

Heterodera schachtii
(テンサイシストセンチュウ)に関する
病害虫リスクアナリシス報告書

平成31年3月25日

農林水産省
横浜植物防疫所

目次

はじめに	1
リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報(有害動物(線虫))	1
1 学名及び分類	1
2 地理的分布	1
3 寄主植物及び国内分布	1
4 寄生部位及びその症状	2
5 移動分散方法	2
6 有害動物の大きさ及び生態	2
7 媒介性又は被媒介性に関する情報	3
8 被害の程度	3
9 防除に関する情報	4
10 同定、診断及び検出	6
11 我が国における現行の植物検疫措置	6
12 諸外国での検疫措置状況	6
リスクアナリシスの結果	7
第1 開始(ステージ1)	7
1 開始	7
2 対象となる有害動植物	7
3 対象となる経路	7
4 対象となる地域	7
5 開始の結論	7
第2 病害虫リスク評価(ステージ2)	7
1 農業生産等への影響の評価	7
2 入り込みの可能性の評価	8
3 <i>Heterodera schachtii</i> の病害虫リスク評価の結論	10
第3 病害虫リスク管理(ステージ3)	11
1 栽植用植物(苗、地下部)を経路とするリスク管理措置の検討	11
2 消費生植物(地下部)を経路とするリスク管理措置の検討	14
3 栽植用種子を経路とするリスク管理措置の検討	15
4 <i>Heterodera schachtii</i> のリスク管理措置の結論	17
別紙1 <i>Heterodera schachtii</i> の発生地の根拠	18
別紙2 <i>Heterodera schachtii</i> の寄主植物の根拠	20
別紙3 関連する経路の年間輸入量	24
引用文献	31

はじめに

Heterodera schachtii(テンサイシストセンチュウ)は、フダンソウ属、アブラナ属植物等に寄生する線虫で、欧州、アメリカ合衆国、オーストラリア等で発生が確認されている。特にテンサイでは大きな被害を生じていることから、我が国では、輸出国での栽培地検査対象の検疫有害動物として植物防疫法施行規則(農林省, 1950b)別表1の2に規定されており、本種が発生している国からの対象植物の輸入は、栽培地で無発生であることが必要であり、その侵入を警戒している。しかし、2017年に長野県諏訪郡原村の一部ほ場で、本種が国内で初めて確認されたため、現在、根絶及び他地域へのまん延を防止するため、植物防疫法(農林省, 1950a)に基づき「テンサイシストセンチュウの緊急防除に関する省令」(農林水産省, 2018)等が公布され、2018年4月25日から緊急防除が実施されている。

今般、本種の新たな発生国及び寄主植物に関する情報があつたことから、本検疫有害動物に対するリスク評価を実施し、現行のリスク管理措置の有効性について評価するために、リスクアナリシスを実施した。

リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報(有害動物(線虫))

1 学名及び分類

- (1) 学名(CABI, 2018; Subbotin *et al.*, 2010; Franklin, 1972)
Heterodera schachtii Schmidt, 1871
- (2) 英名、和名等(CABI, 2018; Subbotin *et al.*, 2010; Franklin, 1972)
beet cyst nematode
テンサイシストセンチュウ
- (3) 分類(CABI, 2018; Subbotin *et al.*, 2010; Franklin, 1972)
種類: 線虫
目: Nematoda
科: Heteroderidae
属: *Heterodera*
- (4) シノニム(CABI, 2018; Franklin, 1972)
Heterobolbus schachtii (Schmidt, 1871) Railliet, 1896
Heterodera (H.) schachtii Schmidt, 1871 (Skarbilovich, 1959)
Heterodera schachtii minor O. Schmidt, 1930
Tylenchus schachtii (Schmidt, 1871) Oerley, 1886

2 地理的分布

- (1) 国又は地域(詳細は別紙1を参照)
アジア: 日本(長野県諏訪郡原村: 緊急防除中)、大韓民国、パキスタン
中東: イスラエル、イラク、イラン、シリア、トルコ、ヨルダン
欧州: アイルランド、アゼルバイジャン、アルバニア、アルメニア、イタリア、ウクライナ、ウズベキスタン、英国、エストニア、オーストリア、オランダ、カザフスタン、ギリシャ、キルギス、クロアチア、コソボ、ジョージア、スイス、スウェーデン、スペイン、スロバキア、スロベニア、セルビア、タジキスタン、チェコ、デンマーク、ドイツ、トルクメニスタン、ハンガリー、フィンランド、フランス、ブルガリア、ベラルーシ、ベルギー、ポーランド、ボスニア・ヘルツェゴビナ、ポルトガル、マケドニア旧ユーゴスラビア共和国、モルドバ、モンテネグロ、ラトビア、リトアニア、ルーマニア、ロシア
アフリカ: エジプト、カーボヴェルデ、カナリア諸島、ガンビア、セネガル、南アフリカ共和国、モロッコ、リビア
北米: アメリカ合衆国、カナダ
中南米: チリ、ペルー、メキシコ
大洋州: オーストラリア、ニュージーランド、ハワイ諸島
- (2) 生物地理区
旧北区、新北区、エチオピア区、東洋区、オセアニア区、オーストラリア区、南極区及び新熱帯区の8区に分布する。

3 寄主植物及び国内分布

- (1) 寄主植物(詳細は別紙2を参照)
アカザ科: フダンソウ属(*Beta*)、ホウレンソウ(*Spinacia oleracea*)
アブラナ科: アブラナ属(*Brassica*)
タデ科: ショクヨウダイオウ(*Rheum rhabarbarum*)
ナス科: トマト(*Lycopersicon esculentum*= (*Solanum lycopersicum*))
なお、トマトについては、研究事業の成果に基づき、寄主となる旨が報告されている(農林水産省, 2018c)。

(2) 我が国における寄主植物の分布・栽培状況

フダンソウ属、アブラナ属、ホウレンソウ、トマト等の寄主植物が 47 都道府県で栽培されている。

4 寄生部位及びその症状

本種は、雌成虫体前部を植物体に挿入して寄生する定着性の半内部寄生性線虫で、生活史は、次のとおり。

シスト内の卵内第2期幼虫はふ化すると、土壤中を移動して根先端付近から侵入し、皮層に進み、中心柱の内鞘付近に定着する。幼虫の頭部付近の細胞は巨大化して多核質細胞を形成し、この細胞は植物体の栄養分を線虫へ送る特殊な働きをする。根に定着した幼虫は、養分を得ながら発育し、3回の脱皮を経て雌雄の成虫となる。雌成虫は発育肥大に伴い、周囲の皮層組織などを壊し、雌成虫の頸部を根内に挿入したまま、虫体の大部分を根から露出した状態となる。雄成虫は糸状となり根から脱出し、雌成虫に誘引されて交尾を行う。交尾後の雌成虫は、体内に多数の卵を形成し保持する。卵は胚発生後1回目の脱皮を経て卵殻内で第2期幼虫となる。雌成虫は死ぬと、体表皮は硬化して褐色のシスト(包囊)となり、内部に多数の卵及び卵内幼虫を内蔵する(Müller, 1999; Raski, 1950; Franklin, 1972; Baldwin and Mundo-Ocampo, 1991; Steele, 1984)。

なお、症状については「8 被害の程度」に記載した。

5 移動分散方法

本種のシスト内の卵内幼虫は、乾燥や温度などの自然環境の変化や薬剤の影響を受けにくく、不良環境下では、卵内幼虫はふ化せずに卵の中で長期間の生存が可能である。移動分散の主体は、シスト及びシストが混入した土壌などである。

(1) 自然分散

土壤中の線虫1頭の移動距離は、ハガレセンチュウ類(*Aphelenchoides* spp.)の例を除くと、一般に、1年間あるいは一生のうちに数 cm から数十 cm と考えられており(奈良部・稲垣, 1992)、本種の第2期幼虫も同程度と考えられる。また、シストセンチュウは、ふ化した第2期幼虫が根に侵入後、根に定着し移動しないが、雌成虫は死滅後にシストを形成し、シストになると、風により飛ばされたり、雨水、洪水の流れによって移動分散する。汚染土壌が家畜類や野生の鳥獣類の足に付着して、移動する場合もある(奈良部・稲垣, 1992; Steele, 1984; Turner and Evans, 1998)。

(2) 人為分散

寄主植物地下部、本種に汚染された土壌(以下、汚染土壌)、汚染土壌が付着した植物・農業機械(トラクター等)・農機具・収穫用コンテナ・人の靴・車両等の移動により移動分散する(Caubel, 1993; 奈良部・稲垣, 1992; Steele, 1984; Turner and Evans, 1998)。インドでは輸入検疫で、寄主植物の種子と種子の間(すき間)に、シストがきょう雑物と共に混入しているのが発見されている(Sethi *et al.*, 1972)。日本においても輸入検疫において、ホウレンソウ種子からシストの発見事例がある(農林水産省, 2018b)。

6 有害動物の大きさ及び生態

(1) 有害動物の大きさ(Raski, 1950; Subbotin *et al.*, 2010)

シスト: 外形はレモン形。茶褐色～褐色。その形態には変異があり、シストの体長(頸部を除く。)は 0.5～0.9mm、体幅は 0.3～0.6mm である。シスト表面は網目状の構造がある。通常、シスト内には卵及び第2期幼虫が存在する。

雌成虫: 体長・体幅はシストとほぼ同じ。レモン形。成熟雌成虫の体色は白色である。

雄成虫: 体形は糸状。体長 1,119-1,438 μm 、体幅 28-42 μm 、口針長 29 μm 、交接刺長 34-38 μm 。

第2期幼虫: 体形は糸状。体長は 450(435～492) * [*: 平均(範囲: 最小～最大)、以下省略] μm である。最大体幅は約 21～22 μm 。口針長は 25.0(24.4～25.7) μm 。尾は円錐状で、尾長は 47(38～60) μm 、尾端透明部長は 26(20～30) μm である。

(2) 繁殖様式

本種は雌雄が存在し有性生殖(両性生殖)を行うと考えられるが、詳細は不明。本種を含む *Heterodera* 属線虫の中には雌のみしか知られていない種があり、単為生殖すると考えられている種も存在する(Raski, 1950; Subbotin *et al.*, 2010)。

雌成虫は、体外にゼラチン状物質を排出し、その中に 1 から 200 個程度の卵を産卵する。その後、雌成虫はシストを形成し、シスト内には数個から 600 個程度の卵が確認されている。なお、アメリカ合衆国で行われた調査では、本種(500 頭)のシスト内に平均 286 個の卵が含まれていたことが報告されている(Thorne, 1961)。

(3) 年間世代数

アメリカ合衆国カリフォルニアでは、テンサイ1シーズンに 3～5 世代経過する(Franklin, 1972)。また、ドイツ北

部の気象条件では、年間3世代としている(Müller, 1979)。

本種の発育適温は18～28℃で、最適温度は25℃とされ(Baldwin and Mundo-Ocampo, 1991)、Raski and Johnson(1959)は、本種は広い温度範囲(18～29.5℃)で発育する可能性があるが、最適な発育範囲は比較的狭く21～26.5℃としている。なお、本種は好適条件下では約30日間で生活史を完了する(Raski, 1950; Thorne, 1961)。

(4) 植物残渣中での生存

本種は土壌中にシストの状態で6年以上の生存が可能とされていることから(石橋・近藤, 1974; Van Gundy, 1965)、シスト(シスト内の卵及び卵内幼虫として)が植物残渣中に混入した場合、長期間生存可能と考えられる。

(5) 休眠性

本種は、寄主植物がない状態でどれだけの期間生存できるか正確には知られていないが(Steele, 1984)、シスト内の卵内幼虫は、硬化したシストと卵殻に包まれて、休眠状態により、土壌中に6年以上生存可能とされる(石橋・近藤, 1974; van Gundy, 1965)。また、ほ場調査では、テンサイを栽培してから12年後の土壌に低い個体数ながら本種が生存していたとする報告がある(Steele, 1984)。

なお、休耕区又は非寄主植物のほ場では、気候や天敵により変動するものの、本種の頭数が年間40～60%減少するとの報告もある(Steele, 1984)。

7 媒介性又は被媒介性に関する情報

情報はない。

8 被害の程度

(1) アブラナ属及びホウレンソウ

本種は大部分のアブラナ属植物に被害を与え、被害耐性限界密度(被害が出始める線虫密度)は、土壌1cm³当たり、ルタバガでは幼虫が1頭、キャベツが6～18頭とされている(Rimmer *et al.*, 2007)。本種に感染しても、葉の黄化、生育不良等の症状が現れない場合がある(University of California, 2008)。キャベツの小区画ほ場では、線虫密度が土壌1g当たりの卵・幼虫数で35の時、20～55%の減収となる(Rimmer *et al.*, 2007)。

また、ホウレンソウは、本種によって黄化・萎縮症状が現れ生育不良になり(University of California, 2009)、カナダのオンタリオ州のほ場では10%の減収があったとの報告がある(Townshend, 1965)。一般的に、ホウレンソウの生育に影響が出始める線虫密度に達するまで数年かかる(University of California, 2009)。

アメリカ合衆国での調査では、線虫密度が土壌1g当たりの卵・幼虫数で9、18、34、68の場合、直播き栽培キャベツで21、28、46、54%、移植栽培キャベツで25、31、34、42%減収するとの報告がある(Abawi and Mai, 1980)。

(2) フダンソウ属

本種によるテンサイの被害は、土壌中の線虫密度の増加に伴う収量の減少である(Griffin, 1981b)。英国の調査では、線虫密度が土壌1g当たり5、10、20、30、40卵であった場合、1ha当たりのテンサイの減収は、それぞれ8.5t、14.7t、22.5t、26.8t、29.0tと見積もられている(Cooke, 1984)。また、ビートについて、カナダのオンタリオ州のほ場で40%の減収があり(Townshend, 1965)、アメリカ合衆国の調査では、線虫密度が土壌1g当たりの卵・幼虫数が9、18、34、68の場合、収量は、それぞれ23、25、42、54%減収したとの報告がある(Abawi and Mai, 1980)。

