、2014年5月23日処理が26.6℃、6月5日処理が27.8℃、最高地温は2013年6月4日処理が31.1℃、2014年5月23日処理が31.2℃、6月5日処理が32.1℃であり、処理時期が遅い程、温度が高くなった(表5)。本線虫の孵化適温は20℃前後¹⁵⁾とされていることから、気温がより低い春作収穫直後から5月下旬が有効な処理時期であると考えられた。

次に、緑肥鋤き込み時の処理を検討した。

2012年の試験では、緑肥鋤き込み時である8月17日に孵化促進物質資材を処理した1区と孵化促進物質資材を処理しなかった2区の両区とも、処理前後に僅かに二期幼虫を認めたが、両区の差は見られず、孵化促進物質資材の効果は認められなかった(図2)。

2013年の試験では、緑肥鋤き込み時の8月16日に孵化促進物質資材を処理した2区と5区の二期幼虫数を調査した結果、二期幼虫数の増加を認めなかった(図3)。

2014年の試験では、8月18日に孵化促進物質資材を処理した感受性品種の5区で、処理8日後の8月26日に二期幼虫数が急激に増加した後、処理14日後の9月1日には減少した。それに対し、孵化促進物質資材を処理しなかった感受性品種の6区では二期幼虫数の増加を認めなかった(図6)。このことから、孵化促進物質資材の効果は認められた。

なお、2014年は土壌深度別(地表面~10cm, 10cm~20cm, 20~30cm)に半管状土壌サンプラーにより土壌を採集して調査した結果、二期幼虫数は地表面~10cmの深さの土壌に最も多く、次いで10cm~20cmの深さの土壌に多く、20~30cmの深さの土壌からは僅かに認めるのみであった(図6)。この結果は5月下旬処理と同様の傾向を示した。

それに対し、緑肥鋤き込み時(8月18日)に孵化促進物質資材を処理した抵抗性品種を4作連作した2区では、処理前後のすべての調査時に二期幼虫を認めなかった(図6)。このことから2区では、土

壌中の卵が無いが極めて低い可能性が考えられた。

このように、緑肥鋤き込み時の処理では、2012年と2013年は処理後に二期幼虫の増加が認められなかったが、2014年は二期幼虫の増加を認め、年次間で異なる結果が得られた。

そこで、試験圃場のある雲仙市の気象を見ると、遊出が認められなかった2012年は処理後10日間の平均地温が35.5℃(34.3~36.8℃)、最高地温が40.4℃(38.3~42.6℃)であり、2013年は処理後10日間の平均地温が36.8℃(31.8~39.1℃)、最高地温が41.2℃(33.7~44.7℃)と両年とも高かった(表6, 図8, 9, 11)。それに対して、2014年は処理後10日間の平均地温が30.9℃(30.3~31.5℃)、最高地温が33.8℃(32.4~35.7℃)と低かった。このことから、2014年の低い地温は卵の孵化が可能な温度の範囲内にあった可能性が考えられた(表5, 図7, 8, 10)。

併せて、土壌水分量を見ると、2014年は処理時の土壌水分量が約20%で処理後に降雨が連続したことなどの条件が卵の孵化に有効であった可能性も考えられた(図10, 11)。

これまで検討した春作収穫後から緑肥鋤き込みの期間は地温が上昇していく時期に当たり、本線虫の孵化適温より高い温度になることから、地温が低い秋作収穫後の孵化促進物質資材処理の効果を検討した。

2013年秋作収穫後の12月24日に感受性品種区の一部に新たに7区を設け、孵化促進物質資材を処理した。その結果、感受性品種を植え付けた全ての区では、処理前および処理3日後の土壌から二期幼虫を認めたが、2014年1月6日の土壌からは、孵化促進物質資材を処理した7区のみで二期幼虫を僅かに認めた(図4)。このことから、孵化促進物質資材の効果はあらわれた可能性があると考えられたが、試験圃場のある雲仙市の気象を見ると、処理後10日間の平均地温は10.1℃、最低地温は7.7℃と低く、孵化限界温度が5℃¹²⁾、あるいは10℃²⁾といわれ、また、孵化適温が20℃前後¹⁵⁾とされていることから、卵が一斉に孵化するのには好適ではないと推察されることから、処理時期には適さないと考えられた(表5, 図9)。

以上の結果、本県の暖地二期作栽培における孵化促進物質資材の最も有効な施用時期は、バレイショ

の作付がない期間のうち、年間で地温が線虫の孵化適温であるとされる 20℃前後に最も近く、多くの二期幼虫の孵化が認められたことから、春作収穫直後から 5 月下旬までが最も適すと考えられる。なお、2014 年の試験では、8 月中旬の緑肥鋤き込み時期における処理でも孵化促進物質資材の効果が認められたが、これは 2014 年の気温および地温が 2012 年お

よび 2013 年に比べてかなり低く、土壌水分量も高く推移するなど線虫の孵化に好適な条件の年であり、2012～2013 年には同時期の処理で効果が認められなかったことから、安定した効果は期待できないと考えられる。このことから、8 月中旬の緑肥鋤き込み時期は孵化促進物質資材の処理時期には適さないと考えられる。

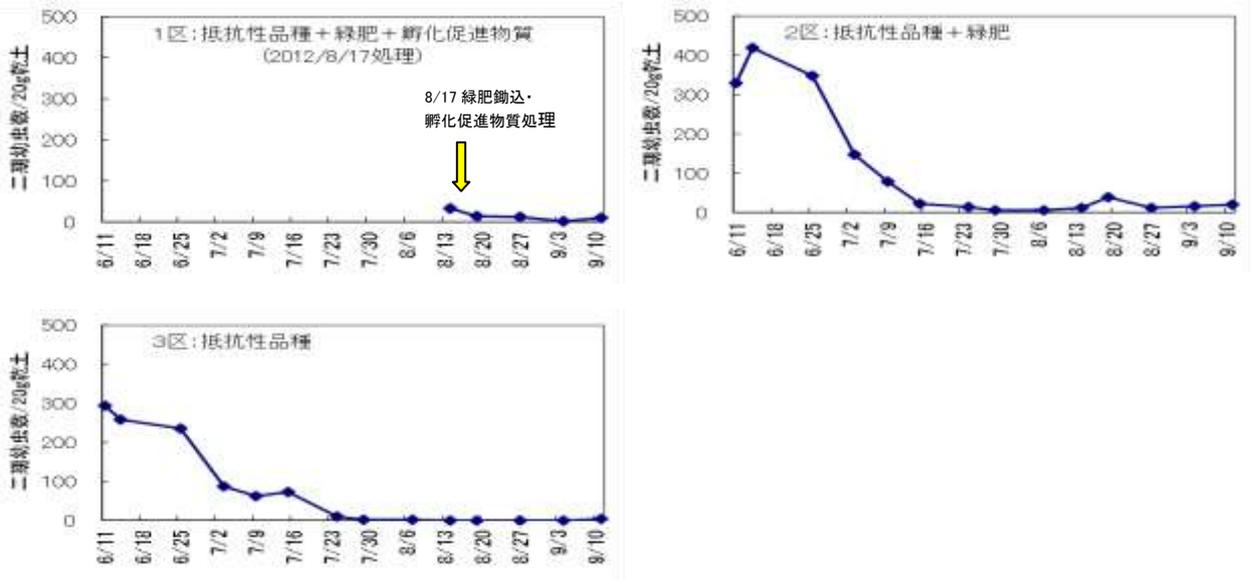


図2 各区土壤中の二期幼虫数の推移 (2012年)

注) 緑肥播種:2012/6/11 緑肥鋤込・孵化促進物質処理:2012/8/17

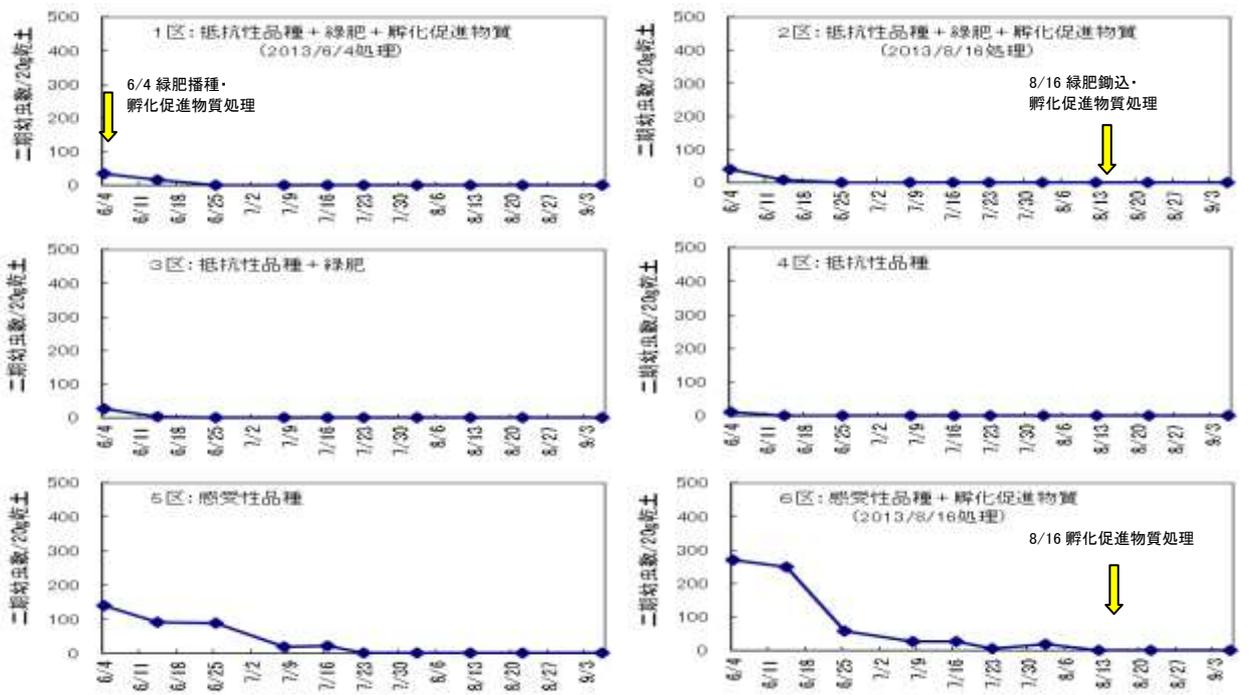


図3 各区土壤中の二期幼虫数の推移 (2013年6月4日～9月6日)

