

Fusarium oxysporum f. sp. *pisi*
(エンドウ萎ちょう病菌) に関する
病害虫リスクアナリシス報告書

令和 7 年 1 月 21 日 改訂

農林水産省
横浜植物防疫所

主な改訂履歴及び内容

平成 31 年 3 月 25 日 作成

令和 6 年 2 月 19 日 発生国の追加（パキスタン、クロアチア、ポルトガル、エジプト及びコロンビア）

令和 7 年 1 月 21 日 経路（栽植用植物）及びリスク管理措置の追加（栽植用植物に対する栽培地検査及び精密検定）

目次

はじめに	1
I リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報（有害植物）	1
1. 学名及び分類	1
2. 地理的分布	1
3. 宿主植物及び日本国内での分布	2
4. 感染部位及びその症状	2
5. 移動分散方法	3
6. 生態	3
7. 媒介性又は被媒介性	4
8. 被害の程度	4
9. 防除	4
10. 同定、診断及び検出	5
11. 我が国における現行の植物検疫要件	6
12. 諸外国での輸入検疫要件	6
II 病害虫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）	8
1. 有害動植物の類別	8
2. 農業生産等への影響の評価	8
3. 入り込みの可能性の評価	10
4. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> の病害虫リスク評価の結論	13
第3 病害虫リスク管理（ステージ3）	14
1. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> に対するリスク管理措置の選択肢の検討	14
2. 経路ごとの <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> に対するリスク管理措置の選択肢の 検討	17
別紙1 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> の発生国等の根拠	19
別紙2 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> の宿主植物の根拠	21
別紙3 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i> の宿主植物に関連する経路の年間輸入量 （発生国からの貨物、郵便物及び携帯品）	22
参考 種子の検定を実施する場合の粒数の考え方について	24
引用文献	26

はじめに

Fusarium oxysporum f. sp. *pisi* は、エンドウに感染し、植物体の黄化や萎ちょう・枯死を引き起こす糸状菌である。本菌は、土壌伝染性で、一度土壌中に侵入すれば根絶には困難を伴うことが知られている。また、本菌は種子伝染することから、我が国では植物防疫法規則別表 1 の 2 で規定し、本病発生国から輸入される種子については、採種用親植物について栽培地検査が必要としている。今般、現行の検疫措置の有効性について改めて評価するため、病害虫リスクアナリシスを実施した。

I リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報（有害植物）

1. 学名及び分類

（１）学名（CABI, 2024）

Fusarium oxysporum f. sp. *pisi* (Linford) Snyder & Hansen

（２）英名、和名等（CABI, 2024; 日本植物病理学会, 2024）

英名：fusarium wilt of pea (CABI, 2024)、wilt of pea (CABI, 2024)、
Fusarium wilt (Kraft and Pfleger, 2001; Sherf and Macnab, 1986)、
near-wilt (Kraft and Pfleger, 2001; Sherf and Macnab, 1986)

和名：エンドウ萎ちょう病菌

（３）分類（CABI, 2024）

種類：菌類

科：Nectriaceae

属：*Fusarium*

（４）シノニム（CABI, 2024）

Fusarium orthoceras var. *pisi* Linford

Fusarium pisi

Fusarium vasinfectum var. *pisi*

（５）系統等

本菌は、11 の race が報告されていたが、その後の研究で、race 1、2、5 及び 6 の 4 つに絞られ、それ以外の race は race 1 又は 2 の変異とされた (Brayford, 1996)。

race 1 (*Fusarium* wilt) は 1924 年、米国ウィスコンシン州において確認され、その後、race 1 に抵抗性のある品種を導入していたところ、エンドウに立ち枯れ症状が発生し、near-wilt とされる race 2 が確認された (Kraft and Pfleger, 2001)。race 2 は米国の全エンドウ生産地域で報告されており、世界中の発生地域のエンドウ生産地でも報告されている (Kraft and Pfleger, 2001)。race 3 及び race 4 はそれぞれオランダとカナダで報告されていたが、その後、それらは race 2 に再分類されるとともに、両 race は経済的には重要ではないことが明らかとなった (Kraft and Pfleger, 2001)。race 5 及び race 6 は 1970 年代のワシントン州北西部で報告され、発病に好適な気候等により急速に広がり、ワシントン州北西部やブリティッシュコロンビア州南西部で経済的に重要な race となっていたが、その後、抵抗定品種の開発などにより、ワシントン州西部では、経済的重要性は減少している (Kraft and Pfleger, 2001)。

2. 地理的分布

（１）国又は地域（詳細は別紙 1 を参照。）

アジア：インド、台湾、中華人民共和国、パキスタン

欧州：アゼルバイジャン、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、オランダ、カザフスタン、キルギス、クロアチア、ジョージア、スロバキア、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、フランス、ベラルーシ、ベルギー、ポーランド、ポルトガル、モルドバ、ラトビア、リトアニア、ルーマニア、ロシア

アフリカ：アルジェリア、エジプト、モロッコ

北米：アメリカ合衆国、カナダ

中南米：アルゼンチン、コロンビア、ブラジル

大洋州：オーストラリア、ニュージーランド、ハワイ諸島

我が国では、平成 14 年に愛知県で初めて確認され、ほ場で本菌による被害が報告された（松崎ら, 2003）。その後、平成 15 年に静岡県、平成 21 年に和歌山県、平成 27 年に北海道で本菌が確認された（Sakoda et al., 2019）。本菌の race については愛知県及び静岡県では race 2 及び race 5 に近い系統が確認された（上田ら, 2004; 間下ら, 2006）。本菌発生地域では、罹病株の処分、土壌消毒等の防除が行われ、必要に応じてモニタリング調査等を実施しているが、その後、国内における本菌の発生に関する報告はない。

（2）生物地理区

本菌は、旧北区、新北區、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. 宿主植物及び日本国内での分布

（1）宿主植物（詳細は別紙 2 を参照）

マメ科：エンドウ（*Pisum sativum*）

（2）日本国内における宿主植物の分布及び栽培状況

本菌の宿主植物であるエンドウは 47 都道府県で栽培されている。

4. 感染部位及びその症状

本菌は通常、エンドウの根の先端や傷ついた根、子葉節から侵入・感染する（Kraft and Pfleger, 2001）。枯死した宿主組織上に、粘液性の分生子を形成することがある（Brayford, 1996）。

race 1 は、ほ場では感染の広がりが遅く、感染が明確にわかるまで 2 年以上かかることもある（Sherf and Macnab, 1986）。菌糸の発生は宿主植物の道管に限られており、根の皮層の腐敗はほとんどなく、病原菌は土壌から皮層を経て道管に侵入する（Dixon, 1981）。菌糸は根に侵入し、道管を通じ上部に広がっていくが、進行が遅く、症状が現れるまでに 25 日かかることもある（Sherf and Macnab, 1986）。なお、症状が現れるまでの期間は土壌の温度や土壌中の菌量にもよる（Sherf and Macnab, 1986）。宿主植物が枯死した後、病原菌は皮層から出てきて、茎の表面に大量の胞子と共に白色の子座をつくる（Dixon, 1981）。