本種のテンサイの被害耐性限界密度は、イタリアでは土壌1g当たり1.8卵(Greco *et al.*, 1993)、アメリカ合衆国カリフォルニア州では土壌1g当たり1～2卵(University of California, 2016; Cooke and Thomason, 1979)、オランダでは土壌1g当たり3～8卵(Whitehead, 1997)とされている。本種に感染しても、植物体の地上部に葉の黄化、生育不良等の症状が現れない場合がある(University of California, 2016)。

アメリカ合衆国ミシガン州では、2012～2013年の間に、本種による汚染が深刻なほ場では最大で15tの被害が確認され、砂糖価格換算で1エーカー当たり750ドル以上、同州全体では年間500～1,000万ドルの被害が見積もられている(Michigan Sugar Company, 2014)。

フランスでは、感染率に違いはあるものの、2008年には40,000～60,000haのテンサイほ場が汚染され、その多くで15%の収量低下が見られたが、地域によっては30%になることもある(SES VanderHAVE, 2014)。

オランダでは、2007年にはテンサイ生産地の42%で本種が発生していたと推定されているが、感染率が中～高程度(1ha当たりの卵・幼虫数:300以上)の生産地は10%程度である。減収は約35%であるが、70%になることもある(SES VanderHAVE, 2014)。

イタリアでは、1982年には隔年でテンサイが栽培されている地域で、最大で90%、地域ごとの平均で2.6～40%の減収が確認されている(Greco *et al.*, 1993)。

EU全体では、1998年には砂糖価格換算で8,925万ユーロ(約9,500万ドル相当)の経済的被害であったと見積もられている(Müller, 1999)。

9 防除に関する情報

海外では、本種は一度ほ場に定着すると根絶が困難であることから、ほ場内の線虫密度を低水準に抑えることを目的に、下記(1)～(4)に示す化学的防除、耕種の防除等を組み合わせた総合的防除が推奨されている(CABI, 2018; Gray *et al.*, 1992; Khan *et al.*, 2016; Michigan Sugar Company, 2014)。

アメリカ合衆国では、化学的防除(土壌くん蒸剤及び殺線虫剤)を含めた総合的防除が推奨されているが(University of California, 2016; Gray *et al.*, 1992; Harveson and Jackson, 2008)、ヨーロッパでは農薬の使用が制限されていることから、輪作、対抗植物等の耕種的防除を基軸とした防除が推奨されている(SES VanderHAVE, 2014; EPPO Standards, 1997)。

(1) 化学的防除

ア くん蒸剤

くん蒸剤は、薬剤によって液剤や粉粒剤、錠剤などの剤形の違いはあるが、いずれも土壌中に灌注又は混和した薬剤がガス態となって孔隙中を拡散し、殺虫する(佐野・伊藤, 2014; 三枝, 1993; Lamberti *et al.*, 2007)。

海外で本種の防除への使用が推奨されている、又は本種に対する防除効果が報告されている薬剤は、以下のとおり。

- (ア) メチルイソチオシアネート・D-D 油剤(Greco, 1985; Lear *et al.*, 1966a; Curto, 2008 他)
- (イ) D-D 剤(Radewald *et al.*, 1971; Lear *et al.*, 1966b; Kontaxis and Thomason, 1978 他)
- (ウ) クロルピクリンくん蒸剤(Harveson and Jackson, 2008; Lear *et al.*, 1966a)
- (エ) クロルピクリン・D-D くん蒸剤(Harveson and Jackson, 2008; Lear *et al.*, 1966a; Abawi and Mai, 1983)
- (オ) カーバムナトリウム塩液剤(Clarke and Shepherd, 1966; Harveson and Jackson, 2008; Goss, 1965)
- (カ) ダゾメット粉粒剤(Knowledge Master, 1993; Hussain and Zouhar, 2017; Westerdahl *et al.*, 1992)
- (キ) DBCP(Knowledge Master, 1993)

イ 非くん蒸剤

一般に、非くん蒸剤は、薬剤が土壌と混和することによって線虫と直接接触し効果を発揮する。主な非くん蒸剤は、多くの植物寄生性線虫の幼虫に対する効果(根への侵入阻害、発達阻害等)及びふ化阻害効果がある(Potter and Marks, 1976; 大崎・福地, 2010; 小柳ら, 1998)。

海外で本種の防除への使用が推奨されている、又は本種に対する防除効果が報告されている薬剤は、以下のとおり。

- (ア) オキサミル粒剤(Potter and Marks, 1976; Starr *et al.*, 1978; Whitehead *et al.*, 1979 他)
- (イ) カズサホスマイクロカプセル剤(Damadzadeh *et al.*, 2004)
- (ウ) イミシアホス粒剤及びイミシアホス液剤(Kim *et al.*, 2016a)
- (エ) ホスチアゼート粒剤(Kim *et al.*, 2016a; Westphal, 2013)
- (オ) フルオピラム粒剤(Kim *et al.*, 2016a)
- (カ) 石灰窒素(Hussain and Zouhar, 2017; 日本石灰窒素工業会, 2017)
- (キ) アルジカルブ(Knowledge Master, 1993; PMEP, 1990; Harveson and Jackson, 2008; Whitehead, 1997)
- (ク) テルブホス(Gray *et al.*, 1992; Harveson and Jackson, 2008; PMEP, 1988)
- (ケ) アザジラクチン(Harveson and Jackson, 2008; Seaman, 2016)
- (コ) フェナミホス(Muchena and Bird, 1987; Sasanelli and D'Addabbo 1992)

ウ ふ化促進物質(製剤化)

ふ化促進物質を用いた防除法は、シストセンチュウの寄主植物が栽培されていない発生ほ場に散布し、卵をふ化させることで幼虫を餓死させる方法であり、他の生物に影響を与えない環境調和型の防除法として期待されている。本種については、ふ化促進物質が防除に利用されているとの情報はないが、イソチオシアネート(揮発性の殺生物性物質)の一つであるアリルイソチオシアネートによる線虫類のふ化抑制効果を調査する試験で、試験目的とは逆に濃度によってはふ化が促進されたという報告例がある(Yu *et al.*, 2005)。

(2) 耕種的防除

ア 輪作

輪作は最も有効、容易、安価な防除方法の一つであり、1年で線虫密度を約30～60%減少させるとされている。輪作推奨作物には、アルファルファ、インゲンマメ、ライムギ等があり、これらの作物は本種のふ化を刺激するが、寄主植物とはならず、線虫密度を減少させる(Mai and Abawi, 1980; Wright, 1950; Whitehead, 1997 他)。

イ 休作

雑草がない環境での休作は線虫密度を減少させる。アメリカ合衆国アイダホ州での調査では、休作により線虫密度が109日間で28%、257日間で41%減少したとの報告がある。また、耕起し土壌を日光に当てると最も効果的であり、乾期中の灌水は、適切な雑草管理が維持されていれば、さらに線虫密度を低下させる

(University of California, 2016; Hafez and Seyedbagheri, 1997)。

ウ 抵抗性品種及び耐性品種

海外では、テンサイの抵抗性品種(Riana)(Syngenta, 2017)及び耐性品種(BTS8750N、Lisanna 等)(BETASEED, 2018; KWS, 2018)が開発されている。

抵抗性品種は、本種が栄養を摂取する根の多核質細胞(シンシチウム)の形成を阻害する等によって、本種の増殖を抑制し、密度を減少させる(SESvanderHAVE, 2014; Müller 1998)。

一方で、耐性品種は、線虫被害に対する耐性を有し、線虫感染土壌でも通常の収量が得られるが、抵抗性品種と違い線虫密度を減少させることはない(Müller 1998; Hauer *et al.*, 2016)。

エ 対抗植物

本種の防除で利用されている対抗植物は、ふ化促進物質を根から分泌し、本種をふ化させ幼虫を根に寄生させるが、発育に必要な摂食の場となる多核質細胞(シンシチウム)が壊死するため、結果として繁殖できずに線虫密度は低下するとされている(佐野, 1992; Müller, 1999)。

海外では、*Raphanus sativus* var. *oleifera* (oil radish) 及び *Sinapis alba* (white mustard 及び yellow mustard) が対抗植物として利用されている(CABI, 2018; Harveson and Jackson, 2008; Smith *et al.*, 2004; Curto, 2008)。いくつかの研究により、*R. sativus* var. *oleifera* の方が *S. alba* よりも線虫密度を減少させる効果は高いとされている(Smith *et al.*, 2004; Hafez and Sundararaj, 2009)。

R. sativus var. *oleifera* 及び *S. alba* には、抵抗性がある品種と感受性がある品種が知られており、感受性がある品種では線虫密度が増加する(Michigan Sugar Company, 2014; Whitehead, 1997)。本種に対する抵抗性が高い品種として、*R. sativus* var. *oleifera* には Adagio、Comet、Defender、Pegletta 等があり(Bundessortenamt, 2017; Michigan Sugar Company, 2014; Gardner and Caswell-Chen, 1993)、*S. alba* には Luna、Master 等がある(Bundessortenamt, 2017; Gardner and Caswell-Chen, 1993)。

オ バイオフミゲーション

バイオフミゲーションは、アブラナ科植物を輪作又は土壌にすき込むことで、アブラナ科植物の茎葉、根及び種子に含まれるグルコシノレート(カラシ油配糖体)が土壌中で加水分解されて生じるイソチオシアネート類及びその他の硫黄関連化合物が、有害生物の密度低下や活性低下に寄与していると考えられている。しかし、実際のほ場における作用機構、有効な処理条件等は解明されておらず、最近では、アブラナ科植物に限らず、イソチオシアネート以外の効果も含めて有機物すき込みの全般的効果をバイオフミゲーションと呼ぶ傾向もある(竹原, 2016)。

本種については、アブラナ科植物(*Brassica napus*、*B. rapa*、*B. carinata*、*Lepidium sativum*、*Raphanus sativus* 及び *Sinapis alba*)の種子又は根から抽出した複数のグルコシノレートをミロシナーゼで加水分解して得られた生成物で処理したところ、0.5%濃度で24時間後又は48時間後にほぼすべての個体が死滅したとの報告がある(Lazzeri *et al.*, 1993)。

カ ほ場の衛生管理

本種のまん延を防ぐため、発生地域で使用了農業機械や農機具の使用を避け、発生地域から移動させる場合は、徹底的に洗浄する(University of California, 2016; Khan *et al.*, 2016)。また、発生ほ場で使用した灌漑用水を反復利用しない(Rimmer *et al.*, 2007)。

本種の密度が増加することを防ぐため、寄主となり得る雑草を防除する(Rimmer *et al.*, 2007; Seaman, 2016)。また、収穫後できるだけ早く植物残渣を廃棄し(Seaman, 2016)、収穫作物に付着した土壌(tare soil)を耕作地に廃棄することを避ける(Gray *et al.*, 1992; Khan *et al.*, 2016)。

キ 播種・作付け時期

土壌の温度が比較的低温(10~15℃)の時に、早期に植え付けると被害が軽減され、線虫密度の増加が遅くなる(University of California, 2016; Gray *et al.*, 1992; Khan *et al.*, 2016)。テンサイを早蒔きすると、幼虫がシストから遊出する(14℃)前に良好な根圏が形成される(EPPO Standards, 1997)。

(3) 物理的防除

本種の発生国であるアメリカ合衆国のカリフォルニア州では、湿気を含んだ土壌をプラスチックシートで覆い太陽熱で消毒する方法(夏期の高温を利用した太陽熱消毒)が、ハウレンソウの総合的防除に取り入れられており、最も暑い時期に4~6週間処理するのが有効とされている(Elomore, 1997; University of California, 2009)。

また、フロリダ州では、*Heterodera* 属を含む野菜類を加害する線虫類を上記と同様の太陽熱消毒で死滅させる防除が行われており、消毒期間は6~12週間である。ローム~粘土質の湿度が高い土壌の方が砂礫質の土壌より消毒効果が高いとされる。熱耐性のある個体が選抜される可能性があることから、殺線虫剤による防除と組み合わせて実施すべきと考えられている(Noling, 2005)。

(4) 生物的防除

糸状菌 *Myrothecium verrucaria* を有効成分とする生物防除剤が1996年にアメリカ合衆国で登録され、「DiTera®DF」が本種の防除に使用されている(NIFA, 1999; Seaman, 2016)。また、糸状菌 *Paecilomyces*

lilacinus の胞子を使用した生物防除剤として、「MeloCon® WG」があり(CERTIS USA, 2018)、細菌 *Pasteuria nishizawae* の内生胞子を使用した生物防除剤として、種子消毒剤「Clariva® pn」がある(Michigan Sugar Company, 2014; Syngenta United States, 2018; Syngenta Canada, 2018)。

なお、有効な生物防除剤としてはまだ開発されていないが、細菌 *Pseudomonas fluorescens* の分離株のうちの一つは、若根における本種の幼虫数を 75%減少させ、線虫捕食菌である *Hirsutella rhossiliensis* は、本種のキャベツ根への侵入を最大 77%まで減少させるという報告がある(CABI, 2018; Jaffee and Muldoon, 1989)。

10 同定、診断及び検出

(1) 同定

本種の同定は、シスト及び第 2 期幼虫の形態的特徴や形態計測による方法及び分子生物学的方法(リボゾーム DNA の ITS 領域の PCR-RFLP 法(制限酵素断片長多型))などにより行われる(Subbotin et al., 2010)。

(2) 検出

テンサイでは、ほ場の被害は生育初期の苗では生育が遅れたり枯死したりする。中期には、ほ場内の被害を受けた生育不良株が円形に広がった状態になる。後期には被害株の外葉が小形化し、黄化してしおれ易くなる。そのため、ほ場ではそれらに注意する(CABI, 2018; Steel, 1984)。

また、本種が根に多数寄生すると、テンサイでは根部はひげ根が異常に増え、貯蔵根は分岐して肥大せず収量が著しく低下する。ひげ根に雌成虫(白色)及びシスト(褐色)が粒状に見られることから(CABI, 2018; Steele, 1984)、診断にあたっては、それらに注意し肉眼又はルーペ等で観察し、また、実験室等の実体顕微鏡下で精査する。

