

เรื่อง การตรวจวินิจฉัย Potato cyst nematode ที่ติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้า Interception on the potato cyst nematode quarantine pest Associated with imported Seed Potatoes

^{1/}สุรศักดิ์ แสนโคตร ^{2/}ไตรเดช ข่ายทอง ^{3/}อังคณา สิริปิยะสิงห์ ^{1/}วานิช คำพานิช ^{1/}โสภา มีอำนาจ
^{1/}จันทร์พิศ เดชหามาตย์ ^{1/}วาสนา รุ่งสว่าง

^{1/}กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

^{2/}กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

^{3/}กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1

Abstract

Diagnosis of the Potato cyst nematode (PCN) *Globodera* spp. from sampling of imported seed potatoes from 202 to 2023 imported from 6 countries: 1) Commonwealth of Australia, imported 49 times, total weight 4,316,320,000.00 kilograms 2) Canada, imported 10 times, total weight 2,349,000,000.00 kilograms 3) Kingdom of the Netherlands, imported 7 times, total weight 337,500,000.00 kilograms 4) Kingdom of New Zealand, imported 3 times, total weight 175,000,000.00 kilograms 5) Kingdom of Scotland, imported 62 times, total weight 12,422,750,000.00 kilograms and 6) United States, imported 3 times, total weight 390 kilograms. Isolation of pest nematodes from seed potato. Soil attached to the seed potato and monitoring and collecting soil samples from imported seed potato field in the planting area. Wiang Pa Pao District, Thoeng District, Chiang Rai Province, Mae Chaem District, Chiang Mai Province, Phop Phra District, Tak Province, Chiang Kham District, Phayao Province, Phang Khon District, Mueang District, Sakon Nakhon Province and Wang Yang District, Nakhon Phanom, did not find the pest nematode type Potato cyst nematode by examining morphological characteristics combine with the Polymerase chain reaction (PCR) technique to identify the type of cyst nematode attached to imported seed potatoes.

Keywords : Potato cyst nematode Plant-parasitic nematode Quarantine pests imported plants seed potato

บทคัดย่อ

การตรวจวินิจฉัยไส้เดือนฝอยศัตรูพืช Potato cyst nematode (PCN) *Globodera* spp. จากการสุ่มตัวอย่างหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 ถึง พ.ศ. 2566 มีการนำเข้าจาก 6 ประเทศ ได้แก่ 1) เครือรัฐออสเตรเลีย นำเข้าจำนวน 49 ครั้ง น้ำหนักรวม 4,316,320,000.00 กิโลกรัม 2) แคนาดา นำเข้าจำนวน 10 ครั้ง น้ำหนักรวม 2,349,000,000.00 กิโลกรัม 3) ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ นำเข้าจำนวน 7 ครั้ง น้ำหนักรวม 337,500,000.00 กิโลกรัม 4) ราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ นำเข้าจำนวน 3 ครั้ง น้ำหนักรวม 175,000,000.00 กิโลกรัม 5) ราชอาณาจักรสกอตแลนด์ นำเข้าจำนวน 62 ครั้ง น้ำหนักรวม 12,422,750,000.00 กิโลกรัม และ 6) สหรัฐอเมริกา นำเข้าจำนวน 3 ครั้ง น้ำหนักรวม 390 กิโลกรัม การแยกไส้เดือนฝอยศัตรูพืชจากหัวพันธุ์มันฝรั่ง ดินที่ติดมากับหัวพันธุ์ และการติดตามสำรวจเก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้าในพื้นที่แปลงปลูกอำเภอเวียงป่าเป้า อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา อำเภอพังโคน อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร และอำเภอวังยาง นครพนม ยังไม่พบไส้เดือนฝอยศัตรูพืชชนิด Potato cyst nematode โดยตรวจสอบจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) เพื่อระบุชนิดไส้เดือนฝอยศัตรูพืชที่ติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้า

คำหลัก : ไส้เดือนฝอยชนิดมันฝรั่ง ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช ศัตรูพืชกักกัน พืชนำเข้า หัวพันธุ์มันฝรั่ง

คำนำ

มันฝรั่ง (Potato; *Solanum tuberosum*) เป็นพืชที่จัดว่าเป็นสิ่งต้องห้ามตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดพืช และพาหะจากแหล่งที่กำหนดเป็นสิ่งต้องห้าม ข้อยกเว้น และเงื่อนไขตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2550 และเป็นพืชที่ประเทศไทยได้มีการนำเข้ามาปริมาณมากเพื่อใช้ทำพันธุ์ปลูกและใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่นแปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดกรอบหรือบริโภคสด ประเทศไทยมีการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งจากหลายประเทศด้วยกันได้แก่ เครือรัฐออสเตรเลีย ราชอาณาจักรสกอตแลนด์ ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา แคนาดา ราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ และรัฐอิสราเอล เป็นต้น ประเทศไทยในฐานะประเทศสมาชิกองค์การการค้าโลก ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการค้าสินค้าเกษตร ภายใต้ข้อตกลงที่ว่าด้วยการบังคับใช้มาตรการด้านสุขอนามัย และสุขอนามัยพืช ซึ่งเป็นมาตรการในการป้องกันมิให้ศัตรูพืชเข้ามาทำอันตรายหรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อม วิธีการปฏิบัติคือประเทศผู้นำเข้าสินค้าเกษตรต้องมีการตรวจสอบศัตรูพืช โดยทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงศัตรูพืชและมีการตรวจวินิจฉัยศัตรูพืชซึ่งอาจจะเป็นไส้เดือนฝอยชนิดใดชนิดหนึ่งซึ่งอาจจะติดมากับสินค้าเกษตร ดังเช่นหัวพันธุ์มันฝรั่งที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

ปัญหาของการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งในปีที่ผ่านมา นอกจากจะมีดินติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งแล้วยังมีเชื้อโรคพืช ได้แก่ เชื้อรา ไวรัส รวมทั้งอาจจะมีศัตรูพืชชนิดอื่นติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่ง เช่น ไร้เดือนฝอยศัตรูพืชบางชนิดที่ยังไม่มีรายงานในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในข้อตกลงระหว่างประเทศ และเงื่อนไขการนำเข้า เช่น ไร้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่ง [Potato cyst nematode; (*Globodera rostochiensis* และ *Globodera pallida*) ซึ่งเป็นศัตรูพืชกักกันตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดศัตรูพืชเป็นสิ่งต้องห้าม ตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ.2507 (ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2550) และเป็นไร้เดือนฝอยศัตรูพืชที่มีความสำคัญกับผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง ในการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งจากประเทศจากแหล่งที่มีการแพร่ระบาดของไร้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งมีความเสี่ยงต่อการนำไร้เดือนฝอยศัตรูพืชร้ายแรงจะติดเข้ามาทั้งในส่วนของดินและหัวพันธุ์มันฝรั่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการตรวจวินิจฉัยไร้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้าจากต่างประเทศ ที่รวดเร็ว แม่นยำ มีประสิทธิภาพเพื่อเป็นการสกัดกั้นมิให้ไร้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งที่เป็นศัตรูพืชกักกันติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งภายหลังการนำเข้าจากต่างประเทศ และป้องกันมิให้เข้ามาระบาดในพื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งและพืชอาศัยในประเทศไทย และลดความเสี่ยงศัตรูพืชที่เกิดจากไร้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่ง

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างดินและหัวพันธุ์มันฝรั่ง
2. อุปกรณ์แยกไร้เดือนฝอยจากดิน ได้แก่ เครื่องซั้ง ตะแกรง (sieve) ขนาด 60, 120 และ 325 mesh กรวยแก้ว พร้อมสายยาง คลิปหนีบสายยาง ถังและกะละมัง
3. เครื่องมือตัดเนื้อเยื่อ แท่งพาราฟิน พร้อมสิ่ย์้อมต่างๆ
4. อุปกรณ์ปอกเปลือกมันฝรั่ง
5. อุปกรณ์ในการทำสไลด์ กล้องจุลทรรศน์แบบ stereo และแบบ compound
6. อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เช่น พลั่ว เสียม ถุงพลาสติก ยางรัด ปากกา
7. วัสดุวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ
8. วัสดุเกษตรต่าง ๆ
9. สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการย้อมสี เช่น acid fuchsin cotton blue lactophenol และ glycerine

วิธีการ

1. สืบค้นข้อมูล Potato cyst nematode

ทำการสืบค้นข้อมูล Potato cyst nematode และวิธีการตรวจวินิจฉัยจากฐานข้อมูล ตำรา วิชาการ วารสารทางวิชาการ รายงานการประชุมและสัมมนาทางวิชาการ และเอกสารวิชาการที่

สามารถสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลก เช่น ฐานข้อมูลออนไลน์ European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) และ Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI)

2. การสุ่มเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างหัวพันธุ์นำเข้า 600 หัวต่อครั้ง ตัวอย่างหัวพันธุ์มันฝรั่งและดินที่ติดมา จากด่านตรวจพืชสุ่มตัวอย่างนำส่งมา ตรวจดูอาการภายนอก บันทึกภาพตัวอย่าง และข้อมูลการนำเข้า ชื่อประเทศนำเข้า น้ำหนัก ฯลฯ

3. วิธีการแยกไส้เดือนฝอย Potato cyst nematode (EPPO, 2013)

3.1 วิธีแยกไส้เดือนฝอยจากหัวพันธุ์มันฝรั่ง ดัดแปลงจากวิธี Maceration และ centrifugal flotation (Coolen and D'Herde, 1972) เพื่อแยกไส้เดือนฝอยระยะตัวอ่อนที่ 2 3 และ 4 (J2 J3 and J4) ที่เข้าทำลายหัวมันฝรั่ง มีขั้นตอนดังนี้