また、本菌は厚壁胞子をつくり、10 年以上、土壌中で生存できる（Kraft and Pfleger, 2001）。厚壁胞子は、罹病植物や植物残さ中にも存在する（Kraft, 1994）。さらに、本菌は、種子伝染することも報告されており、種子においては内部あるいは種子表面に付着した汚染土壌や植物残さ中に存在する（Kraft and Pfleger, 2001; Kraft, 1994）。なお、種子表面での症状に関する報告はない。

race 1 の主な症状は茎葉のわい化や黄化であり、明確な立ち枯れを起こすこともある。通常、さやを作らなくなり、平らになったさやには種子が形成されなくなる (Sherf and Macnab, 1986)。race 1、5 及び 6 の症状は似ており、収穫前に感染し、枯死させるが、初期症状としては、葉や托葉（たくよう）が下方に巻く (Kraft and Pflieger, 2001)。茎の下位部の節間は厚くなり、葉や茎は堅くもろくなり、根部は表面的には普通に見えるが、縦に切断すると、道管組織が黄色やオレンジに退色していることがある (Kraft and Pflieger, 2001)。この色は感染植物の茎の下位部に広がり、感染が進行すると、葉の黄化は茎の根元から植物の頂部に徐々に広がる (Kraft and Pflieger, 2001)。土壌温度が 20°C を超えると、感染は急激に進行し、枯死する。特に土壌中に十分な菌が存在する場合は、race 1、5 及び 6 に感染すると、感受性のある植物はすぐに枯死する (Kraft and Pflieger, 2001)。また、ほ場では、発生した区画のすべての植物が枯死したり、枯死しかけていたりすることは珍しいことではない (Kraft and Pflieger, 2001)。race 2 の症状は、通常開花期やさや形成期に現れる (Kraft and Pflieger, 2001)。また、最適温度が 82°F (27.8°C) と、race 1 の 74°F (23.3°C) より高いことから、遅い季節に発生する (Sherf and Macnab, 1986)。症状は race 1、5 及び 6 の症状と似ており、葉が緑灰色に変色したり、葉や托葉が下方に巻く、植物の基部から頂部にかけて葉が黄化する (Kraft and Pflieger, 2001)。ただし、進行は遅く、さやの形成期に最も病徴が現れやすいこともあり、成熟直前に枯死することもある (Dixon, 1981)。根や茎の道管組織の退色は、race 1、5 及び 6 よりも激しく、オレンジ色から濃い赤色になり、根から植物の頂部近くまで進行する (Kraft and Pflieger, 2001)。

5. 移動分散方法

(1) 自然分散

本菌が混入した土壌や植物残さが風雨により分散する (Kraft and Pflieger, 2001)。

(2) 人為分散

本菌は、人為的に運ばれる土壌や植物の残さにより分散し、長距離の分散は感染種子により起こる (Kraft and Pflieger, 2001)。栽培に伴う汚染土壌の移動によっても分散する (Brayford, 1996)。

また、種子伝染が報告されていることから、汚染種子の移動による分散が考えられる。とくに race 2 は生育後期（開花からさやの発達時）に発生し、通常、開花前には植物を枯死させるような race 1、5 及び 6 よりも種子伝染率は高くなる (Kraft and Pflieger, 2001; Kraft, 1994)。

6. 生態

(1) 中間宿主及びその必要性

情報なし。

(2) 伝染環

本菌によって汚染された土壌や植物残さが感染源となり、風雨により分散する。また、種子伝染する (Kraft and Pflieger, 2001; Kraft, 1994)。

(3) 植物残さ中での生存

本菌は枯死した宿主組織上に胞子を形成する (Brayford, 1996)。

(4) 耐久生存態

本菌は厚壁胞子をつくり、土壌中で 10 年以上生存できる (Brayford, 1996; Kraft

and Pfleger, 2001)。

7. 媒介性又は被媒介性

情報なし。

8. 被害の程度

本菌は明確な収量低下や品質の低下を引き起こす。病原菌にとって理想的な環境であれば被害は深刻で、ほ場すべてのエンドウが枯死することもある (Kraft and Pfleger, 2001)。race 2 は、感染ほ場の 1 ～ 3 % の植物体を枯死させるが、粗粒質土壌で、地温が 25℃ に近い時に最も深刻な被害をもたらすとの報告がある (Kraft and Pfleger, 2001)。

9. 防除

(1) 化学的防除法

ア 植物体へのベノミル及びカルベンダジム散布 (日本ではベノミル水和剤として種子粉衣に適用) 並びに臭化メチルを用いた土壌くん蒸 (Brayford, 1996)。

イ 種子 1 kg に対して 2 g のチウラム＋グラファイト処理は、台湾における冬作エンドウ (11 月～2 月) には効果があるが、夏作エンドウ (8 月～12 月又は 2 月～5 月) には効果がない (Lin, 1991)。

ウ 石灰窒素の施用 (300kg/ha) で、本病発生を減少させる (Lin, 1991)。

エ 我が国の登録農薬情報 (農林水産省, 2024)

(ア) 種子粉衣

- ①チウラム・チオファネートメチル水和剤：豆類（種実及び未成熟（フザリウム・リゾクトニア菌による病害）
- ②ベノミル水和剤：野菜類（フザリウム菌による病害）
- ③チウラム・ベノミル水和剤：豆類（種実）及び野菜類（フザリウム・リゾクトニア菌による病害）
- ④チウラム水和剤：野菜類、豆類（種実）（フザリウム・リゾクトニア菌による病害（立枯病等）

(イ) 土壌くん蒸

クロルピクリンくん蒸剤（液剤、錠剤、テープ状製剤）：えんどう、さやえんどう、実えんどう（萎ちょう病）

(ウ) 土壌表面散布又は灌水（かんすい）

カーバムナトリウム塩液剤：さやえんどう、実えんどう（萎ちょう病）

(2) 耕種的防除法

ア 抵抗性品種の活用 (Brayford, 1996; Dixon, 1981; Kraft and Pfleger, 2001)。

イ 輪作

台湾では、以下のとおり、水田との輪作等が、菌密度の低減に資する旨報告がある (Brayford, 1996)。

(ア) 水田耕作による 1 作期間の灌水は、本菌の菌密度を効果的に低減した (Wang & Lin, 1985)。

(イ) 11 月～2 月に栽培される冬作エンドウほ場における本菌の race 2 は、水稻 2 作との輪作（水稻-水稻-エンドウ）で（菌密度が）減少した (Lin, 1991)。

ウ エンドウ以外の作物の植付けを推奨（愛知県, 2005; 北海道, 2017; 和歌山県, 2010)。

エ 露地に本菌の race 2 が存在する場合、早期植付け (Kraft and Pfleger, 2001)。

オ ほ場衛生：前作物や生産資材の適切な処理、作業機械の洗浄（愛知県, 2005; 北海道, 2017; 和歌山県, 2010）。

カ 直まき：実験では、直まきすることにより発病を遅らせ、発病程度を低くする効果が確認され、定植による根傷みが病原菌の侵入を促進する可能性がある（吉田・間下, 2005）。

キ り病株の適切な処分（愛知県, 2005; 北海道, 2017; 和歌山県, 2010）。

（３）物理的防除法

参考情報として、和歌山県内のビニルハウスの土壌に苗立枯症状を呈したエンドウから分離した *Fusarium* 属菌を混和接種し、太陽熱土壌消毒（消毒期間 2015 年 8 月 7 日～9 月 10 日の 35 日間）を実施し、消毒前後の土壌中の供試菌の菌密度及び消毒期間中の地温を測定した結果、土壌消毒前の深さ 5cm 及び 15cm の土壌 1g あたりの菌数は 930cfu（コロニー形成単位）及び 110cfu であり、土壌消毒後はともに検出できなかった（和歌山県, 2018）。