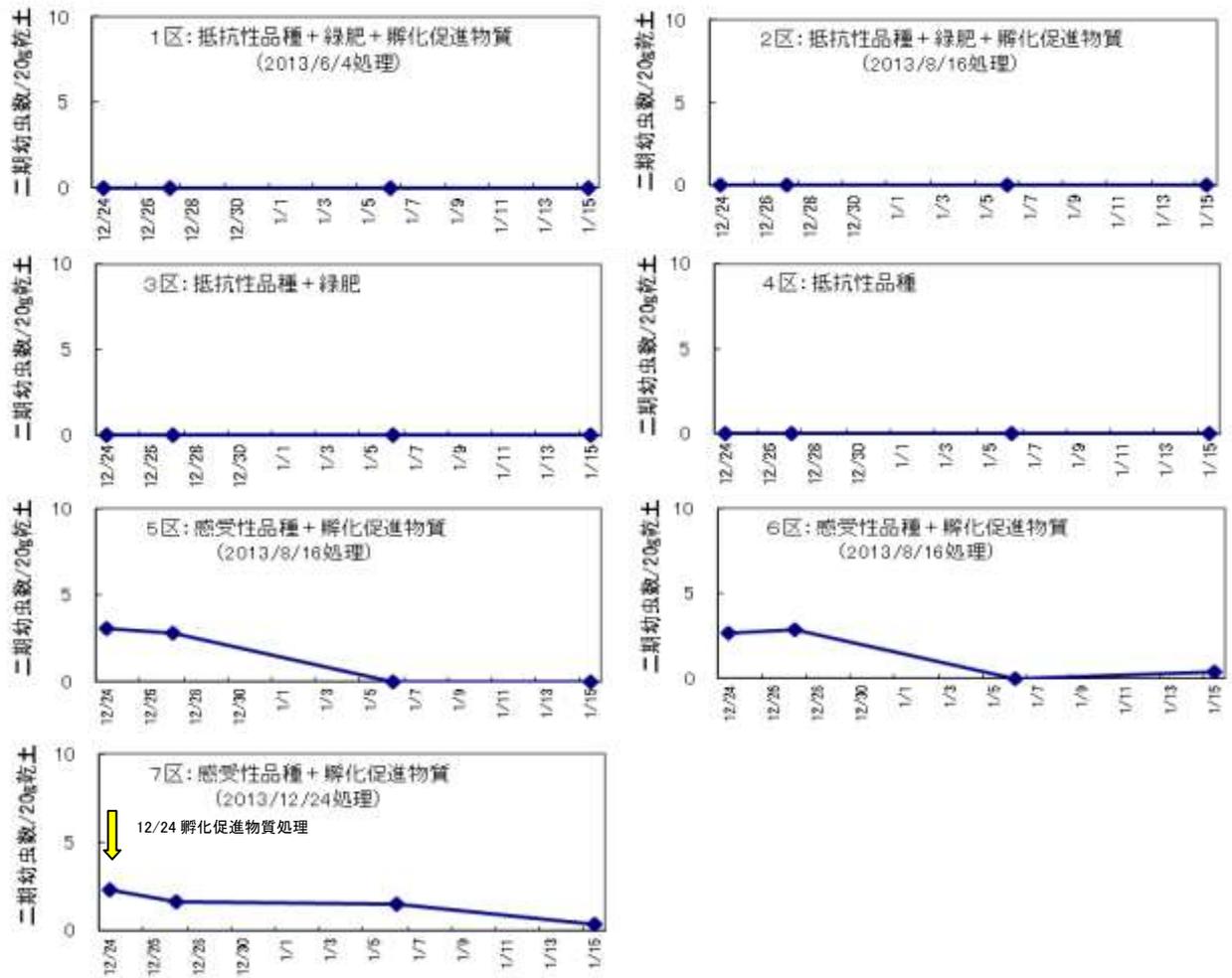


図4 各区土壤中の二期幼虫数の推移 (2013年12月24日～2014年1月15日)

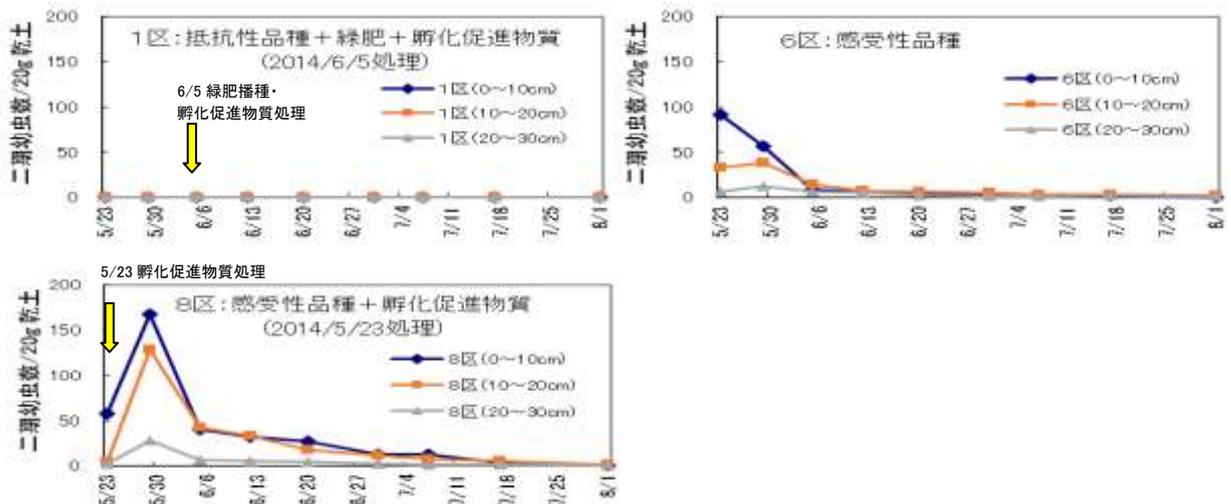


図5 各区土壤中の二期幼虫数の推移 (2014年5月23日～2014年8月1日)

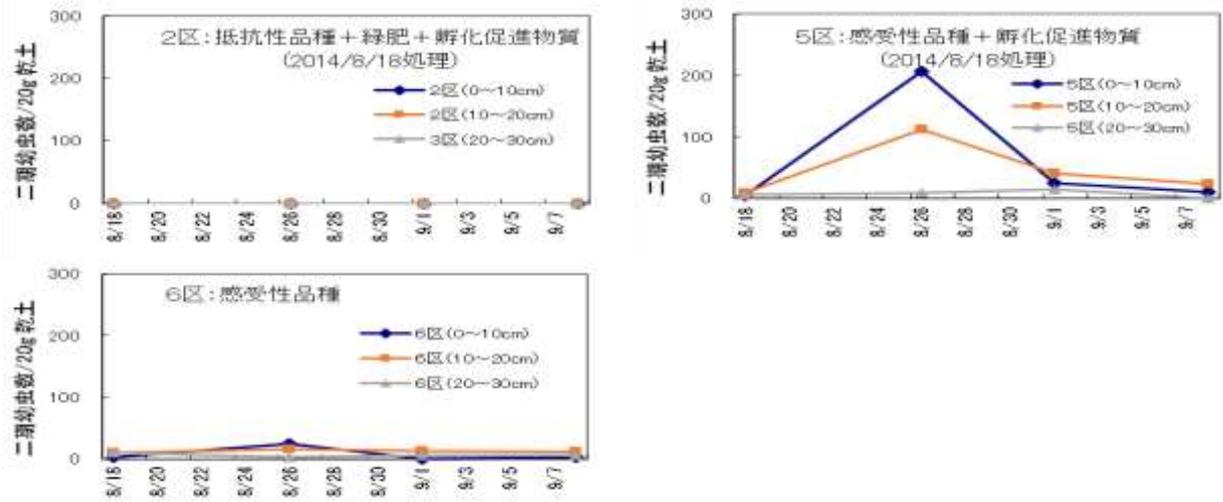


図6 各区土壌中の二期幼虫数の推移 (2014年8月18日~2014年9月8日)

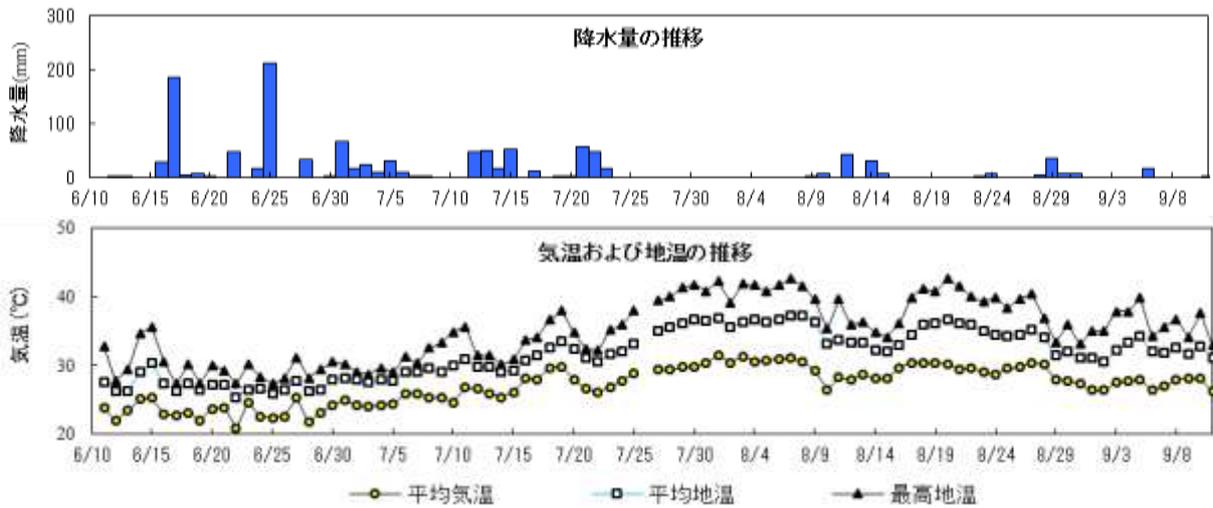


図7 2012年春作後の降水量, 気温および地温の推移 (6月上旬~9月上旬)