ほ場等から採集した土壌は、フェンウィック法等を用いてシストを分離する(相場, 2014; 岩堀・上杉, 2013)。本種の寄生している根や根辺土壌等をベルマン法により分離すると、第2期幼虫や雄成虫が分離される(岩堀・上杉, 2013; 佐野, 2014)。

11 我が国における現行の植物検疫措置

本種の発生国・地域からの該当する寄主植物の生植物の地下部であって栽培の用に供しうるものについて、輸出国での栽培地検査を要求している(農林水産省, 1950)。

12 諸外国での検疫措置状況

(1) ブルキナファソは、本種、ジャガイモ輪腐病(日本既発生)等を理由にジャガイモ及び近縁種の栽植用苗及び消費用の塊茎の輸入を禁止している。

(2) 以下の国又は地域は、本種の発生国又は地域に対して検疫措置を要求している。

ア インドは、全ての国からの *Beta vulgaris*(フダンソウ)の播種用種子及びメキシコからの *Larrea tridentate*(チャパラル: ハマビシ科)の消費用乾燥植物について、検査証明書に本種が付着していない旨の追記を求めている(PQIS, 2003)。

イ ブルンジは、キャベツ(アブラナ属)の苗及び種子について、検査証明書に本種が付着していない旨の追記を求めている(IPPC, 2006)。

ウ セネガルは、ジャガイモ及び近縁種の種子について、検査証明書に親植物及び栽培地に本種が不在である旨の追記を求めている(IPPC, 2017)。

エ コスタリカは、アメリカ合衆国、イスラエル、ドイツ、スペイン、オランダ等の発生国からの *Portulaca oleracea*(スベリヒユ)、*Dianthus caryophyllus*(カーネーション)等の栽植用植物について、検査証明書に本種が付着していない旨の追記を求めている(WTO, 2018)。

オ ニューカレドニアは、オランダからの栽培用 *Cichorium intybus* について、検査証明書に本種は原産地に存在しないこと又は検診の結果、本種が付着していない旨の追記を求めている(DAVAR, 2017)。

(3) 以下の国又は地域は、本種を検疫対象病害虫に指定している。

中国、韓国、台湾、シンガポール、タイ、インドネシア、スリランカ、ヨルダン、モンテネグロ、アルゼンチン、キューバ、グアテマラ、コロンビア、ニカラグア、ブラジル、メキシコ、スーダン、マダガスカル、モーリシャス、南アフリカ共和国(*Heterodera* spp.として記載)、ニューカレドニア、仏領ポリネシア

リスクアナリシスの結果

第1 開始(ステージ1)

1 開始

Heterodera schachtii に対する検疫措置を見直すためにリスクアナリシスを実施した。

2 対象となる有害動植物

Heterodera schachtii

3 対象となる経路

リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報の「2 地理的分布」に示す「国又は地域」からの「3 寄主植物及び国内分布」に示す「寄主植物」であって、「4 寄生部位及びその症状」に示す「寄生部位」である「根、生塊茎等を含む地下部」を含む植物。また、インドでは寄主植物の種子と種子の間(すき間)にシストが混入し、輸入検疫で発見された事例が知られていることから、寄主植物の種子とする。

4 対象となる地域

日本全域

5 開始の結論

Heterodera schachtii を開始点とし、本種の発生地域から輸入される植物を経路とした日本全域を対象とする病害虫リスクアナリシスを開始する。

第2 病害虫リスク評価(ステージ2)

1 農業生産等への影響の評価

(1) 定着の可能性

ア リスクアナリシスを実施する地域における潜在的検疫有害動植物の生存の可能性

(ア) 潜在的検疫有害動植物の生存の可能性

本種はアカザ科、アブラナ科、タデ科及びナス科の植物地下部に寄生する。寄主植物は日本国内で広く栽培されている。現在、長野県で発生が確認されており、日本国内で生活環を維持できる。

(イ) リスクアナリシスを実施する地域における中間宿主の利用可能性

本種は有害動物のため、評価しない。

(ウ) 潜在的検疫有害動植物の繁殖戦略。

本種は、有性生殖を行うと考えられる。よって、評価基準より 2 点と評価した。

イ リスクアナリシスを実施する地域における寄主又は宿主植物の利用可能性及び環境の好適性

(ア) 寄主又は宿主植物の利用可能性及び環境の好適性

寄主植物は全国 47 都道府県で栽培されている。よって、評価基準より 5 点と評価した。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の寄主又は宿主範囲の広さ

本種が寄主とする植物の科は、アブラナ科、アカザ科、タデ科及びナス科が知られている。

(ウ) 有害動植物の侵入歴

旧北区、新北区、エチオピア区、東洋区、オセアニア区、オーストラリア区、南極区、新熱帯区の 8 区に分布する。

よって、評価基準により 5 点と評価する。

ウ 定着の可能性の評価結果

評価した項目の平均から、定着の可能性の評価点は 5 点満点中の 4 点となった。

(2) まん延の可能性の評価

ア 自然分散(自然条件における潜在的検疫有害動植物の分散)

(ア) 有害動物の自然分散

a 移動距離

シストは風雨により移動することがある。よって、評価基準より 3 点と評価した。

b 年間世代数

アメリカ合衆国カリフォルニア州では、テンサイ 1 シーズンに 3~5 世代経過する。ドイツ北部の気象条件では、年間 3 世代とする報告がある。本種の発育適温は 18~28℃で、最適温度は 25℃とされている。よって、評価基準より 5 点と評価した。

イ 人為分散

(ア) 農作物を介した分散

本種の寄主植物は、47 都道府県で生産されている。よって、評価基準より 5 点と評価した。

(イ) 非農作物を介した分散

土壌中に生息し、人及び輸送機器に付着して移動することが知られている。よって、評価基準より5点と評価した。

ウ まん延の可能性の評価結果

評価した項目の平均から、まん延の可能性の評価点は5点満点中の4.5点となった。

(3) 経済的重要性の評価

ア 直接的影響

(ア) 影響を受ける農作物又は森林資源

本種の寄主植物には、アブラナ属植物、フダンソウ属植物、ホウレンソウ、ショクヨウダイオウ及びトマトが含まれ、影響を受ける農作物の産出額の合計は、5,798.4億円である。よって、評価基準より4点と評価した。

(イ) 生産への影響

寄主植物であるテンサイ、ホウレンソウ、キャベツ、トマト及びハクサイは付録2に記載されており、重要な作物である。また、寄主植物は本種に多数寄生されると、植物の黄化・萎縮症状が現れ生育不良になり、北米、ヨーロッパ等の地域で経済的被害が報告されている。テンサイでは、商品部位である根に直接寄生を受けるため、奇形をおこすことが知られている。

以上のことから、評価基準より4点と評価した。

(ウ) 防除の困難さ

海外では、本種が一度ほ場に定着すると、根絶が困難なことから、被害がでないところまで、ほ場内の線虫密度を低減することを目的とした、化学的防除、耕種的防除等を組合せた総合的防除が行われている。

(エ) 直接的影響の評価結果

上記2項目の評価点の積は16点となり、評価基準より直接的影響の評価点は4点となった。

イ 間接的影響

(ア) 農作物の政策上の重要性

本種の寄主植物であるテンサイは「農業保険法」及び「同法施行令」で定める果樹・農作物に該当し、また、ホウレンソウ、キャベツ、トマト及びハクサイは、「野菜生産出荷安定法施行令」に掲げる指定野菜である。よって、評価基準より1点と評価した。

(イ) 輸出への影響

ブルキナファソでは、本種及びジャガイモ輪腐病(日本既発生)等を理由にジャガイモ及び近縁種の栽植用苗及び消費用塊茎の輸入を禁止している。インドでは、全ての国からの *Beta vulgaris* (フダンソウ) の播種用種子については、検査証明書に本種が付着していない旨の追記が必要。ブルンジでは、キャベツ(アブラナ属)の苗及び種子は、検査証明書に本種が付着していない旨の追記が必要。

以上のことから、評価基準より1点と評価した。

ウ 経済的重要性の評価結果

直接的影響の評価結果の得点と間接的影響の得点の和から、経済的重要性の評価点は5点となった。

評価における不確実性

特にない。

農業生産等への影響評価の結論(病害虫固有のリスク)

3項目の評価点の積は90点となり、本種の農業生産等への影響の評価を「高い」と結論付けた。

2 入り込みの可能性の評価

(1) 寄生部位	シスト(卵)、幼虫、成虫:根等の植物体地下部に寄生する。 シスト(卵)、幼虫:土壌中に存在する。		
(2) 我が国に侵入する可能性のある経路	幼虫、成虫共に根等の植物体地下部に寄生する。また、インドの輸入検疫でシストが種子に混入し、発見された事例がある。 よって、侵入の可能性がある経路は「栽植用植物」、「栽植用種子」及び「消費生用植物」である。		
	経路・用途	部位	経路となる可能性
	ア 栽植用植物	根、塊茎等の地下部 (シスト、幼虫、成虫)	○
	イ 栽植用種子	種子に混入(シスト)	○

	ウ 消費生植物	根、塊茎等の地下部 (シスト、幼虫、成虫)	○
(3) 寄主植物の輸入データ	別紙 3 を参照		

(4) 入り込みの可能性の評価

ア 栽植用植物

- (ア) 輸送中の生き残りの可能性(加工処理に耐えて生き残る可能性)
原産地で潜在的検疫有害動植物の生存率に影響を与える加工処理等は実施されていない。
栽培用のため、評価基準より 5 点と評価した。
- (イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ
線虫のため、評価基準より 5 点と評価した。
- (ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性
栽培用のため、寄主植物が存在する地域へ直接運ばれる。よって、評価基準より 5 点と評価した。
- (エ) 輸入品目からの自然分散の可能性
栽培用のため、評価基準より 5 点と評価した。
- (オ) 評価における不確実性
特になし。

栽植用植物の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の得点から平均値は 5 点であり、本種の栽植用植物を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「高い」と結論付けた。

イ 栽植用種子

- (ア) 輸送中の生き残りの可能性(加工処理に耐えて生き残る可能性)
原産地で潜在的検疫有害動植物の生存率に影響を与える加工処理等は実施されていない(原産地での品目管理手順を経て生き残る可能性がある。)。
栽培用のため、評価基準より 4 点と評価した。
- (イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ
線虫のため、評価基準より 5 点と評価した。
- (ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性
栽培用のため、寄主植物が存在する地域へ直接運ばれる。よって、評価基準より 5 点と評価した。
- (エ) 輸入品目からの自然分散の可能性
栽培用のため、評価基準から 5 点と評価した。
- (オ) 評価における不確実性
本種は種子に直接寄生しないが、輸入検疫時に本種のシストがきょう雑物などと共に種子と種子の間(すき間)に混入していた事例が知られている。そのため、種子に塵・きょう雑物等の混入がない状態で輸入された場合は、経路となることはほぼないものと考えられるため、不確実性を伴う。

栽植用種子の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の得点から平均値は 4.8 点であり、本種の栽植用種子を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「高い」と結論付けた。

ウ 消費生植物

- (ア) 輸送中の生き残りの可能性(加工処理に耐えて生き残る可能性)
原産地で潜在的検疫有害動植物の生存率に影響を与える加工処理等は実施されていない。(原産地での品目管理手順を経て生き残る可能性がある。)よって、評価基準より 5 点と評価した。
- (イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ
線虫のため、評価基準より 5 点と評価した。
- (ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性
寄主植物は 47 都道府県に分布している。よって、評価基準より 4 点と評価した。
- (エ) 輸入品目からの自然分散の可能性
線虫類のため、評価基準より 1 点と評価した。
- (オ) 評価における不確実性
特になし。

消費生植物の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の得点から平均値は 3.8 点であり、本種の消費生植物を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「中程度」と結論付けた。

3 *Heterodera schachtii* の病害虫リスク評価の結論

農業生産等への影響評価の結論(病害虫固有のリスク)	入り込みのリスク		病害虫リスク評価の結論
	用途	入り込みの可能性の評価の結論	
高い	ア 栽植用植物	高い	高い
	イ 栽植用種子	高い	高い
	ウ 消費生植物	中程度	中程度 (農業生産等への影響が高い)

第3 病害虫リスク管理(ステージ3)

リスク評価の結果、*Heterodera schachtii* はリスク管理措置が必要な検疫有害動物であると判断されたことから、ステージ3において、発生国からの寄主植物の輸入に伴う本種の入り込みのリスクを低減するための適切な管理措置について検討する。

1 栽植用植物(苗、地下部)を経路とするリスク管理措置の検討

(1) リスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性の検討

選択肢	方法	有効性及び実行可能性の検討	有効性及び実行可能性の難易		
			実施時期	有効性	実行上の難易
①病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持	国際基準 No.4 又は No.10 の規定に従って設定及び維持する。	〔有効性〕 ● 国際基準に基づき輸出国の国家植物防疫機関が設定、管理、維持する病害虫無発生地域、生産地又は生産用地であれば、リスクを十分に低減することができる。 〔実行可能性〕 ● 輸出国において適切に管理されることが条件であるが、実行可能と考えられる。	輸出国輸出前	○	○
②システムズアプローチ	複数の管理措置の組合せ なお、輸出国から右記以外の管理措置の組み合わせからなるシステムズアプローチについて提案があった場合は、その有効性及び実行可能性について検討する必要がある。	システムズアプローチの一例としては、現行「輸出国における検疫措置を必要とする植物に係る輸入検疫実施要領」（平成10年3月30日付け10農産第2122号農産園芸局長通達）に基づき実施している、「本種の発生が知られていないほ場で輸出対象の寄主植物の栽培」、③、④及び⑤の組合せが考えられる。なお、その有効性及び実行可能性については、以下のとおりである。 〔有効性〕 ● ③、④及び⑤は単独では本種の検出を見逃す可能性があるが、「本種の発生が知られていないほ場で輸出対象の寄主植物の栽培」と組み合わせることにより、リスクを十分に低減できると考える。 〔実行可能性〕 ● 輸出国において適切に管理されることが条件であるが、実行可能と考えられる。	輸出国栽培中輸出時	○	○
③栽培地検査	栽培期間中に生育場所において地上部の症状を観察する。	〔有効性〕 ● 本種が寄生した植物は、地上部に黄化・萎縮症状等を呈し、生育不良となるが、これらの症状が現れない場合があるため、効果は限定的である。 〔実行可能性〕	輸出国栽培中	▽	○