- 1) หั่นหัวมันฝรั่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ
- 2) เติมน้ำและปั่นให้ละเอียดนานไม่เกิน 30 วินาที
- 3) กรองผ่านกระแกรง (sieve) ขนาด 120 Mesh และ 325 Mesh ตามลำดับ
- 4) นำตัวอย่างน้ำที่กรองผ่าน sieve ขนาด 325 Mesh ในขั้นตอนสุดท้ายซึ่งมีเม็ดแป้งและเนื้อเยื่อหัวมันฝรั่งไปปั่นเหวี่ยง เพื่อแยกไส้เดือนฝอยออกจากตะกอน
- 5) นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที โดยเนื้อเยื่อหัวมันฝรั่งและไส้เดือนฝอยจะอยู่ที่ก้นหลอด และเศษส่วนใสทิ้ง
- 6) นำตะกอนที่ได้เติมด้วย 40% sucrose syrup (น้ำเชื่อม) ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อหลอด ละลายตะกอนให้เข้ากัน
- 7) นำตะกอนที่ละลายในน้ำเชื่อมไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 3 นาที
- 8) เทส่วนใสอย่างระมัดระวังผ่านตะแกรงขนาด 325 Mesh แล้วรีบล้างด้วยน้ำสะอาดและเก็บไส้เดือนฝอยในปิเก็ตเตอร์เพื่อนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และจัดจำแนกชนิดต่อไป

3.2 วิธีแยก cyst ของไส้เดือนฝอย potato cyst nematode จากดินที่ติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่ง ด้วยวิธี Centrifugal flotation (Caveness and Jensen, 1955) โดยใช้สารละลายน้ำตาลซูโครส เพื่อแยกไส้เดือนฝอยตัวเต็มวัยเพศเมีย และตัวอ่อนระยะที่ 2 ที่ปนเปื้อนมากับดิน

- 1) นำดินตัวอย่างที่ติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งละลายในน้ำ

- 2) เทสารละลายดินลงในหลอดขนาด 80 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที
- 3) นำตะกอนที่ได้เติมด้วย sucrose syrup (น้ำเชื่อม) 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต่อหลอด ละลายตะกอนให้เข้ากัน
- 4) นำตะกอนที่ละลายในน้ำเชื่อมไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 3 นาที
- 5) เทส่วนใสอย่างระมัดระวังผ่านตะแกรงขนาด 325 Mesh แล้วรีบล้างด้วยน้ำสะอาดและเก็บใส่เดือนฝอยในปิเก็ตเตอร์เพื่อนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และจัดจำแนกชนิดต่อไป

4. วิธีการจัดจำแนกไข่เดือนฝอย Potato cyst nematode (EPPO, 2017)

- 4.1 จัดจำแนกชนิดด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological) ทำการจัดจำแนกชนิดด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์
- 4.2 จัดจำแนกชนิดโดยวิธีทางชีวโมเลกุลด้วยเทคนิค Multiplex PCR test (Bulman and Marshall, 1997)

4.2.1 การสกัดดีเอ็นเอไข่เดือนฝอยศัตรูพืช มีขั้นตอนดังนี้

1. แยกตัวอ่อนไข่เดือนฝอยระยะที่ 2 3 และ 4 (J2 J3 and 4) จากหัวพันธุ์มันฝรั่งโดยดัดแปลงจากวิธี Maceration และ centrifugal flotation (Coolen and D'Herde, 1972) สำหรับตัวเต็มวัยเพศเมีย (cyst nematode) ที่ติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งหรือดินที่ติดมากับหัวพันธุ์ด้วยวิธี Centrifugal flotation (Caveness and Jensen, 1955)
2. เติมน้ำตาลละลาย DNA extraction kit ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงในหลอด PCR ขนาด 200 ไมโครลิตร แล้วเขี่ยไข่เดือนฝอยภายใต้กล้องสเตรียอโดยใช้เข็มเขี่ยที่ทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ก่อนเขี่ยไข่เดือนฝอยลงหลอด
3. นำไปปั่นที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (PCR machine) และเติมน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 40 ไมโครลิตร
4. นำไปเก็บรักษาตัวอย่างดีเอ็นเอไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

4.2.2 การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค Multiplex PCR test (Bulman and Marshall, 1997)

1. ทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในส่วนของยีน 18S rRNA gene ถึง ส่วน ITS1
2. โดยใช้ไพรเมอร์ 3 คู่ คือ ITS5 PITSp4 และ PITSr3

ITS5	5'-GGAAGTAAAAGTAACAAGG-3'
PITSp4	5'-ACAACAGCAATCGTCGAG-3'
PITSr3	5'-AGCGCAGACATGCCGCAA-3'

ITS5 และ PITSp4 มีความจำเพาะเจาะจงกับ *Globodera rostochiensis* ให้ PCR product ขนาด 265 bp

ITS5 และ PITSr3 มีความจำเพาะเจาะจงกับ *Globodera pallida* ให้ PCR product ขนาด 434 bp

3. สารละลายในปฏิกิริยา Polymerase Chain Reaction (PCR) ประกอบไปด้วย

สารละลาย	ความเข้มข้นสุดท้าย	ปริมาตร [ไมโครลิตร (μl)]
Distilled water	-	16.1
PCR buffer	-	3.5
MgCl ₂	2 mM	2
dNTPs	0.16 mM	0.4
primer ITS5	0.25 mM	0.625
Primer PITSp4	0.25 mM	0.625
Primer PITSr3	0.25 mM	0.625
Taq DNA polymerase	0.6U	0.12
DNA template	-	1
รวม		25