注) 雲仙市愛野町(長崎県農林技術開発センター馬鈴薯研究室)測定データ 地温は地表面から20cmの深さを計測 7月26日は欠測値

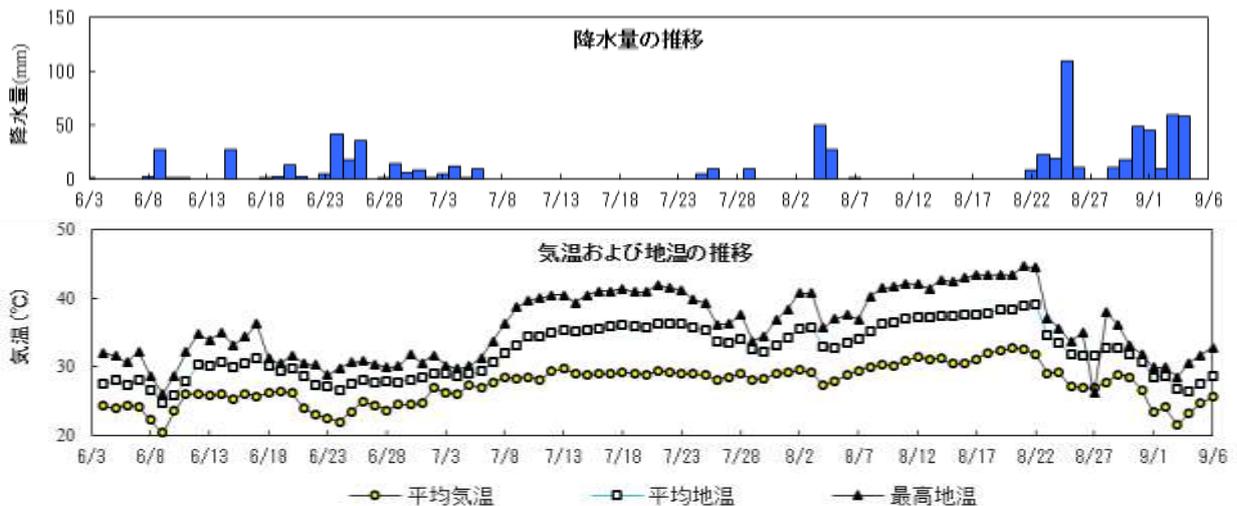


図8 2013年春作後の降水量, 気温および地温の推移 (6月上旬~9月上旬)

注) 雲仙市愛野町(長崎県農林技術開発センター馬鈴薯研究室)測定データ 地温は地表面から20cmの深さを計測

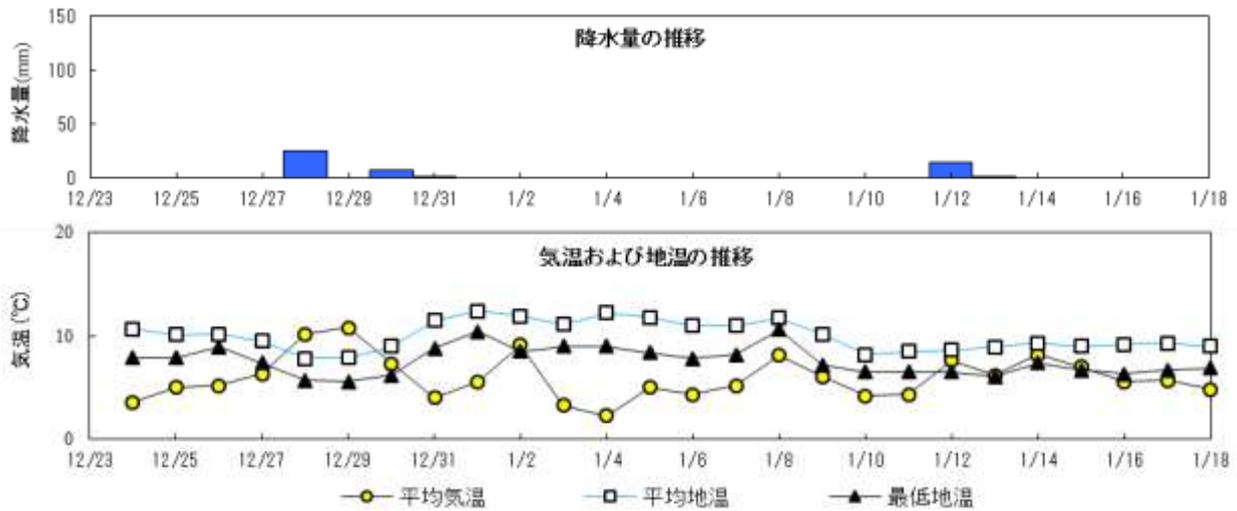


図9 2013年秋作後の降水量，気温および地温の推移（12月下旬～1月中旬）

注）雲仙市愛野町（長崎県農林技術開発センター馬鈴薯研究室）測定データ 地温は地表面から20cmの深さを計測

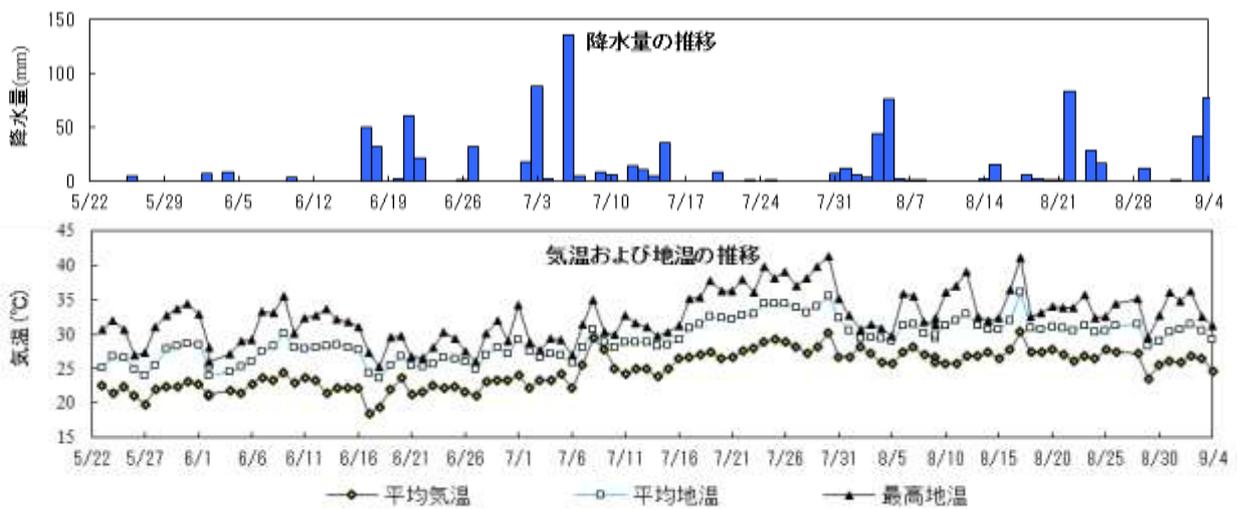


図10 2014年春作後の降水量，気温および地温の推移（5月下旬～9月上旬）

注）雲仙市愛野町（長崎県農林技術開発センター馬鈴薯研究室）測定データ 地温は地表面から20cmの深さを計測

表5 孵化促進物質資材の処理後10日間の気温および地温の比較

試験年次	処理時期	平均気温 (°C)	平均地温 (°C)	最高地温 (°C)	最低地温 (°C)
2012	8/17	29.8	35.5	40.4	31.6
2013	6/4	24.1	27.7	31.1	24.8
	8/16	30.9	36.8	41.2	33.1
	12/24	6.7	10.1	13.3	7.7
2014	5/23	22.0	26.6	31.2	22.5
	6/5	22.9	27.8	32.1	24.3
	8/18	27.2	30.9	33.8	28.8

注）雲仙市愛野町（長崎県農林技術開発センター馬鈴薯研究室）測定データ 地温は地表面から20cmの深さを計測

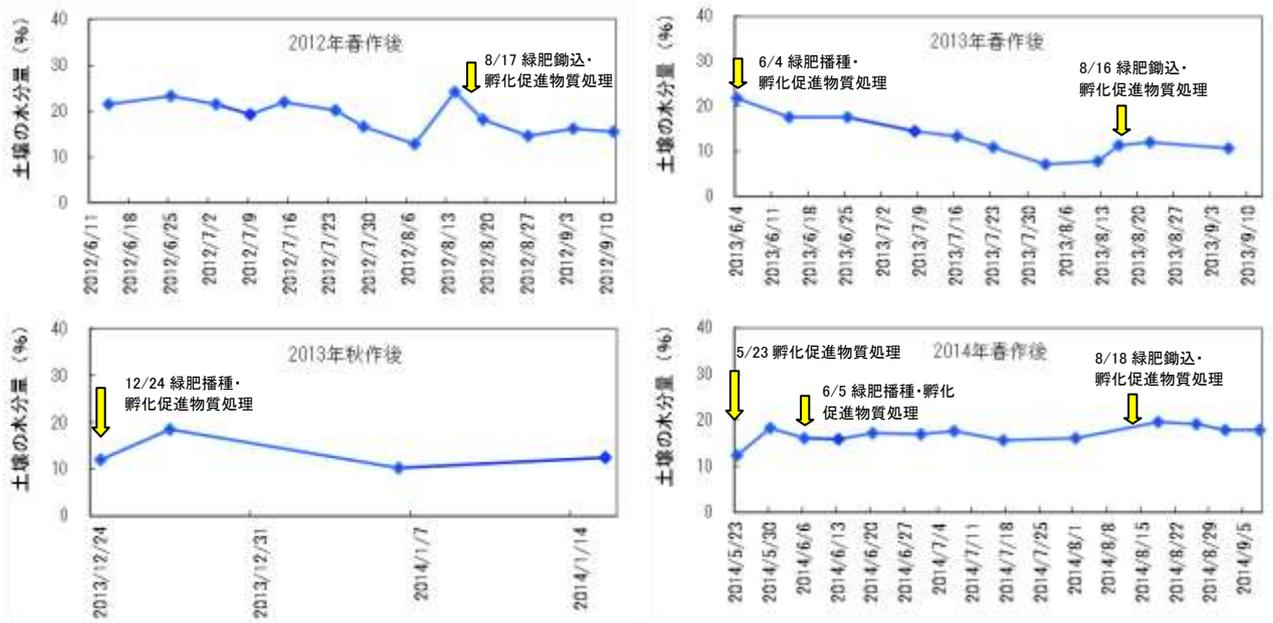


図 1 1 孵化促進物質処理後の土壌水分量の推移

注) 数値は処理区の地表面～20cm深度の土壌水分量(含水率)の平均値を示す

3) 防除モデルの効果

ジャガイモシストセンチュウの根絶を目指した防除モデルを策定するため、ジャガイモ青枯病の発生を回避し線虫低減効果が期待されるイネ科緑肥作物であるスーダングラスの「ねまへらそう」を作付けるとともに、孵化促進物質資材（北海道立総合研究機構工業試験場作製）を処理する区を設け、「春作バレイショ（抵抗性品種）－イネ科緑肥栽培＋孵化促進物質－秋作バレイショ（抵抗性品種）」の輪作を2012年～2014年に長崎県雲仙市小浜町の二期作バレイショ地帯の現地農家圃場（孵化促進物質資材の試験と同一圃場）でおこない、本体系による防除効果を検討した。