		● 輸出国において適切な検査が行われることが条件であるが、実行可能と考えられる。			
④培養資材（土壌を含む。）の検診	生育場所の土壌、培養資材等から本種を検出するため、フェンウィック法等を実施する。	〔有効性〕 ● 本種は、フェンウィック法等により土壌及び培用資材から検出が可能である。 ● しかし、線虫密度が低い場合は検出されない可能性があるため、効果は限定的である。 〔実行可能性〕 ● 輸出国において適切な検定が行われることが条件であるが、実行可能と考えられる。	輸出国 栽培中	▽	○
⑤精密検定	植物体の根及び培養資材から本種を検出するため、ベルマン法等を実施する。	〔有効性〕 ● 本種は、ベルマン法等により植物体の根及び根周りの培養資材から検出が可能である。 ● しかし、寄生虫数が少ない場合は見逃す可能性があるため、効果は限定的である。 〔実行可能性〕 ● 検定施設を有すること、検定時に時間を要することが解消できれば、実行可能と考えられる。	輸出国 輸出時 輸入国 輸入時	▽ ▽	○ ○
⑥荷口への当該有害動植物の付着がないことを検査証明書に追記	輸出国での綿密な検査の結果、当該有害動植物の付着がないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。	〔有効性〕 ● 根に雌成虫及びシストが多数付着している場合は、識別できる。しかし、寄生初期段階では、幼虫が根の内部に寄生するため、見逃す可能性がある。したがって、効果は限定的である。 〔実行可能性〕 ● 輸出国において適切な検査が行われることが条件であるが、実行可能と考えられる。	輸出国 輸出時	▽	○
⑦輸出入検査（目視検査）	植物体の症状等を確認する。	〔有効性〕 ● 根に雌成虫及びシストが多数付着している場合は識別できる。しかし、寄生初期段階では、幼虫が根の内部に寄生するため、見逃す可能性がある。したがって、効果は限定的である。 〔実行可能性〕 ● 通常実施されている検査であり、実行可能である。	輸出国 輸出時 輸入国 輸入時	▽ ▽	○ ○

有効性

○:効果が高い

▽: 限定条件下で効果がある
 ×: 効果なし
 —: 検討しない

実行可能性 ○: 実行可能
 ▽: 限定条件下で実行可能
 ×: 実行困難
 —: 検討しない

(2) リスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性一覧

栽植用植物(苗、地下部)を経路とするリスク管理措置について検討した結果を下記のようにとりまとめた。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
選択肢	病害虫無発生の地域、生産地又は生産用地の設定及び維持	⑤の組合せ 種の発生が知られていないほ場で輸出対象の寄主植物の栽培、③、④及び⑤の組合せ	栽培地検査	培養資材(土壌を含む。)の検診	精密検定	綿密検査及び検査証明書への追記	輸出入検査(目視検査)
実施時期	輸出前	輸出時 栽培中	栽培中	栽培中	輸出入時	輸出時	輸出入時
有効性	○	○	▽	▽	▽	▽	▽
実行可能性	○	○	○	○	○	○	○

有効性 ○: 効果が高い
 ▽: 限定条件下で効果がある
 ×: 効果なし
 —: 検討しない

実行可能性 ○: 実行可能
 ▽: 限定条件下で実行可能
 ×: 実行困難
 —: 検討しない

(3) リスク管理措置の選択肢の特定

ア リスク管理措置選択肢

- (ア) 国際基準に従った病害虫無発生の地域、生産地又は生産用地の設定及び維持(選択肢①)
- (イ) システムズアプローチ(一例として、「本種の発生が知られていないほ場で輸出対象の寄主植物の栽培」、③、④及び⑤の組合せ)(選択肢②)
- (ウ) 栽培地検査(選択肢③)
- (エ) 培養資材(土壌を含む。)の検診(選択肢④)
- (オ) 精密検定(選択肢⑤)

イ 検討結果

国際基準に基づき、輸出国の国家植物防疫機関による病害虫無発生の地域、生産地又は生産用地の設定及び維持(選択肢①)を要求することは、十分なリスク低減効果があり実行可能である。

一方、綿密検査及び検査証明書への追記(選択肢⑥)及び輸出入検査(目視検査)(選択肢⑦)について

は、本種の寄生初期段階では幼虫が根の内部に寄生するため、見逃す可能性があることから、効果は限定的である。また、栽培期間中に生育場所において地上部の症状を観察する栽培地検査（選択肢③）、栽培期間中の培養資材（土壌を含む。）の検診（選択肢④）及び精密検定（選択肢⑤）の管理措置は、単独では本種の検出を見逃す可能性があるため、リスク低減効果が十分ではないと考えられる。

しかし、「本種の発生が知られていないほ場で輸出対象の寄主植物の栽培」にこれらの管理措置（栽培期間中に生育場所において地上部の症状を観察する栽培地検査、栽培期間中の培養資材（土壌を含む。）の検診及び輸出時の精密検定）を組み合わせたシステムズアプローチ（選択肢②）の実施は、十分なリスク低減効果があり実行可能と考えられる。なお、輸出国から上記以外の管理措置の組み合わせからなるシステムズアプローチについて提案があった場合は、その有効性及び実行可能性について検討する必要がある。

このため、本経路の管理措置については、国際基準に従った病虫害無発生の地域、生産地若しくは生産用地の設定及び維持（選択肢①）又はシステムズアプローチ（本種の発生が知られていないほ場で輸出対象の寄主植物の栽培、栽培期間中に生育場所において地上部の症状を観察する栽培地検査、栽培期間中の培養資材（土壌を含む。）の検診及び輸出時の精密検定の組合せ）（選択肢②）の実施が適当であると考えられる。

2 消費生植物（地下部）を経路とするリスク管理措置の検討

（1）リスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性一覧

消費生植物（地下部）を経路とするリスク管理措置について検討した結果を下記のようにとりまとめた。

選択肢	⑦	有効性	実行可能性
	輸出入検査（目視検査）		
実施時期	輸出入時		
有効性	○		
実行可能性	○		

○：効果が高い
▽：限定条件下で効果がある
×：効果なし
―：検討しない

○：実行可能
▽：限定条件下で実行可能
×：実行困難
―：検討しない

（2）リスク管理措置の選択肢の特定

通常の栽培方法が地下部の栄養繁殖による植物の場合、本来の用途ではない栽植用に転用され得る不確実性を伴うため、消費生植物（地下部）であっても、栽植用植物の管理措置が必要であるが、現在該当する寄主植物は知られていない。ただし、カブ、ダイコン、テンサイ及びビートのように、地下部に繁殖能力があるものの、通常の栽培方法が地下部の栄養繁殖によらない植物は、地下部自体が消費目的で輸入された場合、以下の対応が必要である。

なお、消費生植物の地上部に繁殖能力がある地下部が含まれている場合（根付きの切葉、葉菜類等）は、栽植用植物の管理措置が必要である。

ア リスク管理措置選択肢

（ア）輸出入検査（目視検査）（選択肢⑦）

イ 検討結果

通常輸入される消費生植物は、短期間のうちに消費され、また、消費用として輸入された本種の寄主植物の地下部を利用し栽培する可能性はかなり低いことから、直接栽培地へ持ち込まれる可能性は低い。このため、輸入時に土壌等の付着がなければ感染源となる可能性は無視できると考えられる。

以上のことから、本経路による入り込みの可能性を適切な保護水準まで低減可能な管理措置としては、輸出入検査（目視検査）（選択肢⑦）で問題はないと考える。

3 栽植用種子を経路とするリスク管理措置の検討

(1) リスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性の検討

選択肢	方法	有効性及び実行可能性の検討	有効性及び実行可能性の難易		
			実施時期	有効性	実行上の難易
① 荷口への当該有害動物の付着がないことを検査証明書に追記	輸出国での綿密な検査の結果、当該有害動物のシストの混入がないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。	〔有効性〕 ● 本種のシストが混入している可能性があるため、塵埃等のきょう雑物を対象として、シストの混入の有無を確認する必要がある。 ● 本種のシストは 0.5～0.9×0.3～0.6mm 程度であり、目視検査では確認できない場合も考えられるが、検査対象線虫を明示し、荷口のきょう雑物を対象とした綿密な検査（フェンウィック法等の使用を含む）を求めることで、リスクを十分に低減できると考える。 〔実行可能性〕 ● 輸出国において適切な検査が行われることが条件であるが、実行可能と考えられる。	輸出国 輸出時	○	○
② 輸出入検査（目視検査）	当該有害動物のシストの混入がないことを確認する。	〔有効性〕 ● 本種のシストが混入している可能性があるため、塵埃等のきょう雑物を対象として、シストの混入の有無を確認する必要がある。 ● 本種のシストは 0.5～0.9×0.3～0.6mm 程度であり、目視検査では確認できない場合も考えられるが、シストが塵埃等のきょう雑物に混入するため、通常の病害虫全体を検査する輸出検査（目視検査）では見逃す可能性があるため、効果は限定的である。そのため荷口のきょう雑物を対象とした綿密な検査（フェンウィック法等の使用を含む）等が必要となる。 ● 輸入検査においては、輸入種苗検査要綱（農林水産省、1978）に基づき一次検査（ふるい別検査）で塵埃等のきょう雑物等が認められた場合、二次検査でロート・浮遊法（又はフェンウィック法等の）検査を行うことになっているため、リスクを十分に低減できると考える。 〔実行可能性〕 ● 輸出国において適切な検査が行われることが条件であるが、実行可能と考えられる。	輸出国 輸出時 輸入国 輸入時	▽ ○	○ ○

- 有効性 ○:効果が高い
▽:限定条件下で効果がある
×:効果なし
―:検討しない
- 実行可能性 ○:実行可能
▽:限定条件下で実行可能
×:実行困難
―:検討しない

(2) リスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性一覧

栽植用種子を経路とするリスク管理措置について検討した結果を下記のようにとりまとめた。

選択肢	①	②	
	綿密検査及び検査証明書への追記	輸出入検査(目視検査)	
実施時期	輸出時	輸出時	輸入時
有効性	○	▽	○
実行可能性	○	○	○

- 有効性 ○:効果が高い
▽:限定条件下で効果がある
×:効果なし
―:検討しない
- 実行可能性 ○:実行可能
▽:限定条件下で実行可能
×:実行困難
―:検討しない

(3) リスク管理措置の選択肢の特定

ア リスク管理措置選択肢

(ア) 綿密検査及び検査証明書への追記(選択肢①)

(イ) 輸出入検査(目視検査)(選択肢②)

イ 検討結果

本種のシストが荷口に混入している可能性があるため、塵埃等のきょう雑物を対象として、シストの混入の有無を確認する必要がある。

本種のシストは $0.5 \sim 0.9 \times 0.3 \sim 0.6 \text{mm}$ 程度であり、通常の病害虫全体を検査する輸出入検査(目視検査)では見逃す可能性がある。しかし、輸出国に対して検査対象害虫を明示し、混入が想定される塵埃等のきょう雑物等に対して綿密な検査を求めることで、侵入のリスクを適切な保護水準まで低減することは可能である(選択肢①)。また、輸入検査においても、輸入種苗検疫要綱(農林水産省、1978)に基づき一次検査のふり別検査で塵埃等のきょう雑物が認められた場合、二次検査でロート・浮遊法検査を行うことになっており、リスクを十分に低減できると考える(選択肢②)。

以上のことから、上述した管理措置はいずれも有効であるが、必要以上に貿易制限的ではないことを考慮した場合、輸出入検査(目視検査)(二次検査を含む。)が妥当と考える(選択肢②)。

4 *Heterodera schachtii* のリスク管理措置の結論

経路ごとにリスク管理措置の選択肢を検討した結果、本種の入り込みのリスクを低減させる効果があり、かつ必要以上に貿易制限的でないと判断した各経路の管理措置を以下にとりまとめた。

用途・部位	対象植物	植物検疫措置
栽植用植物(苗、地下部)	アカザ科:フダンソウ属(<i>Beta</i>)、 <u>ホウレンソウ</u> (<i>Spinacia oleracea</i>) アブラナ科:アブラナ属(<i>Brassica</i>) タデ科:ショクヨウダイオウ(<i>Rheum rhabarbarum</i>) ナス科: <u>トマト</u> (<i>Lycopersicon esculentum</i>) (= <i>Solanum lycopersicum</i>)	○国際基準に従った病害虫無発生 の地域、生産地又は生産用地の 設定及び維持に係る具体的措置 の実施又は、 ○システムズアプローチ(本種の 発生が知られていないほ場で輸 出対象となる寄主植物農作物の 栽培、栽培地検査(栽培期間中 に生育場所において地上部の症 状を観察)、栽培期間中の培養資 材(土壌を含む。)の検診(フェ ンウィック法等)及び輸出時の 精密検定(ベルマン法等)の組合 せ)の実施
栽植用種子		○輸出入時の目視検査 (輸入時の二次検査を含む。)
消費生植物(地下部)		○輸出入時の目視検査 (ただし、通常の栽培方法が地 下部の栄養繁殖による植物及び 地上部に繁殖能力がある地下部 が含まれている場合は、栽植用 植物の措置が必要。)