กระบวนการปฏิกิริยา PCR

Initial denature	94 องศาเซลเซียส	2 นาที	} 35 รอบ
Denature	94 องศาเซลเซียส	30 วินาที	
Annealing	60 องศาเซลเซียส	30 วินาที	
Extension	72 องศาเซลเซียส	30 วินาที	
Final	72 องศาเซลเซียส	5 นาที	

4. Gel electrophoresis เตรียม Agarose 2 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย TBE buffer 0.5X โดยใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 100 V นาน 45 นาที นำข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับวิธีทางชีวโมเลกุล ในการระบุชนิดของไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่ง Potato Cyst nematode

5. ติดตามและตรวจสอบในแปลงปลูกมันฝรั่งภายหลังการนำเข้า

โดยทำการติดตามและตรวจสอบในแปลงปลูกของบริษัทเอกชนหรือเกษตรกรนำเข้าหัวมันฝรั่งในจังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ตาก สกลนคร และนครพนม

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง ตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึง กันยายน พ.ศ. 566

สถานที่ทำการทดลอง กลุ่มวิจัยการกักกันพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สืบค้นข้อมูลไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่ง (Potato cyst nematode)

ไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่ง (potato cyst nematode; *Globoideira* spp.) ทั้ง 2 ชนิดได้แก่ ไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งชนิด *Globoideira rostochiensis* และ *Globoideira pallida* นั้นสามารถแพร่กระจายระบาดได้ทั้งเขตประเทศอบอุ่นและประเทศเขตร้อน เช่น รัฐนิวยอร์กในอเมริกาเหนือ โดยติดไปกับหัวมันฝรั่ง ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชชนิด cyst nematode ในมันฝรั่ง พบการระบาดครั้งแรกที่เทือกเขาแอนดีส (Andes) ในประเทศอเมริกาใต้ แล้วแพร่ระบาดไปยังทวีปยุโรปจากหัวมันฝรั่ง โดยการขนส่งข้ามทวีป และพบว่า cyst nematode สามารถติดมากับส่วนราก ส่วนหัว ของมันฝรั่ง และดินที่ติดระหว่างการขนส่งก่อให้เกิดการระบาดใหม่ในพื้นที่ที่พบว่ามีสภาพภูมิอากาศและพืชอาศัยที่เหมาะสมเพียงพอต่อการเพิ่มปริมาณประชากรไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่ง และสามารถปนเปื้อนไปกับเครื่องจักรการเกษตร อุปกรณ์ รองเท้า แพร่กระจายได้จากลมพายุหมุนที่พัดนำเอาเศษดินและถุงซิสต์ (cyst) ไปด้วย ทั้งยังสามารถแพร่กระจายไปกับน้ำฝนและระบบน้ำคลองชลประทานได้

ไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งชนิด *G. pallida* นั้นสามารถผลิตไข่ได้สูงสุดถึง 500 ฟองต่อตัว ไข่ที่อยู่ภายในถุงซิสต์ของตัวเต็มวัยเพศเมียสามารถพักตัวอยู่ในดินได้นานหลายปีมากถึง 20 ปีในประเทศเขตอบอุ่น ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการฟักออกจากไข่ของตัวอ่อนจะมีปัจจัยที่คล้ายคลึงกันกับไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งชนิด *G. rostochiensis* ซึ่งไส้เดือนฝอยทั้งสองชนิดเป็นไส้เดือนฝอยศัตรูพืชที่มีการแพร่กระจายระบาดทำลายมันฝรั่งจากหลายแหล่งทั่วโลกทั้งประเทศเขตอบอุ่นและประเทศเขตร้อน ซึ่งปริมาณความชื้นในดินมีผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนระยะที่สองเป็นอย่างมากหลังจากฟักออกจากไข่ โดยความชื้นในดินมีความสำคัญในการช่วยให้ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่เข้าหารากพืชได้สำเร็จ ทั้งยังพบว่าสารอินทรีย์บางชนิดที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากรากพืชเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้ไข่ของไส้เดือนฝอยภายในถุงซิสต์เกิดการฟักตัว ยกตัวอย่างเช่น root diffusate สารประกอบอินทรีย์ และอินทรีย์บางชนิด (Clarke and Hennessy, 1987) พบว่าไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งชนิด *G. pallida* สามารถฟักไข่ที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่าได้ โดยสามารถปรับตัวให้เหมาะสมกับการพัฒนาของตัวอ่อนที่อุณหภูมิต่ำ 10 องศาเซลเซียส และ 18 องศาเซลเซียส ซึ่งไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งชนิด *G. rostochiensis* จะไม่สามารถพัฒนาการหรือช่วงอุณหภูมิที่ต่ำมากจะไม่เหมาะสมต่อการพัฒนาของตัวอ่อนแต่จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่ 15 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส จำนวนชั่วโมงของแสงสว่างต่อวันก็ส่งผลต่อการฟักไข่ไส้เดือนฝอยเช่นกัน โดยช่วงแสงที่ยาวจะกระตุ้นการฟักไข่ ได้ดีกว่าช่วงแสงสั้น (CABI, 2019)

ไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งชนิด *Globodera rostochiensis* (EPPO, 2024)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959.