(1) 材料および方法

試験は、試験2)と同じ圃場でおこなった（表2～4、図1）。

土壌中の線虫密度調査は、従来法であるシストふるい分け－卵計数法によりおこない、2012年緑肥播種前：6月1日，秋作植付前：9月10日，2013年春作植付前：1月10日，春作収穫後：5月21日，秋作植付前：9月6日，2014年春作植付前：1月15日，春作収穫後：5月23日，秋作植付前：9月8日，秋作収穫後12月9日に採集した各区の土壌について、シスト数および卵数を調査した。

なお、供試した土壌は、各区を9等分した中央部を半管状土壌サンプラー（線虫スコップ）を用いて、地表面から20cmまでの深さまで垂直に採集した。

また、春作および秋作の収穫期（2012年秋作：12月19日，2013年春作：5月13日，2013年秋作：12月10日，2014年春作：5月9日，2014年秋作：12月9日）に各区30株（連続10株×3箇所）のバレイショ根部を掘り上げて、バレイショ根部に寄生するジャガイモシストセンチュウの寄生度を調査し、シスト寄生指数を算出した（表6）。

(2) 結果および考察

7) 2012年

試験を開始した2012年6月1日における各区のシスト数/50g乾土は、平均152.6個(113.0～166.7)、卵数/1g乾土は、22.0個(9.0～36.3)であった。そこで、1区(2013春作収穫後以降は2区)および2区(2013春作収穫後以降は3区)には、6月11日にスーダングラス「ねまへらそう」を植栽した。緑肥の生育状況は、やや区間の差が見られたが、ほぼ良好であった(表7)。2区では、緑肥栽培後に卵数が減少したが、1区では、緑肥栽培後に卵数が増加しており、緑肥の効果は認められなかった(表

8, 図 12).

2012 年秋作収穫期における根部のシスト寄生程度は、感受性品種区で寄生株率が 100%, 寄生指数が 44.2 であったが、ジャガイモシストセンチュウの抵抗性品種「アイユタカ」を植えた区は、いずれの区もシストセンチュウの寄生を認めなかった (表 9) .

感受性品種「ニシユタカ」を植えた 4 区 (2013 年春作収穫後以降は 6 区) では、秋作植付前の 9 月 10 日に採集した土壌の卵数/1g 乾土が 10.0 個であったが、2013 年 1 月 10 日の秋作収穫後には 39.7 個となり、4.0 倍に増加したのに対し、抵抗性品種 + 緑肥 + 孵化促進物質の 1 区 (2013 年春作収穫後以降は 2 区) では秋作植付前が 30.6 個であったが、2013 年 1 月 10 日の秋作収穫後には卵数を認めなかった。しかし、抵抗性品種 + 緑肥の 2 区および抵抗性品種の 3 区 (2013 年春作収穫後以降は 4 区) ではシスト数および卵数の低減が認められなかった。これは、圃場内の線虫密度が不均一に分布しており、密度が高い部分の土壌を採集した可能性があると考えられた。

4) 2013 年

感受性品種を植付けた 4 区 (2013 年春作収穫後以降は 6 区) では、春作植付前の 1 月 10 日の卵数が 39.7 個であり、春作収穫後の 5 月 21 日における卵数が 75.3 個になったことから、春作で感受性品種を 1 作栽培したことにより、卵数は 1.9 倍に増加した。

それに対し、抵抗性品種を作付けた 3 区 (2013 年春作収穫後は 4 区) では、1 月 10 日の卵数が 27.4 個であり、5 月 21 日の卵数が 7.0 個であることから、春作で抵抗性品種を 1 作栽培したことにより、卵数は 0.26 倍となり低減率は 74.5% であった。また、春作植付により、抵抗性品種を作付けた各区とも、シスト数の低減が認められた (表 8, 図 12)。

秋作栽培では、感受性品種区である 6 区の秋作植付前の 9 月 6 日における卵数が 30.3 個であり、秋作収穫後の 2014 年 1 月 15 日における卵数が 48.5 個となったことから、感受性品種の秋作栽培により、卵数は 1.6 倍に増加した。それに対し、抵抗性品種の各区では秋作植付前の線虫密度が低かったことから、低減効果は判然としなかった (表 8, 図 12)。

また、1~3 区には、緑肥の「ねまへらそう」を植付けたが、発芽および生育は概ね良好であり、細断時における生体重は、1 m² 当たり 1 区が 4.9kg, 2 区が 5.2kg, 3 区が 4.5kg であった (表 7) . 抵抗性品

種 + 緑肥の 3 区と抵抗性品種の 4 区における緑肥播種前の卵数は、3 区が 1.0 個、4 区が 7.0 個と既にかなり低減しており、緑肥の効果は検討できなかった (表 8, 図 12)。

5 月 13 日の春作収穫時におけるバレイショ根部のシスト着生状況は、抵抗性品種区である 1~3 区 (2013 年春作収穫後は 1~4 区) ではいずれも寄生を認めなかったが、感受性品種区である 4 区 (2013 年春作収穫後は 6 区) の寄生株率は 100%, 寄生指数は 83.3 と高かった (表 9) . 12 月 10 日の秋作収穫時におけるバレイショ根部のシスト着生状況は、抵抗性品種を作付けた 1~4 区では寄生を認めなかったが、感受性品種を作付けた 5~7 区の寄生株率はいずれも 100% で、寄生指数は 5 区が 47.5, 6 区および 7 区が 35.0 であった (表 9)。

5) 2014 年

2014 年春作前後のシスト数および卵数は、感受性品種を作付けた 6~7 区では、両区とも春作後の数値が春作前に比べて増加した。抵抗性品種を作付けた 1~4 区では、シスト数はやや認められるが卵数はさらに低密度となった。2014 年秋作前の各区土壌中のシスト数および卵数は、感受性品種を作付けた 5~7 区では、春作後に比較していずれの区も減少したが、秋作の作付けにより再び増加した。感受性品種の 6 区では、秋作植付前の 9 月 8 日の卵数が 30.2 個、秋作収穫後の 12 月 9 日には 53.7 個であり、約 1.8 倍増加したのに対し、感受性品種 + 孵化促進物質 (春作後) の 8 区では、秋作植付前の卵数が 30.3 個から秋作収穫後には 32.3 個と増加率が約 1.1 倍に抑えられたことから、孵化促進物質資材の春作後 1 回処理により秋作栽培における卵数の増加を 40% 抑制したと考えられた (表 8, 図 12)。

また、抵抗性品種区である 4 区の春作前の卵数が 6.6 個、春作後が 2.1 個であることから、春作で抵抗性品種を 1 作栽培したことによる卵数低減率は、68.2% であった。抵抗性品種を作付けた 1~4 区は、抵抗性品種の 4 作連続作付けとなる 2014 年春作後には、すべての区で卵数は極めて低い密度になった (表 8, 図 12)。

春作収穫期にバレイショ根部のシスト着生状況を調査した結果、抵抗性品種区である 1~4 区では寄生を認めなかったが、感受性品種である 5~7 区の寄生株率が 100% であり、寄生指数は感受性品種の 6 区が 51.7 であったのに対し、感受性品種 + 孵化促進物

質（8月中旬処理）の5区が51.7，感受性品種＋孵化促進物質（2013年12月24日処理）の7区が33.3とやや低かった（表9）。

秋作収穫期にバレイショ根部のシスト着生状況を調査した結果，抵抗性品種の1～4区ではいずれも寄生を認めなかったが，感受性品種の5～8区では寄生株率が100%であり，寄生指数は感受性品種の6区が72.5であったのに対し，感受性品種＋孵化促進物質（8月中旬処理）の5区が73.3，感受性品種＋孵化促進物質（2013年12月24日処理）の7区が74.2とほぼ同程度であったが，感受性品種＋孵化促進物質（2014年5月23日処理）の8区が50.8とやや低かった（表9）。

2012年～2014年の結果をまとめると，2012年春作収穫後の試験開始時から，感受性品種区では試験期間中を通して，多数のシスト数および卵数が認め

られた。収穫期におけるバレイショ根部のシスト寄生程度もやや高い状況で推移しており，同様の傾向を示した。それに対し，抵抗性品種を作付けた1～4区では，いずれの区でもシスト数および卵数が極めて低い密度になった（表8，9，図12）。

これらのことから，長崎県の暖地二期作バレイショ栽培におけるジャガイモシストセンチュウ汚染圃場での根絶を目指した防除モデルは，抵抗性品種の春作と秋作の連作が有効であると考えられた。なお，孵化促進物質資材については，本試験結果から地温や土壌水分量等の要因により効果が不安定ではあるが，春作収穫直後～5月下旬処理の有効性が認められたことから，密度低減効果をさらに高める資材としての活用が期待できると考える。一方，緑肥植物のスーダングラス「ねまへらそう」による密度低減効果はないものと考えられる。

表6 ジャガイモシストセンチュウ寄生程度およびシスト寄生指数

階級値	寄生程度
0	シストが全く認められない
1	シストがごく僅かに認められる（ようやく認められる）
2	シスト中程度認められる（散見される）
3	シストが多数認められる
4	シストが極めて多数認められる（密集している）