（４）総合的防除法

臭化メチルによる土壌くん蒸と耕起の組合せ（Brayford, 1996）。

10. 同定、診断及び検出

本菌を含む *Fusarium oxysporum* 種には宿主植物を異にする多くの分化型（f. sp.）や非病原性 *F. oxysporum* 菌株が存在し、かつ、同種、同分化型内又は非病原性株内でも遺伝学的に多様との報告があり、本菌を含む植物病原性 *F. oxysporum* 種に係る診断等は、一部の分化型（f. sp.）を除き、形態観察及び接種試験による宿主確認が主体とされている（Baayen, et al., 2000; Booth, 1971; 平野ら, 2012）。

本菌については以下のとおり。

（１）同定及び診断

培地上で、無色、無隔壁、紡すい形の小型分生子（2.5-4 μm ×6-15 μm ）、無色、多隔壁の分生子（3.5-5.5 μm ×22-25 μm ）及び厚壁胞子を生じる（Dixon, 1981）。本菌は、形態により *F. oxysporum* 種と同定（Booth, 1971; Gerlach and Nirenberg, 1982）できるが、分化型（f. sp. *pisi*）の確認は、宿主植物であるエンドウ苗（感受性品種）への接種試験（病原性調査）を要する（Kraft and Pfleger, 2001; 農林水産省, 2018）。なお、菌の分離から病原性確認までは、1 か月前後要する（Kraft and Pfleger, 2001; 迫田ら, 2017）。

（２）検出

現時点では、本菌（分化型（f. sp. *pisi*））に特異的な血清学的診断法の報告はない。また、遺伝子診断法については、Gherbawy が PCR 法の一つ（RAPD (Random amplified polymorphic DNA) -PCR 法）で本菌（分化型（f. sp. *pisi*））を検出できる旨の報告をしているが、2 菌株しか供試しておらず（Gherbawy, 1999）、本菌のすべての race（1、2、5 及び 6）を供試した旨の記載はない。

また、本菌とその他の *Fusarium* 属菌との識別するための PCR 法を開発した旨の報告があるが、供試された菌株はすべて日本で確認された菌株であり（Kotera, et al., 2022）、race や海外発生株の検出の可否に関する記載はない。

（３）種子検定手法

本菌に係る種子検定法の情報はなかった。

なお、エンドウ種子（菌類に限る）又は *Fusarium* 属菌についての種子検定法（ブロッタ法等での検定粒数）は、以下のとおり。

ア エンドウ種子

Ascochyta pisi, *A. pinodes* 及び *A. pinodella* : 400 粒／ロット (ISTA, 2024a)

イ *Fusarium* 属菌

マツ類種子 : 400 粒 (FAO, 2017b; ISTA, 2024b)

1 1. 我が国における現行の植物検疫要件

本菌は植物防疫法施行規則（農林省, 1950）別表 1 に規定されている検疫有害植物であり、同施行規則別表 1 の 2 に規定されている国又は地域からの宿主植物の種子であって栽培の用に供するものは、その採種用の親植物について、本菌の発生が知られていない場合で栽培され、生育後期に栽培地検査を行って本菌の発生がないことを確認し、その旨を検査証明書に追記することを要求している（農林水産省, 1998）。

1 2. 諸外国での輸入検疫要件

本菌により輸入を規制（輸入禁止）している国はない。

Ⅱ 病害虫リスクアナリシスの結果

第1 開始（ステージ1）

1. 開始

Fusarium oxysporum f. sp. *pisi* に対するリスク評価を行い、現行の検疫措置の有効性を検討するため、病害虫リスクアナリシスを実施する。

2. 対象となる有害動植物

Fusarium oxysporum f. sp. *pisi* を対象とする。

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（我が国を除く）」からの「3 宿主植物及び日本国内での分布」に示す「宿主植物」であって、「4 感染部位及びその症状」に示す「感染部位」を含む植物を対象とする。

4. 対象となる地域

日本全域を対象とする。

5. 開始の結論

本菌を開始点とし、そ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 病虫害リスク評価（ステージ2）

1. 有害動植物の類別

ステージ1で特定された有害動植物について、国内における発生及び公的防除の有無、定着及びまん延の潜在性並びに経済的影響を及ぼす潜在性について調査し、検疫有害動植物となる潜在性を有するかを検討する。なお、以下の（1）から（3）の評価項目の判断基準を満たしていない場合は、それが判明した時点で評価を中止できるものとする。

（1）有害動植物の国内での発生の有無及び公的防除の有無等

Fusarium oxysporum f. sp. *lisi* は、現在、国内未発生と目される。

（2）定着及びまん延の潜在性

本菌の宿主植物であるエンドウは、47 都道府県で栽培されていることから、定着及びまん延する潜在性があると判断する。

（3）経済的影響を及ぼす潜在性

本菌に感染した場合、枯死、茎葉のわい化、黄化、葉巻、根や茎の道管組織の退色等の症状を引き起こし、収量と品質が明確に低下することが報告されている。また、病原菌にとって理想的な環境であればほ場すべてのエンドウが枯死することもあるとの報告がある。

したがって、もし、本菌が国内に入り込み、定着及びまん延した場合、経済的影響を及ぼすおそれがある。

（4）評価にあたっての不確実性

特になし。

（5）有害動植物の類別の結論

本菌は過去には散発がみられたが、防除やモニタリング等により現在、国内未発生と目される。宿主植物であるエンドウは国内で広く栽培されていることから、本菌が国内に入り込み、定着及びまん延する可能性がある。また、本菌は発生記録がある国において被害報告があることから、国内においても経済的影響を及ぼす可能性は否定できない。

したがって、本菌は、検疫有害動植物となる潜在性を有することから、引き続き「2. 農業生産等への影響の評価」で評価を行う。

2. 農業生産等への影響の評価

（1）定着の可能性の評価

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

本菌は土壌伝染及び種子伝染すると考えられており、植物残さ上でも生存可能であることから、我が国で生活環を維持できると考える。

（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

中間宿主が必須との情報は得られていない。

（ウ）潜在的検疫有害動植物の繁殖戦略

本菌は有害植物であるため、評価基準に基づき5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

本菌の宿主植物であるエンドウは 47 都道府県で栽培されており、評価基準に基づき 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

本菌が宿主とする植物の科は、マメ科のみが知られている。

(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、南極区及び新熱帯区の 8 区に分布する。よって、評価基準に基づき 5 点と評価した。

ウ 定着の可能性の評価結果

評価した項目の評価点の平均から、定着の可能性の評価点は 5 点満点中の 5 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) ベクター以外による伝搬

a 移動距離

本菌は胞子をつくり、風雨及び種子で分散することが知られているため、評価基準に基づき 5 点と評価した。

b 伝染環数

本菌は胞子で分散することが知られており、種子伝染、土壌伝染することから、複数の伝染環を持つと考えられ、評価基準に基づき 5 点と評価した。

(イ) ベクターによる伝搬

a ベクターの移動距離

本菌のベクターによる伝搬の情報はないことから、本項目は評価しない。

b 伝搬様式

本菌のベクターによる伝搬の情報はないことから、本項目は評価しない。

イ 人為分散

(ア) 農作物を介した分散

本菌の宿主植物であるエンドウは 47 都道府県で生産されており、評価基準に基づき 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、栽培に伴う汚染土壌の移動によって分散することが知られていることから、評価基準に基づき 5 点と評価した。