なお、輸出国から、上記に示す管理措置以外の提案があった場合は、その内容を検討し、上記に示す管理措置と同等のものであるかを判断する必要がある。

Heterodera schachtii の発生地の根拠

国	ステータス	根拠論文及び備考
アジア		
日本	発生(緊急防除中)	CABI, 2018; IPPC, 2018; 農林水産省, 2018
韓国	発生	Kim <i>et al.</i> , 2016b; Subbotin, 2010
パキスタン	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
中東		
イスラエル	発生	CABI, 2018; Minz, 1956; Subbotin, 2010
イラク	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
イラン	発生	CABI, 2018; Fatemy <i>et al.</i> , 1999; Subbotin, 2010
シリア	発生	CABI, 2018; Haidar <i>et al.</i> , 2016; Subbotin, 2010
トルコ	発生	CABI, 2018; Cui <i>et al.</i> , 2016; Subbotin, 2010
ヨルダン	発生	CABI, 2018; Saleli and Qadri, 1989; Subbotin, 2010
欧州		
アイルランド	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
アゼルバイジャン	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
アルバニア	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
アルメニア	発生	Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
イタリア	発生	CABI, 2018; Lombardo <i>et al.</i> , 2011; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ウクライナ	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983
ウズベキスタン	発生	Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
英国	発生	CABI, 2018; Gracianne <i>et al.</i> , 2014; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
エストニア	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
オーストリア	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
オランダ	発生	CABI, 2018; Gracianne <i>et al.</i> , 2014; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
カザフスタン	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ギリシャ	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
キルギス	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983
クロアチア	発生	CABI, 2018; Grujicic, 1974; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
コソボ	発生	CABI, 2018; Grujicic, 1974; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ジョージア	発生	Mulvey and Golden, 1983
スイス	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
スウェーデン	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
スペイン	発生	CABI, 2018; Gracianne <i>et al.</i> , 2014; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
スロバキア	発生	CABI, 2018; Renco and Cerevkova, 2008; Subbotin, 2010
スロベニア	発生	CABI, 2018; Grujicic, 1974; Subbotin, 2010
セルビア	発生	CABI, 2018; Bacic, 2013; Grujicic, 1974; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
タジキスタン	発生	Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
チェコ	発生	CABI, 2018; Pavlu <i>et al.</i> , 2017; Subbotin, 2010

デンマーク	発生	CABI, 2018; Gracianne <i>et al.</i> 2014; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ドイツ	発生	CABI, 2018; Sturhan, 2014; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
トルクメニスタン	発生	Mulvey and Golden, 1983
ハンガリー	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
フィンランド	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
フランス	発生	CABI, 2018; Gracianne <i>et al.</i> 2014; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ブルガリア	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
ベラルーシ	発生	Mulvey and Golden, 1983
ベルギー	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ボスニア・ヘルツェゴビナ	発生	CABI, 2018; Grujicic, 1974; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ポーランド	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010; Winiszewska <i>et al.</i> , 2012
ポルトガル	発生	CABI, 2018; Gracianne <i>et al.</i> , 2014; Subbotin, 2010
マケドニア旧ユーゴスラビア共和国	発生	CABI, 2018; Grujicic, 1974; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
モルドバ	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
モンテネグロ	発生	CABI, 2018; Grujicic, 1974; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
ラトビア	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
リトアニア	発生	Mulvey and Golden, 1983
ルーマニア	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
ロシア	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
アフリカ		
エジプト	発生	CABI, 2018; Ibrahim & Handoo, 2015
カーボヴェルデ	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
カナリア諸島	発生	CABI, 2018; Bello and Romero, 1973
ガンビア	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
セネガル	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
南アフリカ共和国	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
モロッコ	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
リビア	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
北米		
アメリカ合衆国	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
カナダ	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983; Subbotin, 2010
中南米		
チリ	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
ペルー	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
メキシコ	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
大洋州		
オーストラリア	発生	CABI, 2018; Mulvey and Golden, 1983
ニュージーランド	発生	CABI, 2018; Subbotin, 2010
ハワイ諸島	発生	CABI, 2018; Schmitt and Sipes, 2000

***Heterodera schachtii* の寄主植物の根拠**

学名	科	属名	和名	英名	根拠	備考
<i>Beta atriplicifolia</i>	アカザ科	フダンソウ属	ベタ・アトリプリキ フォリア		CABI, 2018	
<i>Beta corolliflora</i>	アカザ科	フダンソウ属			CABI, 2018	
<i>Beta foliosa</i>	アカザ科	フダンソウ属	ベタ・フォリオサ		CABI, 2018	
<i>Beta intermedia</i>	アカザ科	フダンソウ属			CABI, 2018	
<i>Beta lomatogona</i>	アカザ科	フダンソウ属			CABI, 2018	
<i>Beta macrocarpa</i>	アカザ科	フダンソウ属	ベタ・マクロカルパ		CABI, 2018	
<i>Beta macrorhiza</i>	アカザ科	フダンソウ属	ベタ・マクロリザ		CABI, 2018	
<i>Beta nana</i>	アカザ科	フダンソウ属	ベタ・ナナ		CABI, 2018	
<i>Beta patellaris</i>	アカザ科	フダンソウ属			CABI, 2018	
<i>Beta trigyna</i>	アカザ科	フダンソウ属			CABI, 2018	
<i>Beta vulgaris</i>	アカザ科	フダンソウ属	ベタ・ウルガリス		CABI, 2018	
<i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>maritima</i>	アカザ科	フダンソウ属	ハマフダンソウ	sea beet	CABI, 2018	
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>saccharifera</i>	アカザ科	フダンソウ属		sugarbeet	CABI, 2018	
<i>Brassica cernua</i>	アブラナ科	アブラナ属	ブラシカ・ケルヌ ア		CABI, 2018	
<i>Brassica juncea</i> var. <i>juncea</i>	アブラナ科	アブラナ属		Indian mustard	CABI, 2018	
<i>Brassica napus</i> var <i>napobrassica</i>	アブラナ科	アブラナ属	ルタバガ	rutabaga, Swedish turnip, Swede	CABI, 2018	

<i>Brassica napus</i> var. <i>napus</i>	アブラナ科	アブラナ属		rape	CABI, 2018	
<i>Brassica nigra</i>	アブラナ科	アブラナ属	クロガラシ		CABI, 2018	
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>viridis</i>	アブラナ科	アブラナ属		collards	CABI, 2018	
<i>Brassica oleracea</i>	アブラナ科	アブラナ属	キャベツ、カリフラワー、ブロッコリー等を含む		CABI, 2018	
<i>Brassica rapa</i>	アブラナ科	アブラナ属	アブラナ	field mustard	Jones, 1950; Mulvey, 1957; Siddiqui, 1973	
<i>Brassica rapa</i> ssp. <i>oleifera</i>	アブラナ科	アブラナ属		turnip rape	CABI, 2018	
<i>Brassica</i>	アブラナ科	アブラナ属			CABI, 2018	
<i>Spinacia oleracea</i>	アカザ科	ホウレンソウ属	ホウレンソウ	spinach	CABI, 2018; Mulvey, 1957; Townshend, 1965; Jones, 1950; University of California, 2016; Siddiqui, 1973	
<i>Rheum rhaponticum</i>	タデ科	カラダイオウ属	ショクヨウダイオウ (ルバーブ)		Mulvey, 1957; Siddiqui, 1973	
<i>Lycopersicon esculentum</i> (= <i>Solanum lycopersicum</i>)	ナス科	トマト属	トマト	gold apple, love apple, tomato	農林水産省, 2018c	
<i>Chenopodium album</i>	アカザ科	アカザ属	シロザ		Jones, 1950; Mulvey, 1957; Greco and Brandonisio, 1982; Lopez and Romero, 1988	継続調査
<i>Chenopodium murale</i>	アカザ科	アカザ属	ミナトアカザ		Jones, 1950; Raski, 1952	継続調査
<i>Chenopodium polyspermum</i>	アカザ科	アカザ属			Jones, 1950; Greco and Brandonisio, 1982	継続調査

<i>Atriplex hortensis</i>	アカザ科	ハマアカザ属	アトリプレックス・ホルテンシス		CABI, 2018; Mulvey, 1957; Jones, 1950	継続調査
<i>Atriplex patula</i>	アカザ科	ハマアカザ属	アトリプレックス・パツラ		CABI, 2018; Jones, 1950	継続調査
<i>Erysimum cheiranthoides</i>	アブラナ科	エゾスズシロ属			Jones, 1950; Mulvey, 1957	継続調査
<i>Lunaria annua</i>	アブラナ科	ギンセンソウ属	ごうだそう	bolbonac, honesty, penny flower, silver-dollar	Jones, 1950; Mulvey, 1957	継続調査
<i>Sinapis arvensis</i>	アブラナ科	シナピス属	シナピス・アルウェンシス		CABI, 2018; Jones, 1950	継続調査
<i>Armoracia lapathifolia</i>	アブラナ科	セイヨウワサビ属			Jones, 1950; Mulvey, 1957	継続調査
<i>Raphanus raphanistrum</i>	アブラナ科	ダイコン属	セイヨウノダイコン		CABI, 2018; Jones, 1950; Greco and Brandonisio, 1982; Siddiqui, 1973	継続調査
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	アブラナ科	ナズナ属	ナズナ		Jones, 1950; Mulvey, 1957; Greco and Brandonisio, 1982; Lopez and Romero, 1988	継続調査
<i>Cheiranthus cheiri</i>	アブラナ科	ニオイアラセイトウ属	ニオイアラセイトウ	English wallflower, wallflower	Jones, 1950; Mulvey, 1957	継続調査
<i>Lepidium sativum</i>	アブラナ科		コショウソウ	garden cress	Jones, 1950; Mulvey, 1957	継続調査
<i>Sisymbrium irio</i>	アブラナ科				CABI, 2018; Lopez and Romero, 1988	継続調査
<i>Sisymbrium officinale</i>	アブラナ科				CABI, 2018; Jones, 1950	継続調査
<i>Thlaspi arvense</i>	アブラナ科				CABI, 2018; Jones, 1950	継続調査
<i>Portulaca oleracea</i>	スベリヒユ科	スベリヒユ属	スベリヒユ	purslane, pusley	CABI, 2018; Mulvey, 1957; Lopez and Romero, 1988	継続調査
<i>Polygonum persicaria</i> L.	タデ科	タデ属			Jones, 1950; Lopez and Romero, 1988	継続調査

<i>Tetragonia tetragonioides</i>	ツルナ科	ツルナ属	ツルナ	New Zealand ice plant, New Zealand spinach	CABI, 2018; Jones, 1950	継続調査
<i>Solanum nigrum</i>	ナス科	ナス属	イヌホオズキ		Lopez and Romero, 1988; Raski, 1952	継続調査
<i>Saponaria officinalis</i>	ナデシコ科	シャボンソウ属	シャボンソウ	bouncing Bet, soap wort	CABI, 2018; Jones, 1950	継続調査
<i>Dianthus barbatus</i>	ナデシコ科	ナデシコ属	ビジョナデシコ	sweet William	CABI, 2018; Mulvey, 1957	継続調査
<i>Stellaria media</i>	ナデシコ科	ハコベ属	コハコベ	chickweed, stitchwort	CABI, 2018; Jones, 1950; Lopez and Romero, 1988	継続調査
<i>Amaranthus caudatus</i>	ヒユ科	ヒユ属	ヒモゲイトウ	Love-lise-bleeding, tassel flower, velvet flower	CABI, 2018; Mulvey, 1957	継続調査
<i>Amaranthus graecizans</i>	ヒユ科	ヒユ属	アメリカビユ		CABI, 2018; Raski, 1952	継続調査
<i>Amaranthus hybridus</i>	ヒユ科	ヒユ属			CABI, 2018; Lopez and Romero, 1988	継続調査
<i>Amaranthus quitensis</i>	ヒユ科	ヒユ属	アマランツス・クイ テンシス		CABI, 2018; Jones, 1950	継続調査
<i>Amaranthus retroflexus</i>	ヒユ科	ヒユ属	アオゲイトウ		Greco and Brandonisio, 1982; Lopez and Romero, 1988; Raski, 1952	継続調査

関連する経路の年間輸入量

検疫有害動植物名: *Heterodera schachtii*

植物名 (栽植用植物)	生産国	発生国	2015		2016		2017	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
ショクヨウダイオウ (ルバーブ)	オランダ	○	2	6,00	4	1,200	2	900
ショクヨウダイオウ (ルバーブ)(地下部)	オランダ	○					2	1,700
トマト	韓国	○	102	868,978	107	862,731	114	781,134
	台湾	×	3	4,800	2	2,845	1	1,000

単位: 本

植物名 (栽植用植物(組織培養))	生産国	発生国	2015		2016		2017	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
カリフラワー	デンマーク	○			2	20	2	400
ショクヨウダイオウ (ルバーブ)	英国	○					1	36

単位: 本

植物名 (栽植用種子)	生産国	発生国	2015		2016		2017	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
アブラナ属	イタリア	○	29	3,127	15	5,392	28	2,829
	オーストラリア	○					1	1
	オランダ	○	26	30			8	65
	スペイン	○					4	4
	タイ	×	1	2	1	2	2	6
	チリ	○	7	351	1	74		
	デンマーク	○	2	81	1	249	1	2,312
	ドイツ	○	2	6				
	ニュージーランド	○	1	1,000	5	11,290	1	1
	ネパール	×			1	1		
	フィンランド	○					1	1
	フランス	○	1	1				
	ベトナム	×			2	2		
	ベルギー	○					2	2
	韓国	○					4	202
	香港	×					3	3
	台湾	×	3	81	2	250		
	中国	×	13	24,608	18	23,578	8	14,124
	アメリカ合衆国	○	7	1,681	8	6,732	4	2,617
フロコリーニ	チリ	○					6	159
ヒサコナ	イタリア	○	1	1	3	200	1	1,089
	チリ	○	1	1				
	ニュージーランド	○	3	774	1	110		
	韓国	○	3	223	2	881	1	100
	中国	×	4	3,763	2	4,106	5	4,566
アブラナ	イタリア	○	1	1,864	3	4,479	6	4,418
	ニュージーランド	○			1	7,106		
	中国	×			4	1,031	1	394
	アメリカ合衆国	○	1	236	1	768		