注）シスト寄生指数＝（階級値×当該株数）／（調査株数×4）×100

表7 緑肥の生育状況

区分	草丈（cm）			生重（kg/m ² ）		
	2012年	2013年	2014年	2012年	2013年	2014年
1区	156.1	210.7	146.2	5.3	4.9	2.6
2区	142.6	215.2	138.8	4.2	5.2	3.2
3区	158.7	199.8	150	7.3	4.5	3.2

注）数値は3ヶ所調査の平均値

表8 各区の処理内容と土壌中のシスト数および卵数の推移

<シスト数/50g 乾土>										
区 No.	処理内容	春作後 2012/6/1	秋作前 2012/9/10	春作前 2013/1/10	春作後 2013/5/21	秋作前 2013/9/6	春作前 2014/1/15	春作後 2014/5/23	秋作前 2014/9/8	秋作後 2014/12/9
1区	抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥播種時)				4.3	0.3	5.0	5.0	5.0	10.3
2区	抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥鋤込時)	113.0	48.3	95.0	4.3	2.0	5.7	12.0	5.0	6.0
3区	抵抗性品種+緑肥	177.7	40.3	150.3	6.7	1.0	16.0	11.7	8.3	12.7
4区	抵抗性品種	166.7	13.7	130.3	9.7	2.3	14.7	15.3	7.3	27.7
5区	感受性品種+孵化促進物質(2013/8/16,2014/8/18)					24.7	37.3	57.7	18.3	60.7
6区	感受性品種	153.0	12.7	134.3	64.7	17.3	43.3	61.0	20.7	61.3
7区	感受性品種+孵化促進物質(2013/12/24)						27.7	41.0	24.0	67.3
8区	感受性品種+孵化促進物質(2014/5/23)							38.7	34.3	65.0

<卵数/1g 乾土>										
区 No.	処理内容	春作後 2012/6/1	秋作前 2012/9/10	春作前 2013/1/10	春作後 2013/5/21	秋作前 2013/9/6	春作前 2014/1/15	春作後 2014/5/23	秋作前 2014/9/8	秋作後 2014/12/9
1区	抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥播種時)				4.7	0.7	1.6	0	0.4	1.0
2区	抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥鋤込時)	9.0	30.6	0	4.7	1.0	4.7	0	0.3	0.7
3区	抵抗性品種+緑肥	14.9	9.2	11.9	1.0	0.3	10.6	4.5	3.0	3.0
4区	抵抗性品種	36.3	9.6	27.4	7.0	3.3	6.6	2.1	2.8	3.3
5区	感受性品種+孵化促進物質(2013/8/16,2014/8/18)					25.0	43.1	91.2	23.6	45.3
6区	感受性品種	27.6	10.0	39.7	75.3	30.3	48.5	90.5	30.2	53.7
7区	感受性品種+孵化促進物質(2013/12/24)						38.3	55.2	23.7	51.3
8区	感受性品種+孵化促進物質(2014/5/23)							76.0	30.3	32.3

注) 2013 年秋作以降の区名(表 3)で記載 数値は 3 回調査の平均値

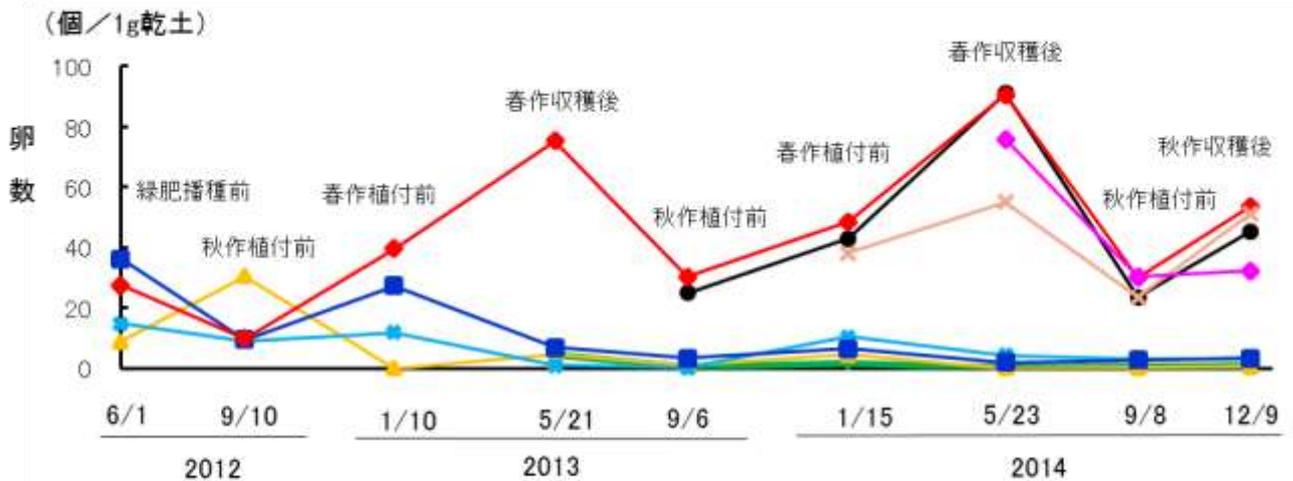


図12 シスト数および卵数の推移(2012年~2014年)

- 1区: 抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥播種時処理)
- 2区: 抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥鋤込時処理)
- 3区: 抵抗性品種+緑肥
- 4区: 抵抗性品種
- 5区: 感受性品種+孵化促進物質(8月中旬処理)
- 6区: 感受性品種
- 7区: 感受性品種+孵化促進物質(秋作収穫後処理)
- 8区: 感受性品種+孵化促進物質(春作収穫後処理)

表9 各収穫期のパレイシヨ根部に寄生するジャガイモシストセンチウ寄生指数

区 No : 処理内容	2012 秋作	2013 春作	2013 秋作	2014 春作	2014 秋作
1区: 抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥播種時)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2区: 抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥鋤込時)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3区: 抵抗性品種+緑肥	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4区: 抵抗性品種	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5区: 感受性品種+孵化促進物質(2013/8/16, 2014/8/18)			47.5	51.7	73.3
6区: 感受性品種	44.2	83.3	35.0	51.7	72.5
7区: 感受性品種+孵化促進物質(2013/12/24)			35.0	33.3	74.2
8区: 感受性品種+孵化促進物質(2014/5/23)				50.8	50.8

注) 表中の数値は寄生程度(指数) 各区30株(10株×3箇所)調査
調査日は、2012秋作:12/19, 2013春作:5/13, 2013秋作:12/10, 2014春作:5/9, 2014秋作:12/9

3. ジャガイモシストセンチュウの根絶を確認するための手法

寄生活性のある線虫のみを簡便かつ高精度に検出できるとされるプラスチックカップ検診法⁷⁾の暖地二期作バレイショ栽培での実用性を検証するとともに、有効な土壌サンプリング法について検討した。これまで、ジャガイモシストセンチュウの土壌中の垂直分布については、高倉ら¹⁰⁾が北海道の耕土の深さが30cmの圃場で調査をおこない、線虫密度が深さ30cmまではほぼ均一に分布し、30cm以下は極めて低密度であったと報告しているが、暖地二期作栽培での垂直分布は明らかにされていない。そこで、本県での線虫の採集時期と垂直分布の関係並びに最も有効なサンプリング方法および時期を明らかにするために、調査を実施した。

(1) 材料および方法

2013年春作植付前：1月10日，2013年春作収穫後：5月21日，2013年秋作植付前：9月6日，2014年春作植付前：1月15日，2014年春作収穫後：5月23日，2014年秋作植付前：9月8日に各試験区から採集した土壌について、従来法（シストふるい分けー卵計数法）で調査した土壌と同一の試料を用いて、プラスチックカップ検診法をおこない新生シスト数を調査した。

プラスチックカップ検診法は、供試土壌40gを透明のプラスチックカップに入れ、ジャガイモシストセンチュウの感受性である「ニシユタカ」の催芽処理をした20g程度の小粒いもを、18℃の暗黒条件で栽培した。2013年春作植付前：1月10日は各区6反復とし、64日後に肉眼でカップ外側から根に形成された新生シスト数を計数した。2013年春作収穫後：5月21日も同様の試験を各区9反復でおこない、60日後に調査した。2013年秋作植付前：9月6日，2014年春作植付前：1月15日，2014年春作収穫後：5月23日，2014年秋作植付前：9月8日は、いずれも各区4反復とし、60日後に調査した。

さらに、土壌の深度別に線虫密度調査をおこなった。上記の土壌採集時期のうち、2013年秋作植付前：9月6日，2014年春作植付前：1月15日，2014年春作収穫後：5月23日，2014年秋作植付前：9月8日には、採集各試験区の土壌を3段階の深度（地表面～10cm，10cm～20cm，20～30cm）別に半管状土壌サンプラーにより採集し、同一試料を用いて

従来法とプラスチックカップ検診法の両手法により線虫密度を調査した。なお、土壌採集にあたっては、採集箇所による線虫密度のばらつきがないよう、半管状土壌サンプラーで開けた穴を垂直に地表面から3段階の深度別に採集した。

また、従来法で僅かに検出される卵の生死を見極めるために、2014年9月8日の各試験区から採集した土壌について、卵の活性の有無を調査した。調査は、乾燥土壌50gから従来法によりシストを分離後、50mlのビーカーにシストを入れて、40mlの水とともにハンドホモジナイザーを用いてシストを破碎し、水を加えて50mlにして約14日間冷蔵した。その後、上澄みを捨て、10mlにして22℃に7日間静置した後、卵の懸濁液に孵化促進物質ソラノエクレピンA水溶液¹¹⁾（ 2×10^{-9} g/ml）を添加してよく攪拌し、22℃で10日間静置して卵を孵化させ、ベールマン法により72時間後に分離された二期幼虫数を調査した。

(2) 結果および考察

従来法であるシストふるい分けー卵計数法による卵数とプラスチックカップ検診法による新生シスト数を比較すると、ほぼ同様の傾向が見られ（図13～17）、調査結果には高い相関が認められた（図18）。

しかし、2014年春作収穫後および2014年秋作植付前の土壌サンプルを用いた従来法による卵数は、感受性品種のニシユタカを作付けた5～8区各深度とも認められたが、抵抗性品種のアイユタカを作付けた1～4区は、各深度とも極めて低い密度になった。それに対し、同一試料を用いておこなったカップ法による新生シスト数は、感受性品種のニシユタカを作付けた5～8区では、従来法による卵数と同様の傾向であったが、抵抗性品種のアイユタカを作付けた1～4区は、全ての区で新生シストの発生を認めなかった（図16，17）。このように、抵抗性品種の連作による線虫の低密度条件下の調査では、両手法間で異なる結果が得られた。