ウ まん延の可能性の評価結果

評価した項目の評価点の平均から、まん延の可能性の評価点は 5 点満点中の 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

本菌の宿主植物であるエンドウの産出額の合計は 184 億円であることから、評価基準に基づき 1 点と評価した。

(イ) 生産への影響

本菌の宿主植物であるエンドウは付録2に記載されており、感染ほ場の1～3%を枯死させるなど、明確な経済的被害が報告されており、商品価値が失われている。よって、評価基準に基づき4点と評価した。

(ウ) 防除の困難さ

海外における公的防除の事例はない。

(エ) 直接的影響の評価結果

上記2項目の評価点の積は4点となり、評価基準に基づき直接的影響の評価点は1点となった。

イ 間接的影響

(ア) 農作物の政策上の重要性

本菌の宿主植物であるエンドウは政策上重要とされている品目に該当しないことから、本項目は評価しない。

(イ) 輸出への影響

本菌を対象として、宿主植物の輸入禁止等の制限を行っている国はないことから、本項目は評価しない。

ウ 経済的重要性の評価結果

直接的影響の評価点と間接的影響の評価点の和から、経済的重要性の評価点は5点満点中の1点となった。

(4) 評価における不確実性

特にない。

(5) 農業生産等への影響評価の結論（病虫害固有のリスク）

定着及びまん延の可能性並びに経済的重要性の3項目の評価点の積は25点となり、本菌の農業生産等への影響の評価を「中程度」と結論付けた。

3. 入り込みの可能性の評価

項目	評価における判断の根拠等		
(1) 感染部位	茎葉、根、さや、種子		
(2) 国内に侵入する可能性のある経路	侵入経路は〔栽植用植物〕、〔栽植用種子〕、〔消費生植物〕、〔消費穀類〕、〔消費乾燥植物類〕と特定される。 ※		
	用途	部位	経路となる可能性
	ア 栽植用植物	葉、茎、根	○
	イ 栽植用種子	種子	○
	ウ 消費生植物	葉、茎、根、さや、種子	○
	エ 消費穀類	種子	○
	オ 消費乾燥植物類	葉、茎、根、種子	○

(3) 宿主植物の輸入データ	別紙3を参照
----------------	--------

※本来の用途ではない目的に利用されることが想定される場合は、その想定される用途の評価結果を適用する（例えば、消費用途の植物が栽培用として利用される場合など）。

(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。よって、評価基準に基づき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

本菌は有害植物である。よって、評価基準に基づき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

栽植用植物は、直接栽培施設、ほ場等へ持ち込まれる。よって、評価基準に基づき、5点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

栽培用植物は、栽植用として利用されることで入り込みが完了することから、評価基準に基づき5点と評価した。

(オ) 評価における不確実性

特にない。

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評価点の平均値は5点であり、本菌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。よって、評価基準に基づき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

本菌は有害植物であり、評価基準に基づき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

栽植用植物は、直接栽培施設、ほ場等へ持ち込まれる。よって、評価基準に基づき5点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

栽植用種子は、栽植用として利用されることで入り込みが完了することから、評価基準に基づき5点と評価した。

(オ) 評価における不確実性

特にない。

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評価点の平均値は5点であり、本菌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。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

本菌は有害植物であり、評価基準に基づき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

本菌の感染記録のある植物であるエンドウは47都道府県で栽培されており、評価基準に基づき4点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

本菌は風媒伝搬することから、評価基準に基づき2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評価点の平均値は4点であり、本菌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「中程度」と結論付けた。

エ 消費穀類

(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）

消費穀類については、原産地で本菌の生存率に影響を与える加工等が実施されているかは不明である。本菌は厚壁胞子をつくり10年以上土壌中で生存できることから、評価基準に基づき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

本菌は有害植物であり、評価基準に基づき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

植物の用途は消費植物（穀類・豆類）であることから、評価基準に基づき1点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

本菌は風媒伝搬することが報告されているが、種子内部の本菌は風媒伝搬に関与しないと考える。また、本菌は道管病であり、茎の表面に大量の胞子を形成するが、本菌が付着した種子表面に症状を示す報告はないことから、種子表面では胞子が形成されず、茎等の他の感染部位に形成された胞子のみが種子に付着すると考えられる。このため、風媒伝搬が起こるために十分な量の胞子は種子上に存在せず、消費穀類から風媒伝搬によって健全植物へ本菌を感染させる可能性は極めて低く、無視できると判断した。よって、評価基準に基づき「評価中止」とした。

(オ) 評価における不確実性

特になし。

消費穀類の入り込みの可能性の評価の結論

本菌の消費穀類を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「無視できる」と結論付けた。

オ 消費乾燥植物類

(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）

消費乾燥植物類については、原産地で本菌の生存率に影響を与える加工等が実施されているかは不明である。本菌は厚壁胞子をつくり10年以上土壌中で生存できることから、評価基準に基づき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

本菌は有害植物であり、評価基準に基づき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

本菌の宿主植物であるエンドウは47都道府県で栽培されており、消費用植物の評価基準に基づき4点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

本菌は茎の表面に大量の胞子を形成し、風媒伝搬することから、評価基準に基づき2点と評価した。

(オ) 評価における不確実性

特になし。

消費用乾燥植物類の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の評価点の平均値は4点であり、本菌の消費用乾燥植物類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。

4. *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* の病害虫リスク評価の結論

Fusarium oxysporum f. sp. *pisi* は検疫有害動植物であり、栽植用植物、栽植用種子、消費用生植物及び消費用乾燥植物類を経路として入り込む可能性がある」と評価した。

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	
中程度	ア 栽植用植物 (地上部を含む)	高い	中程度 (入り込みの可能性が高い)
	イ 栽植用種子	高い	中程度 (入り込みの可能性が高い)
	ウ 消費用生植物	中程度	低い
	エ 消費用穀類	無視できる	無視できる
	オ 消費用乾燥植物類	中程度	低い

第3 病害虫リスク管理 (ステージ3)

リスク評価の結果、*Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* はリスク管理措置が必要な検疫有害植物であると判断されたことから、ステージ3において、発生国からの宿主植物の輸入に伴う本菌の入り込み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. *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* に対するリスク管理措置の選択肢の検討

選択肢	方法	有効性及び実行可能性の検討	実施主体 (時期)	有効性	実行可能性
①病害虫の無発生 の地域、 生産地又 は生産用 地の設定 および維 持	ISPM 4 (FAO, 2024) 又 は 10(FAO, 2017a)に基づき設定および維持する。	〔有効性〕 ● ISPM に基づき輸出国植物防疫機関が設定、管理及び維持する病害虫無発生地域、生産地又は生産用地であって、本菌の感染がないことを確認した種子を利用することができれば、有効である。 〔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	ISPM14(FAO, 2021a) に基づき実施する。	複数の管理措置の組合せであるシステムズアプローチの有効性及び実行可能性については、具体的に提案される管理措置の内容を検討する必要がある。	輸出国 (輸出前)	—	—
③栽培地 検査	栽培期間中に生育場所において植物の症状等を観察する。	〔有効性〕 ● 栽培期間中に症状を明瞭に現す場合は有効である。 ● 本菌は、茎葉の黄化や葉巻等の症状を示す。特に植物体の生育後期には黄化、立ち枯れ等の明確な症状を生じることから、栽培中の検査は有効である。 〔実行可能性〕 ● 輸出国において適期に本菌の発生がないことを確認する等、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 (栽培中)	○	○