アビシニアガラシ	アメリカ合衆国	○			1	1		
シロガラシ	イタリア	○			1	40	1	1
	オランダ	○	1	3,500				
	チェコ	○	1	5,000	1	5,000		
	ドイツ	○	1	5,500	1	4,000	1	1,000
	ニュージーランド	○	1	5,531				
	ハンガリー	○	5	94,000	5	124,000	3	96,000
	フランス	○			2	20,025		
	ポーランド	○	1	2,000				
	中国	×	1	321				
ダイシンサイ	イタリア	○	2	2				
	中国	×			2	2,881		
	アメリカ合衆国	○			1	3,355		
カラシナ	イタリア	○	9	5,686	8	2,575	16	16,051
	インド	×	2	200	1	150	1	200
	スペイン	○					3	3
	タイ	×					1	1
	デンマーク	○	2	381				
	ニュージーランド	○	2	30,025	2	1,978		
	ハンガリー	○	1	1,000	3	6,500	1	3,000
	ベトナム	×					2	2
	英国	○					1	1
	韓国	○					1	201
	香港	×					1	6
	台湾	×			1	15		
	中国	×	10	5,468	23	25,413	10	9,213
	日本	×	1	50				
	アメリカ合衆国	○	6	5,395	5	3,057	4	3,054
カラシナ (コーティング種子)	アメリカ合衆国	○	1	105				
タカナ	イタリア	○			2	884	2	1,020
	アメリカ合衆国	○					1	1,237
カブカンラン	イタリア	○	1	1				
セイヨウアブラナ	ドイツ	○			4	36	6	6
	ニュージーランド	○					3	20,003
	フランス	○					1	1
	ベルギー	○	1	1	1	1		
	英国	○	2	20				
	台湾	×	1	60	1	340	1	250
	中国	×	3	3,498	2	4,800	6	11,429
	アメリカ合衆国	○			1	1	1	1,600
ルタバカ	イタリア	○	1	2,184	2	2	1	1
	アメリカ合衆国	○			1	2,567		
クロガラシ	イタリア	○	1	1	1	1	1	1
ハボタン	イタリア	○	38	3,923	30	6,480	28	13,763
	インド	×			1	1		
	オーストラリア	○	1	1	4	4	2	10
	オランダ	○	7	7	9	11	4	7
	タイ	×			1	1	2	6
	チリ	○	12	135	7	1,807	5	115
	ニュージーランド	○	4	4			3	352
	韓国	○	1	500			1	40

	中国	×			1	19	1	24
	日本	×	1	1	7	7		
	アメリカ合衆国	○	11	696	11	1,072	6	1,384
カリフラワー	イタリア	○	29	66	24	361	35	736
	インド	×	3	601	3	527	2	1,329
	エジプト	○	1	1	2	2		
	オーストラリア	○	4	644	10	1,076	13	2,324
	オランダ	○	20	20	6	7	2	3
	スペイン	○	18	18	20	26	35	62
	チリ	○	46	8,634	80	9,046	89	10,289
	デンマーク	○			2	381		
	トルコ	○	2	2	2	2	2	2
	フランス	○	17	17	13	13	25	25
	メキシコ	○	3	188	18	2,191	26	194
	英国	○	1	1	1	1	1	1
	台湾	×	21	7,684	25	10,259	21	9,883
	中国	×	29	10,011	20	9,089	13	7,171
	南アフリカ共和国	○	1	1			5	47
	日本	×	4	4	19	20	8	8
	アメリカ合衆国	○	40	5,122	55	5,755	43	1,393
チリメンカンラン	イタリア	○	26	456	15	2,340	7	623
	オランダ	○	10	12	1	1	20	20
キャベツ	イタリア	○	263	95,849	195	110,812	210	120,121
	オーストラリア	○	27	11,185	20	12,537	21	8,408
	オランダ	○	34	34	98	104	44	44
	チリ	○	284	76,758	451	74,613	417	80,959
	トルコ	○	11	11	15	29	1	12
	ニュージーランド	○	1	554	1	2,760	1	3,000
	フランス	○	30	5,348	27	4,234	28	6,567
	ポーランド	○					1	25
	英国	○					1	1
	韓国	○	4	4	2	201		
	台湾	×	1	1	1	20	1	2
	中国	×	18	235	25	421	67	198
	南アフリカ共和国	○			1	1		
	日本	×	8	459	23	33	14	181
	アメリカ合衆国	○	43	26,390	60	39,156	37	29,933
キャベツ (コーティング種子)	イタリア	○	1	40				
メキャベツ	イタリア	○	9	9	4	4	4	4
	オーストラリア	○					1	38
	チリ	○	5	39	3	25		
	フランス	○					1	1
	英国	○					2	2
	アメリカ合衆国	○			1	1		
カブラタマナ	イタリア	○	35	7,255	16	16,816	16	11,377
	オーストラリア	○			2	2	5	12
	オランダ	○	5	5	7	7	9	10
	チリ	○	1	1,071	2	951	6	851
	フランス	○	3	165	3	3	7	11

	ベトナム	×			5	319		
	不明	×			1	1		
	アメリカ合衆国	○	5	43			3	2,198
ブロッコリー	イタリア	○	3	5	10	434	9	807
	エジプト	○	1	3				
	オーストラリア	○	4	5	3	5	3	8
	オランダ	○	7	7	30	30	9	9
	スペイン	○			2	2	7	7
	チリ	○	97	17,739	249	28,912	503	25,218
	ニュージーランド	○			6	1,300		
	フランス	○	2	2			4	4
	メキシコ	○	11	608	15	1,955	22	590
	英国	○					1	1
	韓国	○			2	500	1	200
	台湾	×	6	580	2	35		
	中国	×	12	1,735	45	3,152	25	1,523
	南アフリカ共和国	○	1	1			3	3
	日本	×	1	1	2	4	6	6
	不明	×	1	1				
	アメリカ合衆国	○	109	14,343	107	32,871	77	25,242
カブ	イタリア	○	118	13,530	107	26,507	75	16,864
	インド	×	4	63	1	81	2	7
	オーストラリア	○			1	3,000		
	チリ	○	2	4	3	6	6	27
	デンマーク	○	1	1				
	ニュージーランド	○	7	5,567	3	2,823	11	12,616
	ブータン	×	1	25	5	521	4	70
	フランス	○	3	3	2	2,125	1	3,100
	英国	○					17	17
	韓国	○	35	6,034	8	3,760	5	2,442
	台湾	×	1	60				
	中国	×	2	40	6	1,846	4	376
	日本	×	3	3				
	アメリカ合衆国	○	6	2,209	5	1,931		
コマツナ	イタリア	○	25	8,846	44	29,451	17	10,674
	オーストラリア	○	19	15,870	4	2,151	3	4,443
	チリ	○					5	173
	デンマーク	○	1	2,113			1	5,314
	トルコ	○					1	2
	ニュージーランド	○	5	2,473	14	18,580	14	15,828
	フィンランド	○					2	2
	韓国	○	20	6,167	28	8,803	17	6,749
	中国	×	15	2,192	4	3,596	6	1,899
	アメリカ合衆国	○	20	15,229	29	53,390	17	25,693
ノザワナ	イタリア	○	3	2,493			2	1,537
	ニュージーランド	○			1	3,111		
	英国	○					1	1
	韓国	○					1	50
ミスナ	イタリア	○	12	15,244	10	7,517	14	10,891
	スペイン	○					1	1
	タイ	×	1	1				

	デンマーク	○	2	3,075	1	500		
	ドイツ	○	1	1				
	ニュージーランド	○	4	4,172	4	7,907	7	5,163
	中国	×	4	570	2	334	3	306
	アメリカ合衆国	○	3	9,048				
キサラギナ	アメリカ合衆国	○			1	3,000		
タイサイ	イタリア	○	65	9,484	34	15,978	71	14,893
	インド	×	4	11				
	オーストラリア	○			2	1,330	1	1,591
	オランダ	○			1	1		
	スペイン	○					1	1
	タイ	×			1	1		
	チリ	○	4	166	10	159	5	62
	デンマーク	○	24	121,593	21	72,067	11	21,276
	トルコ	○			2	3	2	20
	ニュージーランド	○	17	116,551	17	48,129	17	114,359
	フィンランド	○					1	1
	フランス	○	26	26			7	53
	ベトナム	×					2	2
	韓国	○			5	334	3	490
	台湾	×	1	50			5	3,209
	中国	×	19	9,489	42	8,672	5	5,789
	日本	×					3	3
	アメリカ合衆国	○	4	866	15	10,439	6	19,877
ハクサイ	イタリア	○	105	11,407	67	11,418	62	8,751
	インド	×			1	24		
	オーストラリア	○	4	2,371	4	3,565	2	2,456
	オランダ	○	2	2			6	6
	チリ	○	39	789	52	601	17	444
	デンマーク	○	3	11,831	5	4,441		
	トルコ	○	1	1	3	3	1	1
	ニュージーランド	○	22	38,908	10	21,427	25	51,657
	ブータン	×	5	297	17	501	21	948
	フランス	○			2	2	4	4
	韓国	○	30	5,721	22	4,721	40	8,062
	香港	×					2	2
	台湾	×	1	1				
	中国	×	14	8,410	11	13,277	16	135
	日本	×			2	2		
	アメリカ合衆国	○	25	31,724	13	15,167	10	9,400
スグキナ	中国	×	1	923				
フダンソウ属 (トウジサ属)	イタリア	○	1	20	12	22,025	5	18,000
	ウズベキスタン	○			1	1		
	スペイン	○					3	3
	ニュージーランド	○	1	1	1	2,367		
	フランス	○	7	9,055			4	42
	中国	×	1	507				
	南アフリカ共和国	○	1	1				
	アメリカ合衆国	○	6	4,349	7	8,772	7	4,187
フダンソウ	イタリア	○	1	1	3	2,220	8	2,653
	オランダ	○			1	1		

	スペイン	○					4	4
	フランス	○			1	1,500		
	メキシコ	○			1	25		
	英国	○	1	1				
	台湾	×	2	260				
	アメリカ合衆国	○	4	836	8	1,349	2	231
飼料テンサイ	ニュージーランド	○					1	25
	アメリカ合衆国	○					1	25
テンサイ(サトウダイコン)	イタリア	○	4	5,000	24	1,023	11	18,939
	スウェーデン	○	5	33	6	17	3	6
	ドイツ	○	144	145	7	31	43	70
	フランス	○	35	35	4	203	2	5,000
	ベルギー	○	12	8,725			1	76
	アメリカ合衆国	○					2	1,755
テンサイ(サトウダイコン) (コーティング種子)	イタリア	○			5	10,018		
	スウェーデン	○	21	21	59	83	69	87
	ドイツ	○	10	65			9	9
	フランス	○	20	50,114	13	10,382	11	86,921
	ベルギー	○					1	3
ビート(カエンサイ)	イタリア	○	4	21	3	45	93	114
	デンマーク	○					1	1
	ニュージーランド	○			2	1,165	1	1,350
	フランス	○	12	65	18	98	14	14
	ベルギー	○	11	14	8	8	99	103
	アメリカ合衆国	○	7	15,772	7	2,038	9	2,820
ホウレンソウ	アフガニスタン	×			1	1		
	アルゼンチン	×	1	1				
	イタリア	○	10	1,580	8	5,481	5	2,264
	イラン	○			1	1		
	インド	×			1	1		
	エジプト	○			1	1		
	オランダ	○	255	42,308	225	36,088	170	22,586
	シリア	○			1	1		
	スウェーデン	○	2	4	6	12,660	1	2,200
	チリ	○			1	300	1	106
	デンマーク	○	164	490,441	175	387,225	133	282,530
	ドイツ	○	2	2,300	8	17,667		
	トルコ	○			1	1		
	ニュージーランド	○	6	3,297	2	5,390	2	1,901
	ネパール	×			1	1		
	パキスタン	○			1	1		
	フランス	○	15	4,612	5	5,782	4	434
	ベトナム	○					1	1
	ポーランド	○			9	8,593	3	5,220
	ボスニア・ヘルツェ ゴビナ	○			1	1		
	マケドニア旧ユー gosラビア共和 国	○			1	1		
	英国	○			1	1	1	1
	韓国	○			1	370		
	台湾	×			1	1		

	中国	×	6	11,570	5	3,041	1	3,500
	日本	×			2	304	6	7,800
	不明	×			1	1	2	31
	アメリカ合衆国	○	65	192,984	47	139,379	74	152,164
ショクヨウダイオウ (ルバーブ)	イタリア	○					1	1
	ポーランド	○	1	3				

単位:kg

植物名 (消費生植物)	生産国	発生国	2015		2016		2017	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
ヒサゴナ	フランス	○	1	2				
カブカンラン	オランダ	○	25	540	17	210		
	ポルトガル	○					1	10
	英国	○	4	80				
ルタバカ	オーストラリア	○			1	10	1	5
	オランダ	○	107	7,420	140	8,358	172	6,860
	カナダ	○					3	442
	ニュージーランド	○	2	60				
	ベルギー	○					1	18
	ポルトガル	○					1	13
	英国	○	4	250	1	63	8	160
	アメリカ合衆国	○	36	788	10	514	2	847
カブラタマナ	イタリア	○	1	43	3	43	1	56
	ドイツ	○			2	32	1	64
カブ	オーストラリア	○			1	10	1	5
	オランダ	○			1	10		
	フランス	○	39	270	30	437	25	266
	韓国	○	1	3				
	アメリカ合衆国	○	43	1,497	5	272		
カブ(加工)	アメリカ合衆国	○			4	210		
カエンサイ	オランダ	○	3	2,360	1	220		
	ベルギー	○			2	600		
ビート(カエンサイ)	イスラエル	○					1	15
	イタリア	○	32	410	29	659	16	191
	インド	×			2	320	34	1,830
	オーストラリア	○			3	86	12	11,220
	オランダ	○	333	54,863	352	73,154	524	94,045
	カナダ	○			1	1		
	ニュージーランド	○			5	160		
	フランス	○	39	216	27	85	12	49
	ベルギー	○			5	490	32	3,788
	韓国	○	7	200				
	南アフリカ共和国	○					37	159