ชื่อวิทยาศาสตร์ที่พ้องกัน (Synonyms): *Heterodera rostochiensis* Wollenweber *Heterodera schachtii rostochiensis* Wollenweber และ *Globodera schachtii solani* Zimmermann

ชื่อสามัญ (Common Name) Golden nematode, golden potato cyst nematode, yellow potato cyst nematode

ข้อมูลทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic information)

Phylum Nematoda

Class Secernentea

Order Tylenchida

Family Heteroderidae

Genus *Globodera*

Species *Globodera rostochiensis*

ไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่ง (potato cyst nematodes : PCN) รายงานครั้งแรกโดย Kühn เมื่อปี ค.ศ. 1881 ถูกจัดจำแนกและระบุชื่อวิทยาศาสตร์เป็น *Heterodera schachtii* ซึ่งเป็นไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งชนิดเดียวที่รู้จักในเวลานั้น ต่อมาเมื่อมีการสำรวจและค้นพบไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งอย่างกว้างขวางมากขึ้นในสหภาพยุโรป นักวิทยาศาสตร์จึงเรียกประชากรไส้เดือนฝอยกลุ่มนี้ว่า *H. schachtii* แต่ก็ยังมีนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นที่มีความเชี่ยวชาญด้านมันฝรั่งอย่างเช่น Wollenweber (1923) ทำการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างกันของลักษณะทางสัณฐานวิทยาระหว่างไส้เดือนฝอยซีสต์ที่ทำลายมันฝรั่ง กับเข้าทำลายหัวบีทรูท ต่อจากนั้นมีการจัดจำแนกและระบุชนิดไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งชนิดใหม่เป็น *H. rostochiensis* (Subbotin *et al.*, 2010) และต่อมาในปี ค.ศ. 1973 ได้มีการจัดจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งชนิดใหม่เพิ่มคือ *Heterodera pallida* (Stone, 1973a) แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลและหลักฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ในการจัดจำแนกกระบุนชนิดยังคงอ้างอิงถึงไส้เดือนฝอยชนิด *H. rostochiensis* sensu lato ซึ่งให้หมายรวมถึงทั้งสองชนิด ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าไส้เดือนฝอยชนิดใดที่ถูกอ้างถึงก่อนหน้านี้

ไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งชนิด *Globodera rostochiensis* และ *Globodera pallida* หรือไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่ง (potato cyst nematodes) นั้นทำให้เกิดการสูญเสียครั้งใหญ่ในมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum*) ซึ่งตัวอ่อนไส้เดือนฝอยระยะที่ 2 เมื่อฟักออกจากไข่จะเคลื่อนที่เข้าหารากพืชอาศัย สำหรับการแพร่กระจายคือ หัวพันธุ์หรือส่วนใต้ดินที่มีการเข้าทำลาย และการเคลื่อนย้ายดิน เช่น ดินที่มีการปนเปื้อนไส้เดือนฝอยติดไปกับเครื่องจักรในฟาร์มไปยังพื้นที่อื่น ๆ ตัวอ่อนระยะที่ 2 เมื่อฟักออกจากไข่จะเข้าไปในรากพืชใกล้ส่วนเจริญของปลายรากโดยการเจาะผนังเซลล์ของพืชด้วยหลอดดูดอาหาร (stylet) ไส้เดือนฝอยจะกระตุ้นให้เซลล์รากขยายตัวและสลายผนังเซลล์พืชให้หลอม

รวมเป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีลักษณะการเชื่อมต่อกันหลายเซลล์ (syncytium) (ภาพที่ 1) ซึ่งเซลล์ที่ผิดปกตินี้จะทำหน้าที่สร้างสารอาหารให้กับตัวไส้เดือนฝอย ต้นมันฝรั่งที่ถูกทำลายจะมีระบบรากที่ลดลงจึงทำให้การลำเลียงน้ำลดน้อยลงส่งผลให้พืชตายได้ในที่สุด

พืชอาศัย

พืชอาศัยของไส้เดือนฝอยศัตรูพืชชนิด *Globodera rostochiensis* นั้นจำกัดอยู่เฉพาะพืชในวงศ์ Solanaceae เท่านั้น และมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum*) เป็นพืชอาศัยที่สำคัญที่สุด สำหรับมะเขือเทศ (*S. lycopersicum*) และมะเขือยาว (*S. melongena*) ไม่มีรายงานความเสียหายทางเศรษฐกิจ (EFSA, 2019) พืชตระกูลพริกมะเขือ *Solanum* spp. มากกว่า 130 ชนิด รวมทั้งลูกผสมและวัชพืช ได้รับการระบุว่าเป็นพืชอาศัยที่มีศักยภาพ เช่นเดียวกับ *Datura*, *Hyoscyamus*, *Lycopersicon*, *Nicotiana*, *Physalis*, *Physochlaina*, *Salpiglossis* และ *Saracha* ทั้งหมดอยู่ในวงศ์ Solanaceae