④消毒	化学的方法、物理的方法等による殺菌処理	〔有効性〕 ●本菌に対し十分に効果のある薬剤は知られていない。 ●種子粉衣により種子の保菌率は低減できる。 〔実行可能性〕 ●適切に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 (輸出前) 輸入国 (輸入時)	× ×	○ ○
⑤精密検定	菌の形態観察及び接種試験	〔有効性〕 ●本菌の種子検定法の情報は無いが植物体又は種子から菌を分離・培養し、菌の培養性状及び形態を観察することにより <i>F. oxysporum</i> 種まで同定可能。また、エンドウ苗（感受性品種またはレース判別品種）への接種試験により病原性の確認及び分化型の特定が可能。 ●しかし、症状を現した植物体からの精密検定は効果的であるが、無症状の植物体では、効果は限定的である。 ●血清学的手法や遺伝子診断法を用いて本菌（4 race すべて）を特異的に検出する方法は、現時点では知られていない。 〔実行可能性〕 ●検定施設を有すること、検査に時間を要することが解消できれば実行可能である。 ●本菌は病原性確認までに1か月前後要するが、実行可能である。	輸出国 (輸出前) 輸入国 (輸入時)	○ ○	▽ ▽

⑥検査証明書への追記	輸出国での目視検査の結果、本菌に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。	〔有効性〕 ●植物体については輸出検査時に明瞭な症状を現す場合は、有効である。 ●race や環境により発症に長期間要する場合は潜伏状態のものを見逃す可能性があるため、効果は限定的である。 ●種子は症状が報告されていないため、栽植用種子では有効でない。 〔実行可能性〕 ●輸出国において適切な輸出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)	▽ (栽植用種子×消費植物類○)	○
⑦輸出入検査（目視検査）	植物の症状等を確認する。	〔有効性〕 ●輸出入検査時に明瞭な症状を現す場合は、有効である。 ●しかし、race や環境により発症に長期間要する場合は潜伏状態のものを見逃す可能性があるため、効果は限定的である。 ●種子は症状等が報告されていないため、栽植用種子では有効でない。 〔実行可能性〕 ●輸出入国において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)	▽ (栽植用種子×消費植物類○) ▽ (栽植用種子×消費植物類○)	○ ○

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

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

2. 経路ごとの *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* に対するリスク管理措置の選択肢の検討

(1) 栽植用植物

ア 検討結果

病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）は、本菌の入り込みのリスクに対して有効な管理措置である。しかし、病害虫無発生地域等の設定および維持は宿主植物の栽培環境、病害虫管理等を含む各種要因に影響を受けるため、個別案件ごとに具体的な内容を輸出国植物防疫機関が示し、日本がその許諾を判断する必要がある。

栽培地検査（選択肢③）は、生育中に茎葉の黄化、葉巻、立ち枯れ等の明確な症状を現すため、本菌に感染していないことが確認された種子を利用し、輸出国の栽培地において適切な時期に病徴の目視検査を行い、本菌に感染していないことを確認するのであれば有効である。

精密検定（選択肢⑤）は、本菌を検出するための形態観察及び接種試験による検定法が確立されており、症状が現れている場合、本法は有効であると考えられる。なお、血清学的手法や遺伝子診断法を用いて本菌（4 race すべて）を特異的に検出する方法は現時点では知られていない。

イ リスク管理措置の特定

栽植用植物に対する管理措置として本菌の入り込みリスクを低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないことを考慮し、以下を特定した。

- 輸出国において、本菌に感染していないことが確認されている種子を使用して本菌の発生していないほ場（栽培施設を含む。）で栽培し、栽培中の適切な時期に栽培地検査を行い、かつ、輸出時に本菌に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記すること。

(2) 栽植用種子

ア 検討結果

病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）は栽植用種子において有効な管理措置である。

栽培地検査（選択肢③）は採種用親植物の生育後期には黄化、立ち枯れ等の明確な症状を生じることから、栽培中に生育後期に実施する検査は有効である。

精密検定（選択肢⑤）は、採種用親植物又は当該植物から採取された種子について本菌を検出するための形態観察及び接種試験による検定法が確立されており、本法は有効であると考えられる。なお、血清学的手法や遺伝子診断法を用いて本菌（4 race すべて）を特異的に検出する方法は現時点では知られていない。

イ リスク管理措置の特定

栽植用種子に対する管理措置として本菌の入り込みのリスクを低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないことを考慮し、以下を特定した。

なお、以下のいずれかの管理措置を実施する必要がある。

- 輸出国のほ場（栽培施設を含む）で採種用親植物を栽培し生育後期に栽培地検査を行うこと。
- 輸出国（栽培国）で採種用の親植物について、病徴がある場合分離し、また、種子についてはブロッター法等で生じた菌の形態観察を行い、*F. oxysporum* 種が

検出された場合、接種試験による検定（病原性の確認及び分化型の特定）を行うこと。

- 輸入時に種子について、ブロッタ法等で生じた菌の形態観察を行い、*F. oxysporum* 種が検出された場合接種試験による検定を行うこと。

なお、検定を行う場合は国際種子検査協会（ISTA）が定める国際種子検査規程（International Rules for Seed Testing）の抽出方法（ISTA, 2024c）に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に抽出した規定の種子数について検定を行うこと。また、規定の種子数とは、通常ロットの場合（同一の荷口あたりの種子数が4,000粒以上）は、ロットあたり一律400粒、小ロットの場合（同一の荷口あたりの種子数が4,000粒未満）は、その種子数の10%とする。（種子検定に係る詳細は参考参照）。

（3）消費生植物、消費乾燥植物類（消費植物類）

ア 検討結果

病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）、栽培地検査（選択肢③）及び精密検定（選択肢⑤）は、消費植物類においても有効な管理措置である。

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）は、以下の点から有効な選択肢と考える。

- ・ 消費植物類を介して本菌が定着、まん延した旨の情報及びこれらの経路を規制対象としている国の情報がないこと。
- ・ 消費植物類は、輸入後、直接ほ場に持ち込まれる可能性がかなり低いこと。

イ リスク管理措置の特定

消費植物類に対する管理措置として、本菌の入り込みの可能性を低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないことを考慮し、以下の選択肢を特定した。