そこで、僅かに検出される卵の活性の有無を見極めるために、2014年秋作植付前土壌から採集した卵の懸濁液に、孵化促進物質ソラノエクレピンA水溶液¹¹⁾（ 2×10^{-9} g/ml）を添加して、孵化させた二期幼虫をベールマン法により分離して、72時間後に調査した。その結果、秋作植付前の感受性品種を作付

ける 5～8 区の土壌からは二期幼虫の遊出を認めたが、抵抗性品種を作付ける 1～4 区の土壌からは二期幼虫を確認できなかった（図 19）。

このように、卵の活性が認められなかったことから、肉眼で生死の判定をおこなう従来法では活性のない卵を生卵として計数していると考えられた。このことから、線虫の絶滅を見極めるような低密度下における検診では、活性のある卵のみがカップ内に新生シストを形成し、そのシスト数を調査するプラスチックカップ検診法の精度が高いことが明らかになった（図 17, 19）。

次に、線虫の垂直分布を明らかにするため、各区の土壌を深度別に採集し、カップ法による新生シスト数および従来法による生卵数を調査して、土壌深度と線虫密度の関係を比較した。その結果、両手法ともいずれの採集時期の土壌からも、地表面～10cm の深さの土壌に最も多く、次いで 10～20cm, 20～30cm の深さの順に多いことが明らかになった（図 14

～17）。

次に、感受性品種の「ニシユタカ」を連続栽培した区における採集時期と線虫密度の関係を見ると、2013 年秋作植付前の 9 月 6 日、2013 年春作植付前の 1 月 10 日および 2014 年春作植付前の 1 月 15 日、2014 年秋作植付前の 9 月 8 日より、2013 年春作収穫後の 5 月 21 日および 2014 年春作収穫後の 5 月 23 日に採集した土壌中の卵密度が高かった（図 13～17）。このことは、本県の暖地二期作バレイショ栽培では、土壌中の線虫密度は一年間で最も春作収穫後に高くなることを示している。

これらのことから、長崎県の暖地二期作バレイショ栽培において線虫の根絶を確認する手法として、春作収穫後の耕耘直後に地表面～10 cm の深さの土壌を採集し、プラスチックカップ検診法で新生シストの形成を確認することが最も有効であると考えられる。

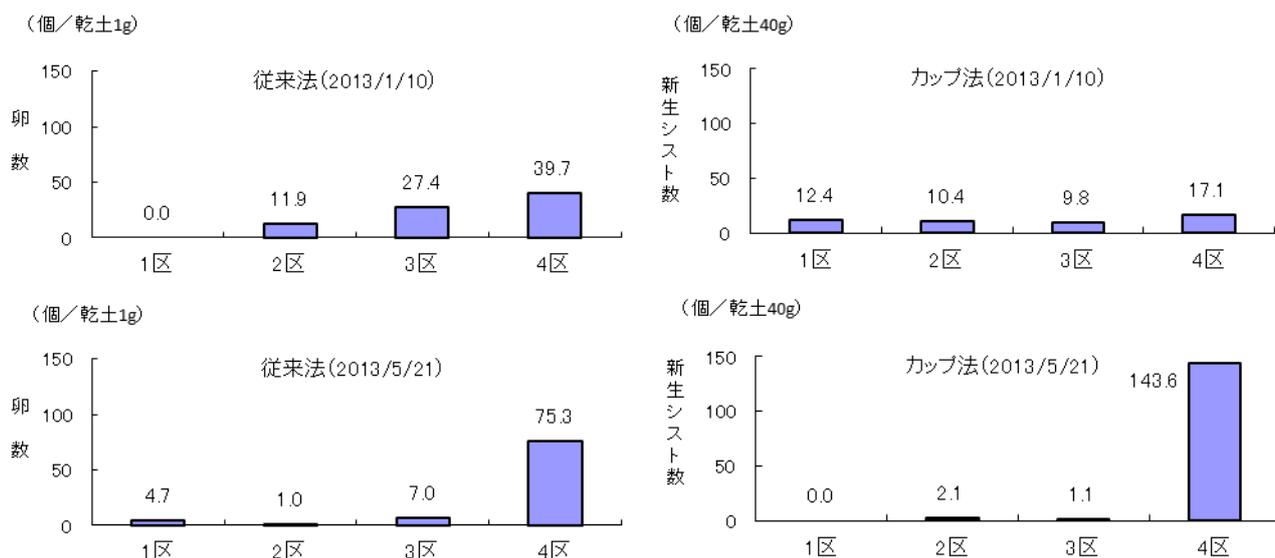


図 13 従来法とプラスチックカップ検診法による線虫検出精度の比較

注) 供試土壌は、春作定植前（2013年1月10日）および春作収穫後（2013年5月21日）に耕耘後の土壌を採集
従来法はシストふるい分け-卵計数法による卵数, カップ法は18℃の暗所で春作定植前は64日間, 春作収穫後は60日間
栽培後の新生シスト数 卵数は3反復, 新生シスト数は春作定植前が6反復, 春作収穫後が9反復の平均値

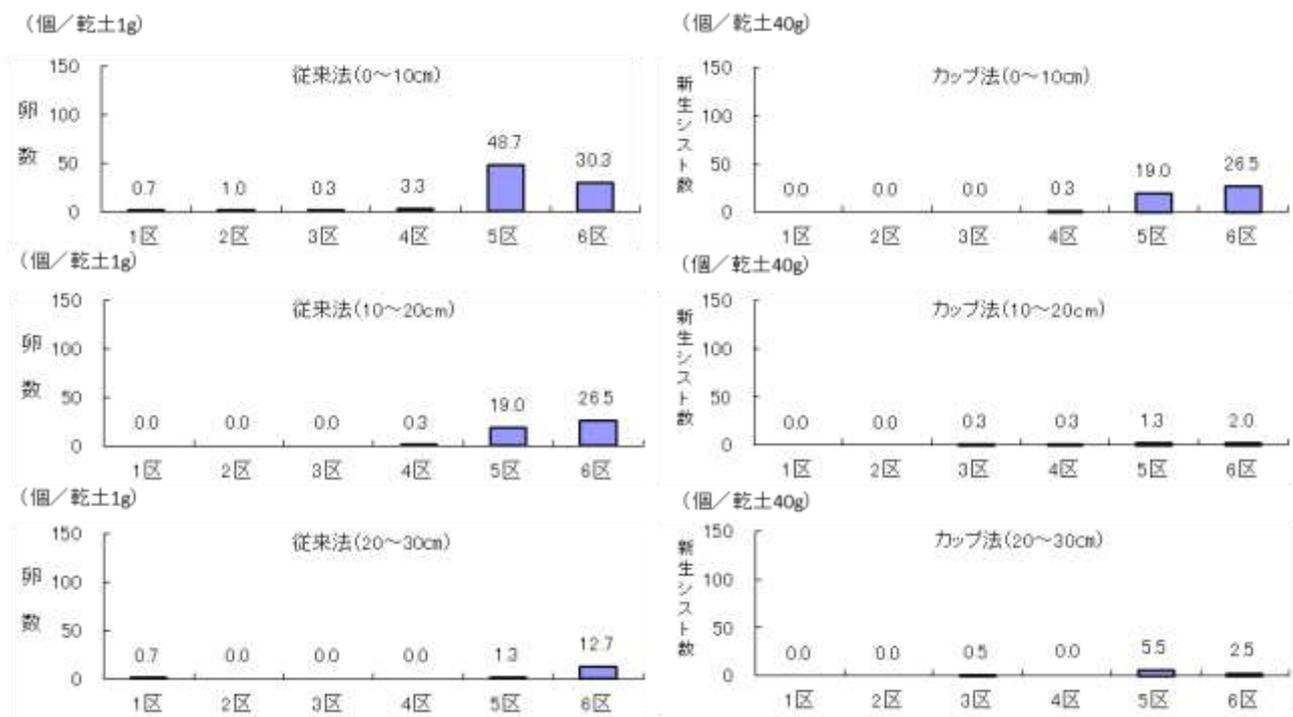


図 1 4 2013年秋作植付前（2013年9月6日）土壌における線虫の垂直分布

注) 供試土壌は、半管状土壌サンプラーにより深度別に各区 60 箇所を採集。カップ法は 18℃の暗所で 60 日間栽培後に調査。卵数（従来法）は 3 反復、新生シスト数（カップ法）は 4 反復の平均値