การแพร่กระจาย

แหล่งกำเนิดครั้งแรกของไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งชนิด *G. pallida* และ *G. rostochiensis* อยู่บริเวณเทือกเขาแอนดีสในประเทศอเมริกาใต้ โดยไส้เดือนฝอยได้ติดมากับหัวมันฝรั่งที่นำเข้ามายังสหภาพยุโรป คาดว่าในช่วงกลางศตวรรษที่ 19 จากนั้นจึงได้แพร่กระจายยังพื้นที่ต่าง ๆ ด้วยหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ใช้ปลูก และพบว่าการแพร่กระจายของประชากรไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งในปัจจุบันครอบคลุมในเขตอบอุ่นจนถึงระดับน้ำทะเลและในเขตร้อน

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ในประเทศโบลีเวีย ซึ่งเป็นบริเวณแหล่งกำเนิด จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนในส่วนไมโทคอนเดรียดีเอ็นเอ (mtDNA) ของประชากร PCN จากทั่วทุกมุมโลก ยืนยันว่าไส้เดือนฝอยทั้งสองชนิด *G. pallida* และ *G. rostochiensis* มีแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน ในเทือกเขาแอนดีส ปัจจุบันพบการแพร่กระจายตัวของไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 7)

ทวีปยุโรป ได้แก่ประเทศ 1) แอลเบเนีย 2) แอลจีเรีย 3) อาร์เมเนีย 4) ออสเตรีย 5) เบลารุส 6) เบลเยียม 7) บอสเนียและเฮอร์เซโกวีนา 8) บัลแกเรีย 9) โครเอเชีย 10) ไชปรัส 11) สาธารณรัฐเช็ก 12) เดนมาร์ก 13) เอสโตเนีย 14) ฟินแลนด์ 15) ฝรั่งเศส (แผ่นดินใหญ่) 16) จอร์เจีย 17) เยอรมนี 18) กรีซ (แผ่นดินใหญ่ คริติ) 19) ฮังการี, 20) ไอร์แลนด์, 21) อิตาลี (แผ่นดินใหญ่, ซิซิลี), 22) คาซัคสถาน, 23) คีร์กีซสถาน, 24) ลัตเวีย, 25) ลิทัวเนีย, 26) ลักเซมเบิร์ก, 27) มอลตา, 28) เนเธอร์แลนด์, 29) นอร์เวย์, 30) โปแลนด์, 31) โปรตุเกส (แผ่นดินใหญ่, อะซอเรส, มาเดรา), 32) โรมาเนีย, 33) รัสเซีย (รัสเซียกลาง, ไซบีเรียตะวันออก, ตะวันออกไกล , รัสเซียตอนเหนือ, รัสเซียตอน

ใต้, ไชยบุรี (ตะวันตก), 34) เซอร์เบีย, 35) สโลวาเกีย, 36) สโลวีเนีย, 37) สเปน (แผ่นดินใหญ่, อิสลาสบาเลียร์, อิสลาสกานาเรียส), 38) สวีเดน, 39) สวิตเซอร์แลนด์, 40) ตุรกี, 41) เดอร์เกีย, 42) ยูเครน, 43) สหราชอาณาจักร (หมู่เกาะเชแนล, อังกฤษ, ไอร์แลนด์เหนือ, สกอตแลนด์)

ทวีปแอฟริกา ได้แก่ประเทศ 1) แอลจีเรีย, 2) อียิปต์, 3) เคนยา, 4) ลิเบีย, 5) รวันดา, 6) แอฟริกาใต้, 7) ตุรกี, 8) ยูกันดา

ทวีปเอเชีย ได้แก่ประเทศ 1) จีน (ก๊วยโจว เสฉวน ยูนนาน) 2) อินเดีย (หิมาจัลประเทศ ชัมมู และแคชเมียร์ ทมิฬนาฑู อุตตราขัณฑ์) 3) อินโดนีเซีย (ชวา สุลาเวสี สุมาตรา) 4) อิหร่าน 5) ญี่ปุ่น (ฮอกไกโด คิวชู) 6) คาซัคสถาน 7) คีร์กีซสถาน 8) เลบานอน 9) โอมาน 10) ปากีสถาน 11) ฟิลิปปินส์ 12) ศรีลังกา 13) ทาจิกิสถาน

ทวีปอเมริกาเหนือ ได้แก่ประเทศ 1) แคนาดา (บริติชโคลัมเบีย นิวฟันด์แลนด์ ควิเบก) 2) เม็กซิโก 3) สหรัฐอเมริกา (นิวยอร์ก)

ทวีปอเมริกากลางและแคริบเบียน ได้แก่ประเทศ 1) ปานามา

ทวีปอเมริกาใต้ ได้แก่ประเทศ 1) โบลิเวีย, 2) ชิลี, 3) โคลอมเบีย, 4) เอกวาดอร์, 5) เปรู, 6) เวเนซุเอลา

ทวีปโอเชียเนีย ได้แก่ประเทศ 1) ออสเตรเลีย (วิกตอเรีย) และ 2) นิวซีแลนด์ เกาะนอร์ฟอล์ก