- 輸出国（輸出時）及び輸入国（輸入時）において、目視検査で本菌による症状の有無を確認する。

Fusarium oxysporum f. sp. *lisi* の発生国等の根拠

国	ステータス	根拠論文	備考
アジア			
インド	発生	CABI, 2024; Gupta and Thind, 2012; Richardson, 1990; USDA, 2024	
台湾	発生	Brayford, 1996; CABI, 2024; Gupta and Thind, 2012; Richardson, 1990; USDA, 2024	
中国	発生	CABI, 2024	
日本	一時的発生	Sakoda et al., 2019	
パキスタン	発生	Aslam et al., 2019; Calderón et al., 2023; Cornell University, 2023	追加
欧州			
アゼルバイジャン	発生	CABI, 2018	
アルメニア	発生	CABI, 2018	
イタリア	発生	CABI, 2024; USDA, 2024	
ウクライナ	発生	CABI, 2018	
ウズベキスタン	発生	CABI, 2018	
英国	発生	Brayford, 1996; Charrier and Cousin, 1972; Brayford, 1996; Sherf and Macnab, 1986; Dixon, 1981; Gupta and Thind, 2012; Sherf and Macnab, 1986	
エストニア	発生	CABI, 2018	
オランダ	発生	Charrier and Cousin, 1972; Gherbawy, 1999; Gupta and Thind, 2012; Kraft and Pfleger, 2001; Richardson, 1990; USDA, 2024	
カザフスタン	発生	CABI, 2018	
キルギス	発生	CABI, 2018	
クロアチア	発生	Calderón et al., 2023; Cornell University, 2023; Ivić, 2014; Ivić et al., 2009	
ジョージア	発生	CABI, 2018	
スロバキア	発生	Kováčiková and Krátká, 1979	
タジキスタン	発生	CABI, 2018	
チェコ	発生	Kováčiková and Krátká, 1979	
デンマーク	発生	Brayford, 1996; CABI, 2024	
ドイツ	発生	Baćanović-Sišić et al., 2018; Gherbawy, 1999; USDA, 2024	
トルクメニスタン	発生	CABI, 2018	
ハンガリー	発生	CABI, 2024	
フランス	発生	Charrier and Cousin, 1972	

ベラルーシ	発生	CABI, 2018	
ベルギー	発生	Meyer et al, 1963	
ポーランド	発生	Czyżewska, 1984; Gupta and Thind, 2012; Richardson, 1990; USDA, 2024	
ポルトガル	発生	Bani et al., 2014; Calderón et al., 2023; Cornell University, 2023	
モルドバ	発生	CABI, 2018	
ラトビア	発生	CABI, 2018	
リトアニア	発生	CABI, 2018	
ルーマニア	発生	Gupta and Thind, 2012; Săvulescu, 1929	
ロシア	発生	CABI, 2018	
アフリカ			
アルジェリア	発生	CABI, 2024; Merzoug, 2015	
エジプト	発生	Calderón et al., 2023; Cornell University, 2023; El-Sharkawy et al., 2022	
モロッコ	発生	CABI, 2024	
北米			
アメリカ合衆国	発生	Brayford, 1996; Charrier and Cousin, 1972; Dixon, 1981; Gupta and Thind, 2012; Kraft and Pfleger, 2001; Sherf and Macnab, 1986; USDA, 2024	
カナダ	発生	Brayford, 1996; CABI, 2024; Gupta and Thind, 2012; Kraft and Pfleger, 2001; Sherf and Macnab, 1986; USDA, 2024	
中南米			
アルゼンチン	発生	Jauch, 1970	
コロンビア	発生	CABI, 2024; Calderón et al., 2023; Checa and Alpala, 2016; Cornell University, 2023; Osorio and Castaño, 2011	
ブラジル	発生	Embrapa, 2018; USDA, 2024;	
大洋州			
オーストラリア	発生	Dixon, 1981; Gupta and Thind, 2012; USDA, 2024	
ニュージーランド	発生	Charrier and Cousin, 1972; Gupta and Thind, 2012; Sherf and Macnab, 1986	
ハワイ諸島	発生	Raabe et al., 1981; USDA, 2018	

Fusarium oxysporum f. sp. *pisi* の宿主植物の根拠

科名	学名	シノニム	和名		英名	根拠文献	備考
			属名	種名			
マメ科	<i>Pisum sativum</i>		エンドウ属	エンドウ	pea	Baćanović-Šišić et al., 2018; Brayford, 1996; CABI, 2024; Charrier and Cousin, 1972; Czyżewska, 1984; Gherbawy, 1999; Jauch, 1970; Kováčiková and Krátká, 1979; Săvulescu, 1929; USDA, 2024	

***Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* の宿主植物に関連する経路の年間輸入量**
（発生国からの貨物、郵便物及び携帯品）

（１） 栽植用植物

※2021～2023 年は輸入実績なし

（２） 栽植用種子

単位（数量）：kg

植物名	生産国	2021		2022		2023	
		件数	数量	件数	数量	件数	数量
Pisum sativum(エンドウ)	イタリア	3	3,218	2	1,419		
	オーストラリア					1	1
	コロンビア			1	1		
	ドイツ	1	1	3	21,046	2	2
	ニュージーランド			1	5,000	1	5,000
	パキスタン	1	1			3	3
	ブラジル					1	1
	フランス	1	1,989	4	3,109	3	4,284
	ポーランド			1	1		
	台湾	1	1				
	中国	73	36,109	95	52,422	82	55,492
	米国	59	208,111	27	50,724	57	85,727

（３） 消費生植物

単位（数量）：Kg

植物名	生産国	2021		2022		2023	
		件数	数量	件数	数量	件数	数量
Pisum sativum(エンドウ加工)	英国			1	2		
Pisum sativum(エンドウ)	イタリア	40	4,064	28	2,933	40	4,878
	インド	7	128	18	242	28	239
	オーストラリア			1	1	4	4
	オランダ					1	1
	カナダ	1	1	2	2	4	4
	デンマーク					1	1
	ドイツ	1	1	1	1	1	1
	ニュージーランド	1	1				
	パキスタン					4	6
	ハワイ諸島	1	1				
	フランス			7	73	10	69

	英国			1	1	4	4
	台湾	3	4	8	40	11	51
	中国	45	217,361	31	133,625	49	98,729
	米国	4	4	12	2,755	14	58

(4) 消費用乾燥植物類

単位 (数量): Kg

植物名	生産国	2021		2022		2023	
		件数	数量	件数	数量	件数	数量
Pisum sativum(エンドウスプラウト)	ニュージーランド	20	27			1	3
Pisum sativum(エンドウ粕)	中国	11	216,000	13	252,000	9	176,000
Pisum sativum(エンドウ)	カタール			1	1	1	45,580
	中国					2	2
	米国			1	1		

種子の検定を実施する場合の粒数の考え方について

1 検査用主試料の抽出方法（1 次抽出）

国際種子検査協会（ISTA）が定める国際種子検査規程の抽出方法（ISTA Rules 2024 Chapter 2: Sampling）（ISTA, 2024c）に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に検査用の主試料を抽出し、その中から、以下の検定用試料として規定の数量を抽出する。

2 検定用試料の抽出方法（2 次抽出）

検定用試料については、ISTA の抽出方法に準拠した方法で、ISPM31「Methodologies for sampling of consignments」（FAO, 2021b）を根拠とした、以下のポアソン分布に基づく抽出量の計算式（山村, 2011）に基づいた抽出理論による検定数量について抽出する（小ロットについては、下記（2）参照）。

$$n = - \frac{\log_e(1-\beta)}{p}$$

n : 抽出量

β : 検出確率(信頼度)

p : 限界不良植物率(不良率の上限)

本式では、病虫害の付いた植物を不良植物とし、不良植物率が p 以上の荷口が国内へ入ってくるリスクを、 n 個検査することにより、 $1 - \beta$ 以下に制御する。

（1）通常ロットの種子検定対象の 2 次抽出量（ n ）の基本的な考え方

個々の病原体の具体的な種子検定粒数の根拠とできる技術的情報がない場合は、国際種子連盟（International Seed Federation（ISF））等の国内外の検定方法の諸情報等を総合的に考慮し、種子検定のための 2 次抽出量（ n ）は、菌類については、限界不良植物率（＝ロットにおいて検出しようとする最低感染種子率）（ p ）の暫定値として 0.01（＝1%＝荷口 100 粒/ロット中、感染種子 1 粒）、検出確率（ β ）は 99%を採用し、上記ポアソン分布の式を用いて、約 460 粒／ロット要することとする（うち 1 粒検出により不合格）。