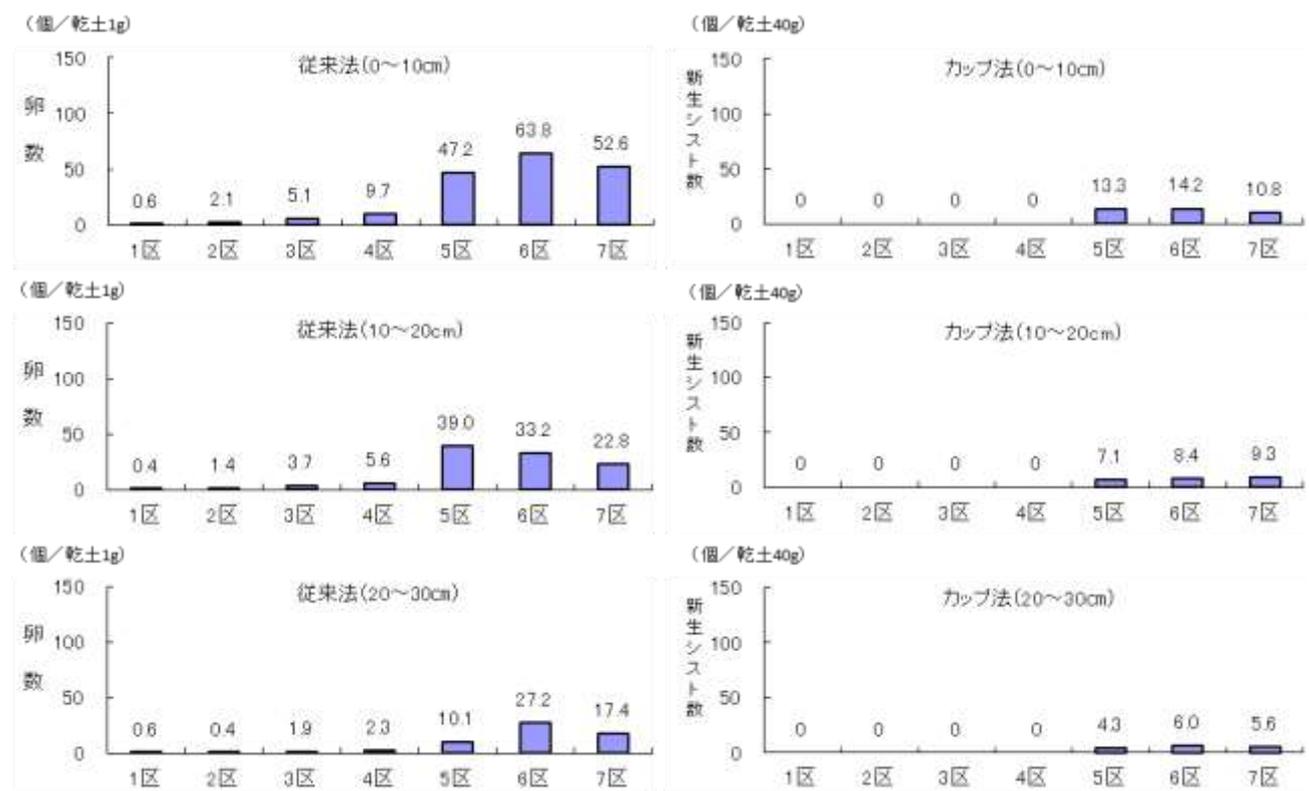


図 1 5 2014年春作植付前（2014年1月15日）土壌における線虫の垂直分布

注) 供試土壌は、半管状土壌サンプラーにより各区 30 箇所の土壌を深度別に採集。カップ法は 18℃の暗所で 60 日間栽培後に調査。卵数（従来法）は 3 反復、新生シスト数（カップ法）は 4 反復

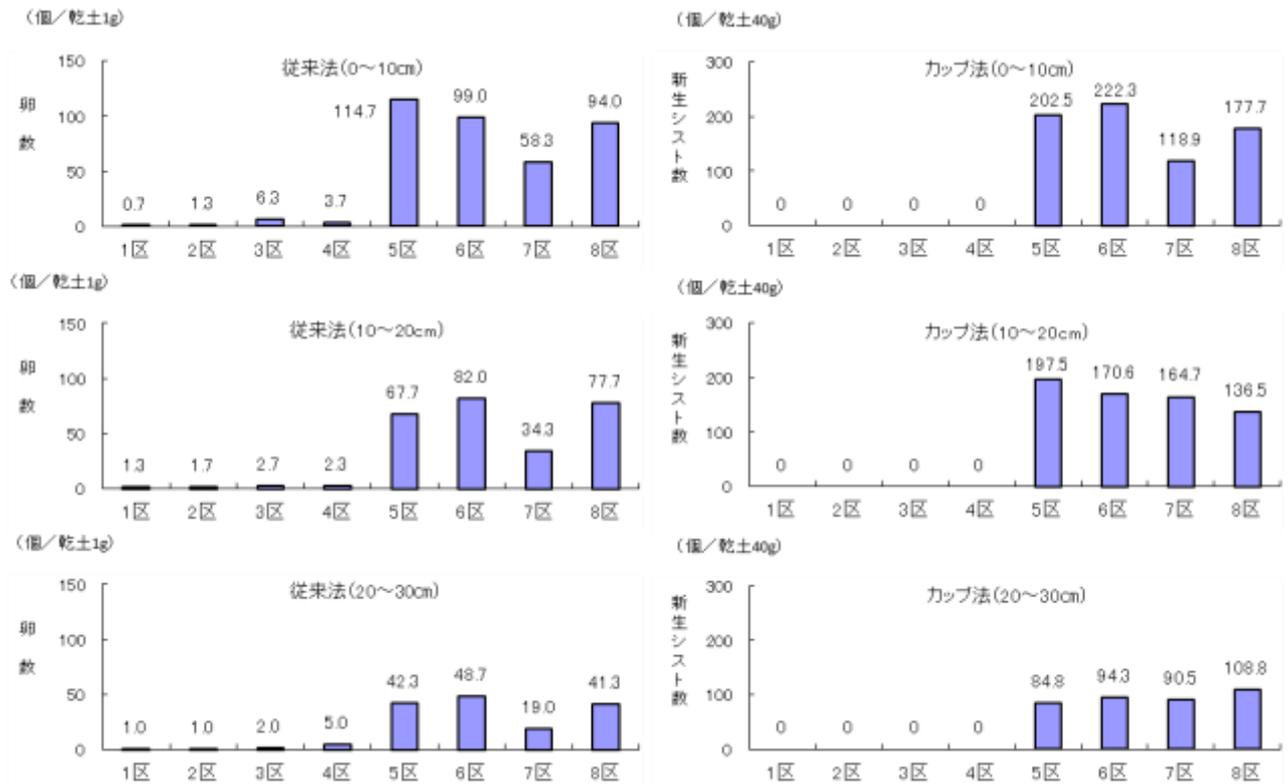


図 16 2014年春作収穫後（2014年5月23日）土壌における線虫の垂直分布

注) 供試土壌は、半管状土壌サンプラーにより各区 30 箇所の土壌を深度別に採集
 カップ法は 18°Cの暗所で 60 日間栽培後に調査 卵数（従来法）は 3 反復、新生シスト数（カップ法）は 4 反復の平均値

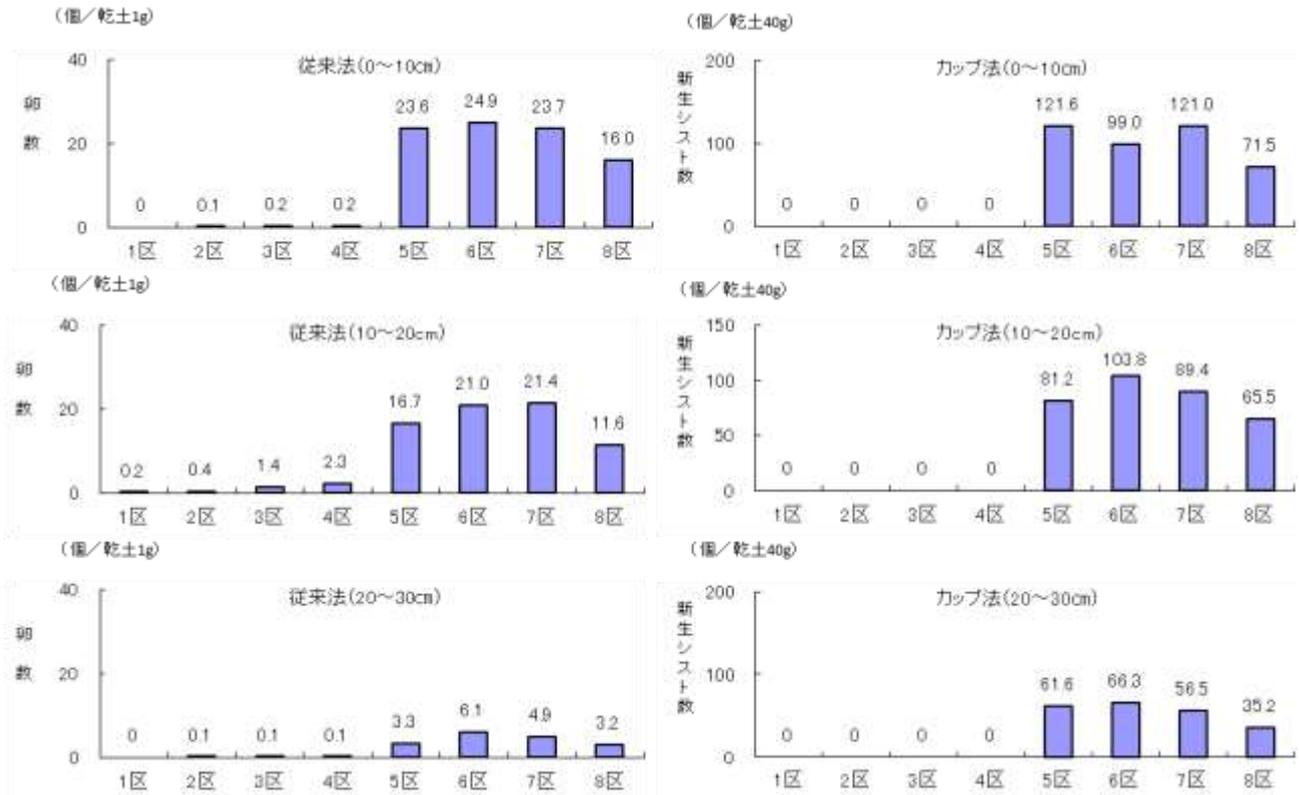


図 17 2014年秋作植付前（2014年9月8日）土壌における線虫の垂直分布

注) 供試土壌は、半管状土壌サンプラーにより各区 30 箇所の土壌を深度別に採集
 カップ法は 18°Cの暗所で 60 日間栽培後に調査 卵数（従来法）は 3 反復、新生シスト数（カップ法）は 4 反復