単位:kg

引用文献

- Abawi, G. S. and W. F. Mai (1980) Effects of initial population densities of *Heterodera schachtii* on yield of cabbage and table beets in New York State. *Phytopathology* 70(6): 481-485.
- Abawi, G. S. and W. F. Mai (1983) Increase in Cabbage Yield by Fenamiphos Treatment of Uninfested and *Heterodera schachtii* -Infested Field Soils. *Plant Disease* 67(12): 1343-1346.
- 相場聡 (2014) 3.5 シストセンチュウの分離法. In: 線虫学実験法(水久保隆之・二井一禎編). 京都大学学術出版会. pp. 199-200.
- Allen, M.W. and D.J. Raski (1950) Chemical control of nematodes. Soil type important limiting factor in control of certain plant parasitic nematodes with volatile soil fumigants. *California Agriculture* 4: 5-15.
- Bacic, J. (2013) Occurrence of *Heterodera schachtii* in the Sugar Beet growing areas of Vojvodina, Serbia. *Ratar. Povrt.* 50: 54-59.
- Baldwin, J. G. and M. Mundo-Ocampo (1991) Heteroderinae, cyst and non-cyst forming nematodes. In: *Manual of Agricultural Nematology*. (Nickle W. R., ed.), Marcel Dekker, New York. pp. 275-362.
- Bello, A. and M. D. Romero (1973) *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 (Nematoda: Heteroderidae) en los suelos de las Islas Canarias. *Anales de Edafologia y Agrobiologia* 32(9/10): 887-892. (Spanish)(Abstractのみ)
- BETASEED (2018) PRODUKTE. (online), available from <http://www.betaseed.de/de/sorten/produkte.html>, (accessed 2018-10-01).
- Bundessortenamt (2017) Beschreibende Sortenliste. (online), available from http://www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_getreide_2017.pdf, (accessed 2018-10-01).
- CABI (2018) *Heterodera schachtii*. In: Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International. (online), available from <http://www.cabi.org/cpc/>, (Last modified : 2018.07.14).
- Caubel, G. (1993) Nematodes as pests of quarantine significance in seed. In: *Quarantine for Seed*. (Mathur, S. B. and H. K. Manandhar, eds.). FAO Plant Protection and Production Paper 119: pp.140-149.
- CERTIS USA (2018) MeloCon®WG Biological Nematicide. (online), available from http://www.certisusa.com/pest_management_products/bionematicide/melocon_biological_nematicide.htm, (accessed 2018-10-01).
- Clarke, A. J. and A. M. Shepherd (1966) The action of nabam, metham-sodium and other sulphur compounds on *Heterodera schachtii* cysts. *Annals of Applied Biology* 57(2): 241-255. (Abstractのみ)
- Cooke, D. A. (1984) The relationship between numbers of *Heterodera schachtii* and sugar beet yields on a mineral soil, 1978-81. *Annals of Applied Biology* 104(1): 121-129.
- Cooke, D. A. and I. J. Thomason (1979) The relationship between population density of *Heterodera schachtii*, soil temperature, and sugarbeet yields. *Journal of Nematology* 11(2): 124-128.
- Cui, J., G. Erginbas-Orakci, H. Peng, W. Huang, S. Liu, F. Qiao, I. H. Elekcioglu, M. Imren, A. A. Dababat and D. Peng (2016) First report of sugar beet nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 (Nematoda: Heteroderidae) in sugar beet growing areas of Şanlıurfa, Turkey. *Türkisch Journal of Entomology* 40 (3): 303-314.
- Curto, G. (2008) Sustainable methods for management of cyst nematodes. In *Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes* (Ciancio, A. and K. G. Mukerji ed.). Springer. Dordrecht: 221-237.
- Damadzadeh, M., A. R. Ahmadi and H. Almasi (2004) The effect of non-volatile nematicides on the control of sugar beet cyst nematode *Heterodera schachtii*. (online), available from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IR2006000329>, (accessed 2018-10-01). (Abstractのみ)
- DAVAR (2017) Import Conditions of Some Plants and Plants Products in New Caledonia. (online), available from <https://davar.gouv.nc/importations-exportations-importations/les-vegetaux-et-produits-vegetaux>, (accessed 2018-09-19).
- de Almeida Engler, J., V. De Vleeschauwer, S. Burssens, J. L. Celenza, D. Inzé, M. Van Montagu, G. Engler and G. Gheysen (1999) Molecular markers and cell cycle inhibitors show the importance of cell cycle progression in nematode-induced galls and syncytia. *The Plant Cell* 11(5): 793-807.
- Elmore, C. L. (1997) Soil solarization. A nonpesticidal method for controlling diseases, nematodes and weeds. (online), available from http://vric.ucdavis.edu/pdf/soil_solarization.pdf, (accessed 2017-11-14).
- EPPO Standards (1997) Guideline on good plant protection practice : Beet. (online), available from

- <<https://gd.eppo.int/taxon/HETDSC/documents>>, (accessed 2018-10-01).
- Fatemy, S., A. Ahmadian-Yazdi, R. Parvizy, A. Ahmadi, M. Pakniat, S. Barooti, M. Askari and J. Ershad (1999) Fungal parasites on cysts of *Heterodera schachtii* in Iran. *Pakistan journal of Nematology* 17(1): 61-66.
- Franklin, M. T. (1972) *Heterodera schachtii*. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. Set 1, No. 1. Wallingford, UK: CAB. 4pp.
- Gardner, J. and E. P. Caswell-Chen (1993) Penetration, development, and reproduction of *Heterodera schachtii* on *Fagopyrum esculentum*, *Phacelia tanacetifolia*, *Raphanus sativus*, *Sinapis alba*, and *Brassica oleracea*. *Journal of Nematology* 25(4): 695.
- Goss, O. (1965) Sugar beet eelworm (*Heterodera schachtii* Schmidt) on cauliflowers and its control. *Journal of the Department of Agriculture, Western Australia* 4(6): 725-729.
- Gracianne, C., E. J. Petit, J. Arnaud, C. Porte, L. Renault, D. Fouvile, C. Rouaux and S. Fournet (2014) Spatial distribution and basic ecology of *Heterodera schachtii* and *H. betae* wild populations developing on sea beet, *Beta vulgaris* ssp. *maritima*. *Nematology* 16: 797-805.
- Gray, F. A., G.D. Francl and F-D. Kerr (1992) Sugar Beet Nematode. University of Wyoming Cooperative Extension Service. (online), available from <<http://nematode.unl.edu/extpubs/wyosbn.htm>>, (accessed 2018-10-01).
- Greco, N. (1985) The sugarbeet cyst nematode in Italy: distribution, yield losses and control. *Nematologia Mediterranea* 13(1): 1-5.
- Greco, N. and A. Brandonisio (1982) Piante infestanti ospiti di *Heterodera schachtii* nella Conca del Fucino. *Nematologia Mediterranea* 10(1): 21-26.
- Greco, N., T. D'Addabbo, A. Brandonisio and F. Elia (1993) Damage to Italian crops caused by cyst-forming nematodes. *Journal of Nematology* 25(4S): 836.
- Griffin, G. D. (1981a) Pathological differences in *Heterodera schachtii* populations. *Journal of Nematology* 13: 191-195.
- Griffin, G. D. (1981b) The relationship of *Heterodera schachtii* population densities to sugarbeet yields. *Journal of Nematology* 13(2): 180.
- Hafez, S. L. and M. M. Seyedbagheri (1997) Sugarbeet cyst nematode: Impact on sugarbeet production in Idaho and Eastern Oregon. University of Idaho, College of Agriculture, Cooperative Extension System, Agricultural Experiment Station. (online), available from <<http://www.extension.uidaho.edu/publishing/pdf/BUL/BUL0792.pdf>>, (accessed 2018-10-01).
- Hafez, S. L. and P. Sundararaj (2009) Evaluation of suppressive effect of trap crops on *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne chitwoodi* under greenhouse conditions. *Nematologia Mediterranea* 37(2): 245-248.
- Haidar, A. M., K. M. Al-Assas and A. A. M. Dawabah (2016) Prevalence, distribution and intraspecific variation of *Heterodera schachtii* populations from semiarid environment. *Saudi Journal of Biological Sciences* 23: 293-299.
- Harveson, R. M. and T. A. Jackson (2008) Sugar beet cyst nematode. University of Nebraska, USA. (online), available from <<http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1906.pdf>>, (accessed 2018-10-01).
- Hauer, M., H. J. Koch, S. Krüssel, S. Mittler and B. Märlander (2016) Integrated control of *Heterodera schachtii* Schmidt in Central Europe by trap crop cultivation, sugar beet variety choice and nematicide application. *Applied Soil Ecology* 99: 62-69.
- Hussain, M. and M. Zouhar (2017) Comparison between Biological and Chemical Management of Sugar Beet Nematode, *Heterodera schachtii*. *Pakistan Journal of Zoology* 49(1): 45-50.
- Ibrahim, I.K.A. and Z. A. Handoo (2015) Survey of phytoparasitic nematodes associated with some crop plants in Northern Egypt. *Journal of Nematology* 47(3): 247.
- Inagaki, H. and M. M. de Scurrah (1976) The possibility of contamination of Peruvian guano by potato cyst nematode. *Japanese Journal of Nematology* 6: 96-97.
- IPPC (2006) Liste Des Organismes Nuisibles Reglementes. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/countries/burundi/reportingobligation/3>>, (accessed 2018-09-18).
- IPPC (2017) Republique Du Senegal Ministere De L'agriculture Et De L'equipement Rural Direction De La Protection Des Vegetaux. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/countries/senegal/reportingobligation/2017/03/livret-phytosanitaire-du-senegal/>>, (accessed 2018-09-18).
- IPPC (2018) Detection of *Heterodera schachtii*. In: IPPC Official Pest Report (No. JPN-07/5). Rome, Italy. < <https://www.ippc.int/> >
- 石橋信義・近藤栄造 (1974) 線虫類の発育ステージと不良環境耐性. 日本線虫研究会誌 4: 1-10.
- 岩堀英晶・上杉謙太 (2013) 有害線虫総合防除技術マニュアル. (独) 農業・食品産技術総合研究機構九州沖

縄農業研究センター.

<http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/nematode.pdf>

Jaffee, B. A. and A. E. Muldoon (1989) Suppression of cyst nematode by natural infestation of a nematophagous fungus. *Journal of Nematology* 21(4): 505.

Jones, F. G. W. (1950) Observations on the beet eelworm and other cyst – forming species of *Heterodera*. *Annals of applied Biology* 37(3): 407-440.

Khan, M. F. R., S. Arabiat, A. K. Chanda, G. Yan (2016) Sugar Beet Cyst Nematode. (online), available from <<https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/sugar-beet-cyst-nematode>>, (accessed 2018-10-01).

Knowledge Master (University of Hawaii, College of Tropical Agriculture and Human Resources, and Hawaii Department of Agriculture) (1993) *Heterodera schachtii*. (online), available from <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/type/h_schac.htm>, (accessed 2018-10-01).

Kim, J., A. O. Mwamula, F. Kabir, J. H. Shin, Y. H. Choi, J. K. Lee and D. Lee (2016a) Efficacy of different nematicidal compounds on hatching and mortality of *Heterodera schachtii* infective juveniles. *The Korean Journal of Pesticide Science* 20(4): 293-299.

Kim, J., T. Kim, Y. Lee, J. Chun, E. M. A. Kern, J. Jung and J. Park (2016b) Characterization of 15 microsatellite loci and genetic analysis of *Heterodera schachtii* (Nematoda: Heteroderidae) in South Korea. *Biochemical Systematics and Ecology* 64: 97-104.(Abstractのみ)

小柳徹・今井修・吉田潔充 (1998) 殺線虫剤ホスチアゼートの開発. 日本農薬学会誌 23(2): 174-183.

Kontaxis, D. G. and I. J. Thomason (1978) Chemical control of *Heterodera schachtii* and sugarbeet production in Imperial Valley, California. *Plant Disease Reporter* 62(1): 79-82.

KWS (2018) KWS SAAT SE. (online), available from <<http://www.kws.com/>>, (accessed 2018-10-01).

Lazzeri, L., R. Tacconi and S. Palmieri (1993) In vitro activity of some glucosinolates and their reaction products toward a population of the nematode *Heterodera schachtii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41(5): 825-829.

Lamberti, F., N. Greco and A. Troccoli (2007) Control and management of plant-parasitic nematodes. In: *Management of nematode and insect-borne plant diseases* (Saxena, G., & Mukerji, K. G. ed.). The Haworth Press, New York: 107-164.

Lear, B., D. E. Johnson, S. T. Miyagawa and R. H. Sciaroni (1966a) Yield response of Brussels sprouts associated with control of sugarbeet nematode and cabbage root nematode in combination with the club root organism, *Plasmodiophora brassicae*. *Plant Disease Reporter* 50: 133-135.

Lear, B., S.T. Miyagawa, D.E. Johnson and C.B. Jr. Atlee (1966b) The sugar beet nematode associated with reduced yields of cauliflower and other vegetable crops. *Plant Disease Reporter* 50: 611-612.

Lopez, D. J. and M. Dolores Romero (1988) *Heterodera schachtii* (Nematoda: Heteroderidae) en comunidades nitrofilas de Salamanca (España). *Nematologia Mediterranea* 16(1): 59-61.

Lombardo, S., A. Colombo and C. Rapisarda (2011) Cyst nematodes of the genus *Heterodera* and *Globodera* in Sicily. *Redia* 94: 137-141.

Mai, W. F. and G. S. Abawi (1980) Influence of crop rotation on spread and density of *Heterodera schachtii* on a commercial vegetable farm in New York. *Plant Disease* 64(3): 302-305.

Michigan Sugar Company (2014) Sugarbeet Cyst Nematode (BCN) anagement Guide. (online), available from <<https://www.michigansugar.com/wp-content/uploads/2014/02/2014-Sugarbeet-Cyst-Nematode-Management-Guide.pdf>>, (accessed 2018-10-01).