ลักษณะทางชีววิทยา

ไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* เป็นไส้เดือนฝอยที่เข้าไปฝังตัวอยู่ในรากพืชโดยไม่มีการเคลื่อนที่ภายในเนื้อเยื่อพืชมีการเจริญครบชีวิจักร (sedentary endoparasite) ตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) พักออกจากไข่ที่อยู่ภายในซิสต์ ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากสารที่รากพืชผลิตออกมาของพืชอาศัยตระกูล Solanaceae เมื่อตัวอ่อนใช้หลอดดูดอาหารเจาะเข้าสู่เซลล์รากพืชตัวอ่อนจะแทรกซึมเข้าไปในเซลล์และปล่อยสารซึ่งทำให้เซลล์สลายผนังเซลล์และหลอมรวมเป็นเซลล์ที่มีหลายนิวเคลียสขนาดใหญ่ เรียกว่า ซินไซเทียม (syncytium) ซึ่งเกิดจากการละลายของผนังเซลล์ที่อยู่ติดกัน ไส้เดือนฝอยจะฝังตัวตลอดการพัฒนาไปสู่ระยะตัวอ่อน 3 4 และสู่ระยะตัวเต็มวัยเพศเมียหรือเพศผู้ ตัวเมียจะบวมพองจนทะลุถึงผิวชั้นนอกของรากพืชส่วนหัวยังติดอยู่ในรากพืช ตัวเต็มวัยเพศผู้จะออกจากรากและดึงดูดให้ตัวเมียปล่อยฟีโรโมนออกมา ตัวผู้หลายตัวอาจล้อมรอบตัวเมียแต่ละตัวและเกิดการผสมพันธุ์หลายครั้ง ตัวผู้มีชีวิตอยู่เพียงไม่กี่วัน หลังจากการผสมพันธุ์ สำหรับตัวเมียจะยังคงฝังตัวอยู่ในรากและผลิตไข่ประมาณ 200 - 500 ฟองพัฒนาอยู่ภายใน ลำตัวของตัวเต็มวัยเพศเมียจะมีสีขาวในระยะแรกเมื่อยื่นออกมาจากผิวราก และจะพัฒนาเป็นสีเหลืองทองระยะ 4 - 6 สัปดาห์ เรียกว่า ซิสต์ (cyst) ผนังลำตัวจะพองกลมแข็งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพื่อเป็นเกราะปกป้องไข่ที่อยู่ข้างในท้อง และหลุดลงสู่ดิน สำหรับเขตอบอุ่น โดยทั่วไปแล้วไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* จะมีหนึ่งรุ่นต่อปี อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยหลายผลงานที่กล่าวถึงการเกิดขึ้นของไส้เดือนฝอยรุ่นที่สอง โดยไม่ต้องมีการพักตัวของประชากรตัวอย่างไส้เดือนฝอยในประเทศเคนยา มีวงจรชีวิตสั้นสุดที่ระยะ 40 - 60 วัน

พบว่าอุณหภูมิของดินมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยและชนิด *G. rostochiensis* สามารถปรับตัวได้ดีกว่าชนิด *G. pallida* ในอุณหภูมิที่อุ่นกว่า สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฟักไข่เป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 อยู่ระหว่าง 15 - 27 องศาเซลเซียส การฟักไข่เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส และการสืบพันธุ์ของตัวเต็มวัยที่เหมาะสมที่สุดคือระหว่าง 17.5 - 22.5 องศาเซลเซียส (Jones *et al.*, 2017) การฟักไข่ของไส้เดือนฝอยชนิด *G. rostochiensis* จะฟักได้เร็วกว่าชนิด *G. pallida* ในช่วงระยะเวลาที่สั้นกว่าแต่มีจำนวนการฟักได้น้อยกว่าชนิด *G. pallida* (Den

ชีสต์สามารถคงสภาพอยู่ข้ามฤดูได้เป็นเวลาหลายปี ตัวอ่อนระยะที่ 2 จะมีอัตราการรอดชีวิตที่สั้น (สัปดาห์) เมื่อไม่ได้อาศัยอยู่บนพืชอาศัย และมีการคาดการณ์จากข้อมูลการสำรวจหลายปีพบว่าประชากรไส้เดือนฝอยชีสต์มันฝรั่งจะมีแนวโน้มลดลงตามธรรมชาติที่ระดับ 30 - 35 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี และปัจจุบันจากการศึกษาพบว่าประเภทของดินแหล่งอาศัยส่งผลต่อการลดลงของประชากรไส้เดือนฝอย เช่น ในดินทรายและดินพรุ มีอัตราการลดลงของประชากรโดยเฉลี่ยในปีแรกหลังการปลูกมันฝรั่งจะสูงกว่าดินเหนียวเลนทะเลและดินร่วนมาก (69 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 26 เปอร์เซ็นต์) ดินเหนียวเลนทะเลและดินร่วน ยังพบว่าประชากรของไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ก็ลดลงช้ากว่าประชากร *G. pallida* เช่นกัน

ลักษณะอาการ

อาการที่เกิดจากไส้เดือนฝอยศัตรูพืชชนิด *G. rostochiensis* ไม่เฉพาะเจาะจง โดยทั่วไปจะพบอาการเจริญเติบโตของพืชในแปลงปลูกแคระแกร็นไม่สม่ำเสมอเป็นหย่อมๆ เหลือง เหี่ยวเฉา หรือใบเหลืองซีด รากเน่า แห้งตายในที่สุด หัวของพืชที่ถูกทำลายมีขนาดลดลงผิดปกติ และอาจพบชีสต์กลมน้ำตาลติดอยู่ที่หัวหรือระบบรากพืช หากแต่ส่งผลต่อใบพืชกระทบบ่อยมาก ทั้งยังกระตุ้นทำให้รากพืชมีการแตกแขนงอย่างกว้างขวาง ทำให้ดินยึดติดกับระบบรากมากขึ้น ในกรณีที่มีการระบาดหนักจะส่งผลให้พืชปลูกเสียหายก่อนระยะเวลาเก็บเกี่ยว