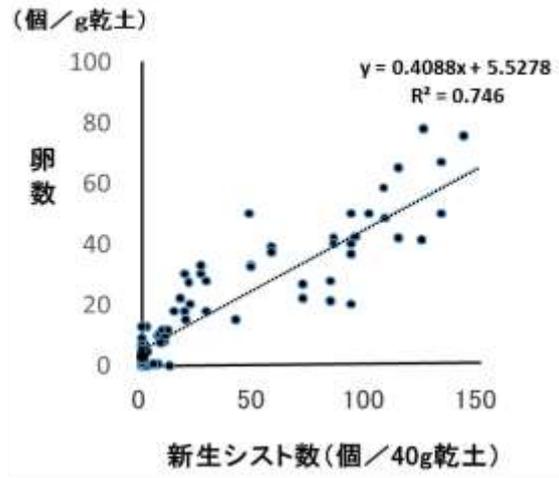
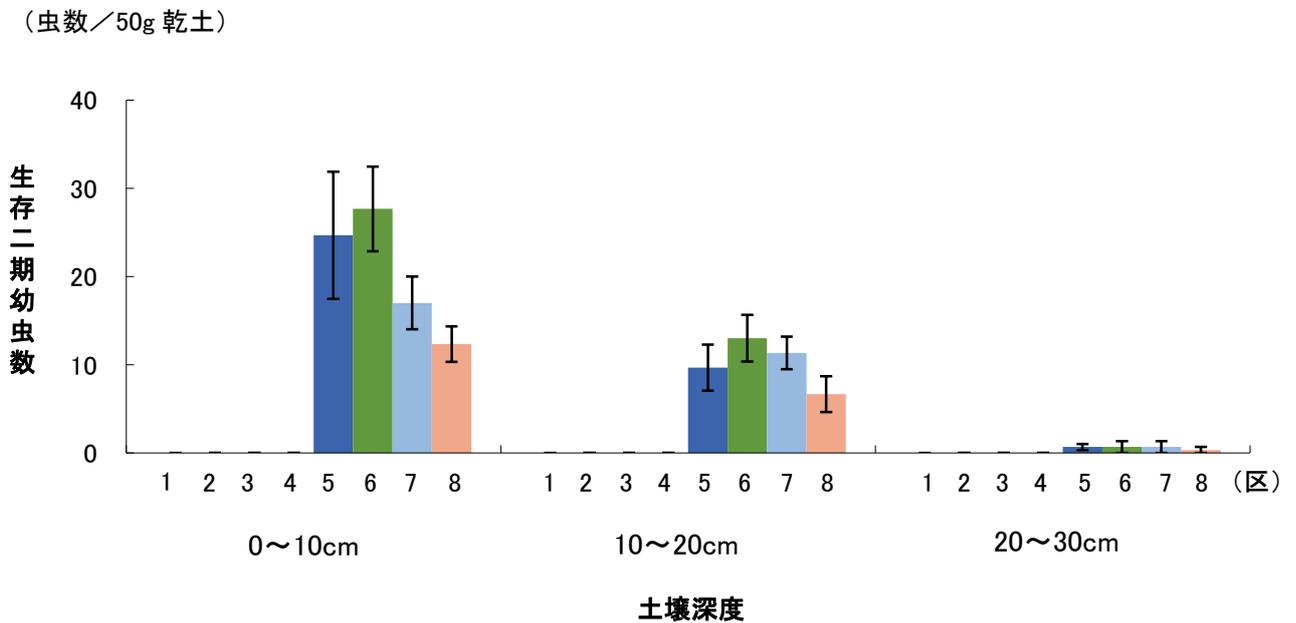


図18 カップ法による新生シスト数と従来法による卵数の関係 (n=107)



- 1区: 抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥播種時)
- 2区: 抵抗性品種+緑肥+孵化促進物質(緑肥鋤込時)
- 3区: 抵抗性品種+緑肥
- 4区: 抵抗性品種
- 5区: 感受性品種+孵化促進物質(8月中旬)
- 6区: 感受性品種
- 7区: 感受性品種+孵化促進物質(秋作後)
- 8区: 感受性品種+孵化促進物質(春作後)

図19 2014年秋作植付前(2014年9月8日) 土壤における土壤深度と生存二期幼虫数

注) 各区土壤から分離したシストを破碎して得られた卵の懸濁液に孵化促進物質ソラノエクレピンA水溶液を加用して孵化させた後、ペールマン法により72時間後に分離された二期幼虫数を調査した。抵抗性品種の1~4区は全深度とも発生を認めず、数値は3反復の平均値を示す。エラーバーは標準誤差。

4. 総合考察

本研究では、本県の二期作栽培バレイショ栽培で発生している難防除害虫であるジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) に対して、防除効果の高い技術を開発し、既存の防除技術と組み合わせることで本線虫の根絶を目指した防除モデルを策定することを目的として2012年春作後から2014年秋作収穫後まで圃場試験に取り組んだ。

そこで、最も防除効果の高い技術であると考えられる抵抗性品種の連続栽培をおこなった結果、2作連続栽培で線虫密度は極めて低くなり、抵抗性品種4作連続作付け後の卵の活性調査により、生存二期幼虫数が認められないことから、抵抗性品種区のシストセンチュウは根絶された可能性があると考えられた。しかし、厳密なレベルでの根絶を証明するためには、さらに継続的な調査が必要であると考えられる。

なお、試験圃場の線虫密度や土壌および気象等の条件が異なる条件下による試験も必要であり、今後、さらに試験データを蓄積して、これらの条件と根絶の関係を明らかにしていかなければならないと考える。

次に、防除効果の高い技術として期待される孵化促進物質資材の暖地二期作栽培における有効な処理時期について検討したが、試験年次あるいは処理時期により、効果が安定しなかった。これは処理時期の地温や土壌水分量等の要因によるものと考えられたが、生産現場への普及を

考えると、さらに効果を安定させる技術の開発が必要である。本研究では、春作収穫直後の処理で効果が認められたが、今後も試験事例を増やして検討していく必要がある。

対抗植物として有効な緑肥植物の選定をポット試験でおこなった結果、本線虫の密度低減効果が期待されるナス科植物は、青枯病の発生を助長する可能性があることから、利用できないことが明らかになった。そこで、青枯病に罹病性でなく、後作バレイショで発生が認められなかった植物の中から、生育量が多かったスーダングラスの「ねまへらそう」を選定し、圃場試験でジャガイモシストセンチュウに対する密度低減効果を検討したが、本試験では効果が判然としなかったことから、これからも検討が必要である。

また、ジャガイモシストセンチュウの根絶を確認するための手法について、暖地二期作栽培における土壌の有効な採集時期と採集方法を明らかにしたが、より精度の高い根絶確認をおこなうためには、可能な限り多くの土壌を採集して、その中から活性を有する線虫の有無を正確に見極めることが求められる。しかしながら、土壌採集および検定作業には多大な労力と時間を要することから、調査対象となる圃場のサンプル数が多くなると確認作業が困難となる。これらの問題を解決するため、今後さらに高精度で省力的かつ有効な採集方法および検定法が開発が求められる。

5. 摘要

長崎県の暖地二期作栽培において、ジャガイモシストセンチュウに対する防除効果の高い技術を開発し、既存の防除技術と組み合わせて根絶を目指した体系化試験をおこなった。

- 1) ジャガイモシストセンチュウの密度低減効果が期待できるナス科植物は、青枯病の発生を助長することから、利用できない。
- 2) 孵化促進物質資材の高い効果は認められなかったが、有効な施用時期は、春作収穫直後の5月下

旬であると考えられる。

- 3) 長崎県の暖地二期作栽培における抵抗性品種の4作連続作付け後の土壌中からは、二期幼虫および活性のある卵が確認できなかったことから、抵抗性品種の連作がジャガイモシストセンチュウを根絶させる有効な手段であると考えられる。
- 4) ジャガイモシストセンチュウの根絶を確認する手法として、プラスチックカップ検診法は精度が高く、有効である。

6. 引用文献

- 1) 相場 聡, 稲垣春郎: ジャガイモシストセンチュウ, 線虫研究の歩み, 121~124 (1992)
- 2) Chitwood, B. G. & Buhner, E. M.: The life history of the golden nematode of potatoes, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber, under Long Island, New York, conditions, *Phytopath*, 36, 180~189 (1945)
- 3) 原 秀紀, 小野邦明: タバコ立枯病菌の新しい選択培地による検出定量法, 植物防疫, 38, 76~79, (1984)
- 4) 中須賀孝正, 中園和年: 長崎県下ジャガイモ畑からジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) を検出, 日本線虫学会第4回大会講演予稿集, 13 (1996)
- 5) 奈良部孝, 稲垣春郎: 植物寄生性線虫の移動・分散と分布拡大, 線虫研究の歩み, 82~86 (1992)
- 6) 奈良部孝: 孵化促進物質によるジャガイモシストセンチュウ防除, 日本線虫学会第20回大会講演要旨, 37 (2012)
- 7) 奈良部孝, 植原健人, 伊藤賢治 他: プラスチックカップを用いたジャガイモシストセンチュウの簡易検出・密度推定法, 新しい研究成果, 北海道農業研究センター報告, 103~106, (2007)
- 8) 尾崎克己, 木村俊彦: ナス属植物の青枯病抵抗性検定法, 中国農研報, 4, 103~117, (1989)
- 9) 高倉重義, 手塚浩, 山田英一: ジャガイモシストセンチュウの本邦における初発見について, 北日本病害虫研究会報, 24, 91, (1973)
- 10) 高倉重義, 山田英一: ジャガイモシストセンチュウに関する研究, 土壌深度別の線虫密度変動, 北日本病害虫研究会報, 32, 54~56, (1981)
- 11) 谷野圭持: シストセンチュウふ化促進物質の不斉全合成”. 化学と生物, 53(1), 日本農芸化学会雑誌, 34~37 (2014)
- 12) 堤 正明, 稲垣春郎: ジャガイモシストセンチュウの生理生態, ジャガイモシストセンチュウの防除に関する研究, 農林水産技術会議事務局編, 研究成果, 127, 57~60 (1980)
- 13) 寺本 健, 中須賀孝正, 松尾和敏, 菅 康弘, 小川 哲治: 長崎県におけるジャガイモシストセンチュウの発生生態と防除, 長崎総農林試研報, 24, 39~62 (1998)
- 14) 山田英一, 佐久間太, 山下 茂, 高橋 穰: ジャガイモシストセンチュウに対するナス科植物の密度低減効果, 日本線虫学会誌, 21~37 (2007)
- 15) 山田英一: ジャガイモシストセンチュウの生態と防除に関する研究, 北海道立農業試験場報告, 61, 1~98 (1987)

Summary

We developed the control model for the extermination of the potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, by the warm place semiannual crop potato cultivation in Nagasaki prefecture.

- 1) For Solanaceae plants can be expected density-reducing effect of the nematode is to promote the occurrence of bacterial wilt, it is not available.
- 2) The high effect was not accepted, but it is thought that effective treatment time of the hatching accelerator for cyst nematode is May period of up to late.
- 3) Because I could not confirm an egg with a larva and the activity from all over the soil after the repeated cultivation for the two terms of the cyst eelworm, the cyst eelworm might be exterminated by 4 products consecutive planting of resistant kind of potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, in the warm place semiannual crop cultivation of Nagasaki.
- 4) As for the plastic cup screening method, precision is effective as technique to confirm the extermination of nematodes highly