	検出確率 (β)	限界不良植物率 (p) (暫定値)	抽出量（ n ）→ 検定用の 主試料／ロット当たり
菌類	99%	0.01	約 460 粒

＜本菌についての検定用抽出量の検討詳細＞

本菌の検定粒数や感染種子率（ p ）に係る情報を記載した文献はない。一方、諸外国ではエンドウ種子や *Fusarium* 菌に係る検定種子粒数は 400 粒／ロットを主に採用している（ISTA, 2024b; FAO, 2017b）。そのため、400 粒／ロットについて上記の基本的な考え方に基づき検討を行った結果、限界不良植物率（ p ）がほぼ同等（0.0115）であり、種子伝染性菌類に対する検定粒数約 460 粒／ロットと比しても問題はないと考えるため、400 粒／ロットであっても種子が本菌に感染している場合、その種子を検出できる数量であるとする。

よって、本菌の場合の検定のための数量は、下記（2）で示す同一の荷口あたりの種子数が少ない場合（小ロット）以外は、その同一の荷口あたりの種子数に関わりなく一律に約 400 粒／ロットとする。

(2) 小ロットの種子検定対象の抽出量の基本的な考え方

小ロット（同一の荷口あたりの種子数が少量の場合。例えば、規定の検定数量を確保する場合は困難な場合）の2次抽出量については、次の考え方に基づくこととする。

なお、小ロットの範囲とは、上記（1）で計算した2次抽出量の値が、検出対象の同一の荷口あたりの種子の数量（検査荷口の大きさ（母集団））の10%となるまでの値の範囲とする。

限界不良植物率 (p)	小ロットの範囲
本菌 (0.0115)	約 4,000 粒未満

よって、本菌の宿主植物の種子については、小ロットの場合、ロットあたりの数量が約 4,000 粒未満の場合、10%抽出することとする。

引用文献

- 愛知県 (2005) 知ってとくとくエンドウ萎凋病の被害と防除. (online), available from <<https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/320300.pdf>>, (accessed 2024-05-07).
- Aslam, S., M. U. Ghazanfar, N. Munir and M. I. Hamid (2019) Managing Fusarium wilt of pea by utilizing different application methods of fungicides. *Pakistan Journal of Phytopathology* 31: 81-88.
- Baćanović-Šišić, J., A. Šišić, J. H. Schmidt and M. R. Finckh. (2018) Identification and characterization of pathogens associated with root rot of winter peas grown under organic management in Germany. *European Journal of Plant Pathology* 151: 745-755. (Abstr.).
- Baayen, R.P., O'Donnell, K., Bonants, P.J.M., Cigelnik, E., Kroon, L.P.N.M., Roebroeck, E.J.A. and Waalwijk, C. (2000) Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. *Phytopathology* 90: 891–900. (online), available from <<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2000.90.8.891>>, (accessed 2024-04-22).
- Bani, M., N. Rispail, A. Evidente, D. Rubiales and A. Cimmino (2014) Identification of the main toxins Isolated from *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* Race 2 and their relation with isolates pathogenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 2574-2580.
- Booth, C. (1971) The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK: 237 pp.
- Brayford, D. (1996) IMI descriptions of fungi and bacteria No.1269. set 127. *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. *Mycopathologia* 133: 35-63.
- CABI (2018) *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (fusarium wilt of pea). Crop protection Compendium. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/24680>>, (last modified 2018-03-28).
- CABI (2024) *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (fusarium wilt of pea). Crop protection Compendium. (online), available from <<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.24680>>, (accessed 2024-05-07).
- Calderón, R., J. A. Eller, H. K. Brodsky, A. D. Miles, S. G. Crandall, N. Mahowald, R. Pavlick and K. M. Gold (2023) An interactive, online web map resource of global *Fusarium oxysporum* ff. spp. diversity and distribution. *Plant Disease* 107: 538-541.
- Charrier, A. and R. Cousin. (1972) La fusariose du pois: Comportement des varietes de pois inscrites au Catalogue officiel francais vis-a-vis d'une souche de *Fusarium oxysporum* f. *pisi* (Van Hall) Snyder et Hansen. *Ann Amelior Plantes* 22: 281-299.
- Checa, O. and F. Alpala (2016) Reacción de 18 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) a tres cepas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* en Nariño, Colombia (English title: Reaction of 18 climbing lines of pea (*Pisum sativum* L.) to three strains of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* in Nariño, Colombia). *Temas Agrarios* 21: 28-43.
- Cornell University (2023) *Fusarium oxysporum* webmap. (online), available from <<https://blogs.cornell.edu/goldlab/fusarium-oxysporum-webmap/>>, (accessed 2024-04-19).
- Czyżewska, S. (1984) *Fusarium* species pathogenic to pea (*Pisum sativum* L.). I. Occurrence of *Fusarium* diseases of pea (*Pisum sativum* L.) in Poland. *Biuletyn Warzywniczy* 27: 341-37.
- Dixon, G. R. (1981) Vegetable crop diseases. The AVI Publishing Company, INC:400 pp.
- El-Sharkawy, H. H. A., Y. M. Rashad and N. T. Elazab (2022) Synergism between *Streptomyces viridosporus* HH1 and *Rhizophagus irregularis* effectively induces defense responses to *Fusarium* wilt of pea and improves plant growth and yield. *Journal of Fungi* 8: 683.

- Embrapa. (2018) Banco de Dados.Fungos Relatados em Plantas no Brasil. *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. (online), available from <<http://pragawall.cenargen.embrapa.br/aiqweb/michtml/fichafg.asp?id=1526>>, (accessed 2024-05-07).
- FAO (2017a) International Standard for Phytosanitary Measures 10 (ISPM 10), Requirements for the establishment of pest free places of production and pest free production sites. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/publications/610/>>, (accessed 2024-06-13).
- FAO (2017b) International Standard for Phytosanitary Measures 27 (ISPM 27) Diagnostic protocols for regulated pests, DP 22: *Fusarium circinatum*. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/publications/84182/>>, (accessed 2024-04-22).
- FAO (2021a) International Standard for Phytosanitary Measures 14 (ISPM 14), The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/publications/607/>>, (accessed 2024-06-13).
- FAO (2021b) International Standard for Phytosanitary Measures 31 (ISPM 31) Methodologies for sampling of consignments. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/publications/588/>>, (accessed 2024-05-07).
- FAO (2024) International Standard for Phytosanitary Measures 4 (ISPM 4), Requirements for the establishment of pest free areas. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/publications/614/>>, (accessed 2024-06-13).
- Gerlach, W. and H. Nirenberg (1982) The Genus *Fusarium* – a Pictorial Atlas, Kommissionsverlag P. Parey: 406 pp.
- Gherbawy, Y. A. (1999) RAPD profile analysis of isolates belonging to different formae speciales of *Fusarium oxysporum*. *Cytologia*, 64(3), 269-276. (online), available from <https://www.jstage.jst.go.jp/article/cytologia1929/64/3/64_3_269/_article>, (accessed 2018-12-03).
- Gupta, S.K. and T.S., Thind. (2012) Disease Problems In Vegetable Production. Scientific Publishers (india): 576 pp.
- 平野泰志・有江力 (2012) トマトに病原性を持つ *Fusarium oxysporum* の分化型およびレースの PCR 法による識別. 植物防疫 66(5), 281-287. (online), available from <http://www.jppa.or.jp/shiryokan/pdf/66_05_35.pdf>, (accessed 2024-04-22).
- 北海道 (2017) 平成 28 年度病害虫発生予察情報第 16 号 特殊報第 1 号 エンドウ萎ちよう病の発生について. (online), available from <http://www.agri.hro.or.jp/boujoshou/yosatsu_kako/h28/yosatsu-h28-pdf/h28-16-tokusyuhou1.pdf>, (accessed 2024-05-07).
- ISTA (2024a) Seed Health Methods 2024. (online), available from <<https://www.seedtest.org/api/rm/K322HTA4C9AU63S/7-005-detection-of-ascochyta-pisi-on-pisum-sativum-6.pdf>>, (accessed 2024-06-03).
- ISTA (2024b) Seed Health Methods 2024. (online), available from <<https://www.seedtest.org/api/rm/86489382T6UW52Y/7-009-detection-of-fusarium-circinatum-in-pinus-sp-8.pdf>>, (accessed 2024-06-03).
- ISTA (2024c) ISTA Rules 2024 Chapter 2: Sampling. (online), available from <<https://www.seedtest.org/en/international-rules-for-seed-testing/chapter-2-sampling-product-1009.html>>, (accessed 2024-05-15).
- Ivić, D. (2014) Pathogenicity and potential toxigenicity of seed-borne *Fusarium* species on soybean and pea. *Journal of Plant Pathology* 96: 541-551.
- Ivić D., A. M. Domijan, M. Peraica, T. Milicevic and B. Cvjetkovic (2009) *Fusarium* spp. contamination of wheat, maize, soybean and pea in Croatia. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 60: 435-442.
- Jauch, C. (1970) Physiological and histological changes in Pea plants attacked by *F.* of sp. *pisi*. *Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires*, 18: 43-49. (Abstr.).