Minz, G. (1956) Cyst-forming nematodes in Israel. *Plant Disease Reporter* 40(11): 971-973.(Abstractのみ)

Muchena, P. K., and G. W. Bird (1987) Role of fenamiphos as a nemastat for control of *Heterodera schachtii* in cabbage production. *Plant Disease* 71(6): 552-554.

Müller, J. (1979) [On the number of generations of *Heterodera schachtii* produced in a year under field conditions on sugar beet.] *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 31 (6): S. 92-95. (In: Germany)

Müller, J. (1992) Detection of pathotypes by assessing the virulence of *Heterodera schachtii* populations. *Nematologica* 38: 50-64.

Müller, J. (1998) Resistenz und Toleranz gegen Rübenneematoden (*Heterodera schachtii*) in Zuckerrübensorten. *Zuckerindustrie* 123 (9): 688-693.(Abstractのみ)

Müller, J. (1999) The economic importance of *Heterodera schachtii* in Europe. *Helminthologia* 36: 205-213.

Mulvey, H. R. (1957) Susceptibilities of cultivated and weed plants to the suger-beet nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871, in Southwestern Ontario. *Journal of Helminthology* 31(4): 225-228.

Mulvey, R. H. and A. M. Golden (1983) An illustrated key to the cyst-forming genera and species of Heteroderidae in the Western hemisphere with species morphometrics and distribution. *Journal of*

- Nematology* 15(1): 1-59.
- 奈良部孝・稲垣春郎 (1992) 植物寄生性線虫の移動・分散と分布拡大. In: 線虫研究の歩み(中園和年編) 日本線虫研究会, つくば, pp.82-86.
- NIFA (1999) Crop Profile for Broccoli in California. (online), available from
 <<https://ipmdata.ipmcenters.org/documents/cropprofiles/CABroccoli.pdf>>, (accessed 2018-10-01).
- 日本石灰窒素工業会 (2017) 農薬効果事例. (online), available from
 <<http://www.cacn.jp/effect/effect.html>>, (accessed 2018-10-01).
- Noling, J. W. (2005) Nematode management in commercial vegetable production. University of Florida IFAS Extension, ENY-014. (online), available from
 <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/NG/NG00400.pdf>>, (accessed 2018-10-01).
- 農林省 (1950a) 植物防疫法 (昭和 25 年 5 月 4 日法律第 151 号).
- 農水省 (1950b) 植物防疫法施行規則(昭和 25 年 6 月 30 日 農林省令第 73 号).
- 農林水産省 (1978) 輸入種苗検疫要綱(昭和 53 年 9 月 30 日付け 53 農蚕第 6963 号農蚕園芸局長通達)
- 農林水産省 (2018a) テンサイシストセンチュウの緊急防除に関する省令(平成 30 年 3 月 26 日 農林水産省令第 12 号).
- 農林水産省 (2018b) 植物防疫統計.
- 農林水産省 (2018c) 第 4 回テンサイシストセチュウ対策検討会議(平成 30 年 12 月 6 日開催)概要. (<http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/attach/pdf/hs-3.pdf>)
- 大崎憲生・福地俊樹 (2010) 新規線虫防除剤イミシアホス (ネマキック) 粒剤の特性と使い方. 植物防疫 64(5): 333-337.
- Pavlu, K., J. Chochola, J. Pulkrabek, J. Urban (2017) Influence of sowing and harvest dates on production of two different cultivars of sugar beet. *Plant, Soil and Environment* 63(2): 76-81.
- PMEP (Pesticide Management Education Program, Cornell University) (1988) terbufos (Counter) EPA Pesticide Fact Sheet 9/88 (online), available from <<http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/insect-mite/propetamphos-zetacyperm/terbufos/insect-prof-terbufos.html>>, (accessed 2018-10-01).
- PMEP (Pesticide Management Education Program, Cornell University) (1990) Aldicarb (Temik) - Questions and Answers on Aldicarb: Company Press Release, 10/90 (online), available from <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/insect-mite/abamectin-bufencarb/aldicarb/aldicarb_oth_1090.html>, (accessed 2018-10-01).
- Potter, J. W. and C. F. Marks (1976) Efficacy of oxamyl against *Heterodera schachtii* on cabbage. *Journal of Nematology* 8(1): 38.
- PQIS (2003) Plant Quarantine (Regulation of Import into India) Order, 2003. (online), available from <http://plantquarantineindia.nic.in/PQISPub/html/PQO_amendments.htm#>, (accessed 2018-10-01).
- Radewald, J. D., B. J. Hall, F. Shibuya and J. Nelson (1971) Results of preplant fumigation trial for the control of sugarbeet nematode on cabbage. *Plant Disease Reporter* 55(9): 841-845.
- Raski, D. J. (1950) The life history and morphology of the sugar beet nematode *Heterodera schachtii* Schmidt. *Phytopathology* 40:135-152.
- Raski, D. J. (1952) On the host range of the sugar-beet nematode in California. *Plant Disease Reporter* 36(1): 5-7.
- Raski, D. J., and R. T. Johnson (1959) Temperature and activity of the sugar-beet nematode as related to sugar-beet production. *Nematologica* 4: 136-141.
- Renco, M. and A. Cerevkova (2008) Occurrence and geographical distribution of cyst nematodes in cereals and grassland in the Slovak Republic. *Helminthologia* 45(3): 143-146.
- Rimmer, S. R., V. I. Shattuck and L. Buchwaldt (2007) Compendium of brassica diseases. APS Press, St. Paul, Minnesota: 117pp.
- 三枝敏郎 (1993) センチュウ おもしろ生態とかしこい防ぎ方. (社)農山漁村文化協会 東京: 121pp.
- Saleli, H. and A. N. Qadri (1989) Fungi associated with *Heterodera schachtii* in Jordan. II. Identity and incidence. *Nematologia Mediterranea* 17: 109-112.
- 佐野善一 (1992) 対抗植物と抵抗性作物の線虫密度抑制効果. In: 線虫研究の歩み(中園和年) 日本線虫研究会 つくば, pp.253-257.
- 佐野善一・伊藤賢治 (2014) 第 8 章 線虫の化学的防除試験法. In: 線虫学実験(水久保隆之・二井一禎編) 京都大学学術出版会 京都: 165-172.
- Sasanelli, N. and T. D'Addabbo (1992) The effect of *Cineraria maritima*, *Ruta graveolens* and *Tagetes erecta* extracts on the hatching of *Heterodera schachtii*. *Nematologia Mediterranea* 20(1): 49-51.
- Schmitt, D. P. and B.S. Sipes (2000) Plant-parasitic Nematodes and their management. Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture (Silva, J. A.

- and R. Uchida ed.) 145-149. (Online), available from
<https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm16.pdf>, (accessed 2017-11-10).
- Seaman, A. (2016) 2016 Organic Production and IPM Guide for Cole Crops. (online), available from
<https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/42893/2016-org-cole-crops-NYSIPM.pdf?sequence=5>, (accessed 2018-10-01).
- SESVanderHAVE (2014) Technical leaflet SESVanderHave Beet Cyst-Nematode.
- Sethi, C. L., R. P. Nath, V. K. Mathur and S. Ahuja (1972) Interceptions of plant parasitic nematodes from imported seed/plant material. *Indian Journal of Nematology* 2: 89-93.
- Siddiqui, I. A., S. A. Sher and A. M. French (1973) Distribution of plant parasitic nematodes in California. Division of Plant Industry, State of California Department of Food and Agriculture, USA. 324pp.
- Sijmons, P. C., F. M. Grundler, N. Mende, P. R. Burrows and U. Wyss (1991) *Arabidopsis thaliana* as a new model host for plant-parasitic nematodes. *The Plant Journal* 1(2): 245-254.
- Smith, H. J., F. A. Gray and D. W. Koch (2004) Reproduction of *Heterodera schachtii* Schmidt on resistant mustard, radish, and sugar beet cultivars. *Journal of Nematology* 36(2): 123-130.
- Starr, J. L., W. F. Mai and G. S. Abawi (1978) Effects of oxamyl on the reproduction of *Meloidogyne hapla* and *Heterodera schachtii*. *Journal of Nematology* 10(4): 378.
- Steele, A. E. (1984) Nematode parasites of sugar beet. In: *Plant and insect nematodes*. (Nickle, W. R. ed.) Marcel Dekker Inc. New York: 507-569.
- Sturhan, D. (2014) Plant-parasitic nematodes in Germany-an annotated checklist. *Soil organisms* 86(3): 177-198.
- Subbotin, S. A., Mundo-Ocampo, M. and Baldwin, J. G. (2010) Systematics of Cyst Nematodes (Nematoda: Heteroderinae). *Nematology Monographs and Perspectives* 8B (Series Editors: Hunt, D. J. and Perry, R. N.). Brill, Leiden. 512pp.
- Syngenta (2017) Ratgeber Ackerbau Herbst 2017 – Region Ost. (online), available from
<https://www.syngenta.de/news/agrar-news/ratgeber-ackerbau-herbst-2017-erschienen>, (accessed 2018-10-01).
- Syngenta United States (2018) Clariva pn Seed Treatment. (online), available from
<http://www.syngenta-us.com/seed-treatment/clariva-pn>, (accessed 2018-10-01).
- Syngenta Canada (2018) Clariva® pn Seed Treatment. (online), available from
<https://www.syngenta.ca/Productsdetail/clariva-pn>, (accessed 2018-10-01).
- Szakasits, D., Heinen, P., Wieczorek, K., Hofmann, J., Wagner, F., Kreil, D. P. and Bohlmann, H. (2009) The transcriptome of syncytia induced by the cyst nematode *Heterodera schachtii* in *Arabidopsis* roots. *The Plant Journal* 57(5): 771-784.
- Townshend, J. L. (1965) Economically important nematodes in Ontario. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 96: 15-16.
- 竹原利明 (2016) バイオフミゲーションに関する近年の研究と技術開発の動向. 植物防疫 70(8): 32-36.
- Thorne, G. (1961) Principles of Nematology. McGraw-Hill Book Company, 553pp.
- Turner, S. J. and K. Evans (1998) The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* (Woll.) and *Globodera pallida* Stone). In: *Potato cyst nematodes, biology, distribution and control* (Marks, R. J. and B. B. Brodie, eds.). CAB International, Wallingford, UK. pp. 7-26.
- University of California (2008) UC Pest Management Guidelines for Nematodes on Cole Crops. (online), available from <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r108200111.html>, (accessed 2018-10-01).
- University of California (2009) UC Pest Management Guidelines for Nematodes on Spinach. (online), available from <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r732200111.html>, (accessed 2018-10-01).
- University of California (2016) UC Pest Management Guidelines for Nematodes on Sugarbeet. (online), available from <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r735200111.html>, (accessed 2018-10-01).
- van Gundy, S. D. (1965) Factors in survival of nematodes. *Annual review of Phytopathology* 3: 43-68.
- Westerdahl, B. B., H. L. Carlson, J. Grant, J. D. Radewald, N. Welch, C. A. Anderson, J. Darso, D. Kirby and F. Shibuya (1992) Management of plant-parasitic nematodes with a chitin-urea soil amendment and other materials. *Journal of Nematology* 24(4S): 669.
- Westphal, A. (2013) Vertical distribution of *Heterodera schachtii* under susceptible, resistant, or tolerant sugar beet cultivars. *Plant Disease* 97(1): 101-106.
- Whitehead, A. G. (1997) Plant Nematode Control. CAB International. Wallingford: 384pp.
- Whitehead, A. G., D. J. Tite, P. H. Finch, J. E. Fraser and E. M. French (1979) Chemical control of beet cyst-nematode, *Heterodera schachtii*, in some peaty loam soils. *Annals of Applied Biology* 92(1): 73-79.
- Winslow, R. D. (1954) Provisional lists of host plants of some root eelworms (*Heterodera* spp.). *Annals*

- of applied Biology* 41(4): 591-605.
- Winiszewska, G., E. Dmowwska, A. Chatanska, R. Dobosz, F. Kornobis, K. Ilieva-Makulec, A. Skwiercz, S. Wolny and E. Ishage (2012) Nematodes associated with plant growth inhibition in the Wielkopolska region. *Jornal of plant protection research* 52(4): 440-446.
- Wright, G. P. (1950) Sugar beet nematode in the Salinas district. *Spreckels Sugar Beet Bulletin* 14(5): 35-40. (Abstract のみ)
- WTO (2017) Emergency notification (G/SPS/N/CRI/193, 23/11/2017, Costa Rica, " Proyecto Resolución 103-2017-ARP-SFE, y Guía Técnica NR-ARP-GT01 "Guía plantas para plantar" (Draft Resolution 103-2017-ARP-SFE, and Technical Guide NR-ARP-GT01: "Guide on plants for planting"). (online), available from
 <[https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE_Search/FE_S_S008.aspx?NotifyingCountryList="Costa+Rica"&CrnSubjectList=&IssuingDateFrom=01%2f01%2f2018&IssuingDateTo=31%2f12%2f2018&FullText=&IsFullTextFull=False&FullTextHash=371857150&SymbolList=&MeasureList=&AffectedCountryList=&ReceptionDateListFrom=&ReceptionDateListTo=&HSCClassificationList=&ServicesClassificationList=&EnvironmentClassificationList=&ICSCClassificationList=&ICSCClassificationDescList:EnvironmentClassificationDescList:ServicesClassificationDescList:HSCClassificationDescList=&Language=ENGLISH&SourcePage=FE_S_S003&SearchPage=FE_S_S003&ShortNameMatchList="SPS+Art.+7%2c+Annex+B"&languageUIChanged=true#](https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE_Search/FE_S_S008.aspx?NotifyingCountryList=)>, (accessed 2018-09-19).
- Yu, Q., R. Tsao, M. Chiba and J. Potter (2005) Selective nematicidal activity of allyl isothiocyanate. *Journal of Food Agriculture and Environment* 3: 218-221.