- Kotera S., Hishiike M., Saito H., Komatsu K., Arie T. (2022) Differentiation of the Pea Wilt Pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* from Other Isolates of *Fusarium* Species by PCR. Microbes Environ 37: ME21061. (online), available from <<https://doi.org/10.1264/jsme2.ME21061>>, (accessed 2024-05-31).
- Kováčiková, E. and J. Krátká. (1979) Different manifestations of the pathogenicity of some strains of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. Zentralbl Bakteriell Naturwiss 134(2), 159-166. (Abstr.).
- Kraft, J. M. (1994). Fusarium wilt of peas (a review). Agronomie 13: 561-567.
- Kraft, J. M. and F. L. Pflieger. (2001) Compendium of pea diseases and pests (No. Ed. 2). APS Press: 110 pp.
- Lin Y. S. (1991) The occurrence of pea wilt and its control in Taiwan. Plant Protection Bulletin (Taipei) 33: 36-44. (Abstr.).
- 松崎聖史・本蔵洋一・迫田琢也・深谷雅博(2003) 愛知県における *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* によるエンドウ萎凋病(新称)の発生. 日本植物病理学会報 69: 274-275.
- 間下なぎさ・深谷雅博(2006) 愛知県で発生したエンドウ萎凋病菌のレース及び本レースに対するサヤエンドウ品種の抵抗性. 愛知県農総試研報 38: 65-71.
- Merzoug, A., L. Belabid and F. Benfreha. (2015) Distribution of physiological races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* in western Algeria. Association Française de Protection des Plantes (AFPP): 47-55.
- Meyer, J. A., J. Niclaes and M. Lavalleye. (1963) La flétrissure des pois en Belgique due a *F. oxysporum* f. *pisi* (LINDF.) SNYDER et HANSEN. Mededelingen van Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat de Gent 28: 832-838.
- 日本植物病理学会 (2024) 日本植物病名目録 (2024 年 2 月版). (online), available from <<https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku/mokuroku202402.pdf>>, (accessed 2024-05-07).
- 農林省 (1950) 植物防疫法施行規則 (昭和 25 年農林省令第 73 号).
- 林水産省 (1998) 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).
- 農林水産省 (2018) 我が国が特に侵入を警戒している病害虫の特徴 エンドウ萎ちょう病菌. (online), available from <http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kaigai/pdf/01endo.pdf>, (accessed 2024-04-22).
- 農林水産省 (2024) 農薬登録情報提供システム. (online), available from <<https://pesticide.maff.go.jp/>>, (accessed 2024-05-07).
- Osorio, L. A. G. and J. Z. Castaño (2011) Caracterización del agente causante de la pudrición de raíces de la arveja (*Pisum sativum* Linneo), enfermedad endémica en el municipio de Manizales-Caldas (Colombia). Agronomica 19: 33-43.
- Raabe, R.D., I. L. Connors and A. P. Martinez. (1981) Checklist of plant diseases in Hawaii including records of microorganisms, principally fungi, found in the State. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii: 313pp.
- Richardson, M. J. (1990) An Annotated List of Seed-Borne Diseases. Fourth Edition. International Seed Testing Association, Zurich.
- 迫田琢也・小牟田健慈・藤原裕治 (2017) 水耕栽培によるエンドウ萎凋病菌の迅速・簡易な接種方法 (水耕接種法) の検討. 日本植物病理学会報 84: 44 (講要).
- Sakoda T., K. Komuta and Y. Fujiwara (2019) The Pathogenic Variability among Japanese Isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* to Japanese Commercial Pea Cultivars. Research bulletin of the Plant Protection Service Japan 55: 37-41.
- Săvulescu, T. (1929) Phytopathological notes for the year 1928 in Rumania. Rev. Path. Veg. et Ent. Agric. xvi, 1, 26-28. (Abstr.).
- Sherf, A. F. and A. A. Macnab. (1986) *Vegetable diseases and their control*. John Wiley and Sons: 728 pp.

- The Clorox Company (2018). (online), available from <https://www.clorox.com/clorox-coupons/?doLogin=1&redirect_to%2Fclorox-coupon-portal%2F>, (accessed 2024-05-07).
- 上田幸史・本蔵洋一・迫田琢也・木村茂(2004) 愛知県及び静岡県のエンドウ苗から検出されたエンドウ萎凋病（仮称）菌の体細胞和合性群及びレースについて. 日本植物病理学会報 71 : 34-35（講要）.
- USDA (2024) Fungal Databases. (online), available from <<https://fungi.ars.usda.gov/>>, (accessed 2024-04-19.).
- 和歌山県（2010）平成21年度病害虫発生予察特殊報（第1号）.
- 和歌山県（2018）太陽熱土壌消毒時における土壌水分、地温の積算時間と殺菌効果の関係. (online), available from <https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070100/070109/gaiyou/001/nougyoushikenjyou/noushinews/noushinews127_d/fil/dojyoushoudoku.pdf>, (accessed 2024-05-07).
- Wang, P. H. and Y. S. Lin (1985) Ecology of pea wilt and root rot pathogens in drained paddy field. Plant Protection Bulletin, Taiwan 27(4): 317-324. (Abstr.).
- 山村光司（2011）農学と統計学. 計量生物学 32, Special Issue: 19–34. (online), available from <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjb/32/Special_Issue/32_Special_Issue_S19/_pdf/-char/ja>, (accessed 2024-05-16).
- 吉田桂子・間下なぎさ. (2005). エンドウ萎凋病の発病条件と防除対策. 愛知県農業総合試験場研究報告. 37: 105-110.