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ไส้เดือนฝอยตัวอ่อนระยะที่ 2 หลังฟักจากไข่มีความยาวลำตัวขนาด 468 (425 - 505) ไมโครเมตร (μm) มีหลอดดูดอาหาร (stylet) ที่ได้พัฒนาสมบูรณ์ความยาว 21.8 (19 - 23) ไมโครเมตร (μm) มีปุ่มกลมเล็กและโค้งมน (stylet knob) กว้าง 3 - 4 ไมโครเมตร (μm) บางครั้งหลอดดูดอาหารแบนไปด้านหน้าเล็กน้อยและปลายแหลม ลักษณะหางของตัวเต็มวัยเพศผู้มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกัน โดยเฉลี่ยแล้วจะมีความยาวประมาณ 1,200 ไมโครเมตร (μm) โดยมีปลายหางที่สั้นและแหลม ตัวเต็มวัยเพศเมียมีสีขาวหรือสีครีมและทรงกลม มีส่วนคอยื่นออกมา เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 445 μm ชีสต์ (cyst) มีลักษณะกลมมนเรียบ ไม่มีกรวยปลาย มีผิวสีแทน บริเวณช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Vulva) ประกอบด้วยเส้นรอยย่นของผนังลำตัวรอบ ๆ ช่องเปิดทวาร

(Anun) และช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Vulva) (Ridges between Anus and Vulval Basin) ระหว่าง 16 - 31 เส้น (Ridges) ซึ่งโดยทั่วไปจะสูงกว่า 14 อัตราส่วนของ Granek (Granek's Ratio) คือ 1.3 - 9.5 โดยทั่วไปจะสูงกว่า 3 ได้ ซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยาข้างต้นสามารถใช้ในการประกอบการระบุชนิดของไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งได้

การจำแนกทางสัณฐานวิทยาของไส้เดือนฝอย PCN 3 ชนิด (species) ที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ *G. pallida*, *G. rostochiensis* และ *G. ellingtonae* ต้องเป็นบุคคลที่ได้รับการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดีเท่านั้น โดยคำนึงถึงความแปรผันภายในสูงและการทับซ้อนกันระหว่างชนิด จำเป็นต้องตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาและรูปร่าง ซึ่งรวมถึงจำนวนรอยตัดระหว่างทวารหนักและเพนสตรา อัตราส่วนของ Granek's Ratio ความยาวของสไตล์็ต (stylet) และรูปร่างของปุ่มสไตล์็ต *G. rostochiensis* แตกต่างจาก *G. pallida* เนื่องจากมีสีเหลืองมากกว่าตัวเมียสีขาว ความยาวของ stylet J2 สั้นกว่า (22 ต่อ 24 μm) stylet knob ที่แคบกว่า (กว้าง 3 - 4 กับ 4 - 5 μm) และ stylet knob ที่แตกต่างกัน รูปร่างขนาดเล็กและโค้งมน

ลักษณะการแพร่กระจาย

ไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* มีศักยภาพในการเคลื่อนที่ตามธรรมชาติอย่างจำกัด ตัวอ่อนระยะที่ 2 ซึ่งเป็นระยะการเข้าทำลายพืชและสามารถเคลื่อนที่ในระยะทางสั้น ๆ ในดินได้โดยอาศัยสารดึงดูดที่ปลดปล่อยจากรากพืช เคลื่อนที่ได้ระยะทางมากที่สุดเพียง 1 เมตรต่อปี และตัวซีสต์สามารถกระจายไปยังแปลงปลูกที่อยู่ติดกันได้ด้วยลมหรือน้ำ การแพร่กระจายที่สำคัญคือหัวมันฝรั่งที่ติดเชื้อไส้เดือนฝอย และการเคลื่อนย้ายของดินที่ปนเปื้อนติดไปบนพืชที่ไม่ใช่พืชอาศัย เช่น พืชสำหรับปลูกเรือนเพาะชำ และหัวดอกไม้ เครื่องจักรในฟาร์ม เครื่องเก็บหัวมันฝรั่ง หรือชิ้นส่วนอื่น ๆ ของพืชที่เพาะปลูกสำหรับบริโภคหรือแปรรูป

ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

ไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งจัดเป็นศัตรูพืชหลักของการปลูกมันฝรั่งในประเทศเขตหนาวและเขตอบอุ่น มีการประเมินการสูญเสียในยุโรปที่ 9 เปอร์เซ็นต์ ของการผลิตมันฝรั่งทั้งหมด และในพื้นที่ปลูกมันฝรั่งอื่น ๆ ที่ใช้กลยุทธ์การควบคุมน้อยหรือไม่มีเลย อาจเกิดการสูญเสียเกือบทั้งหมดได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหัวมันฝรั่งขนาดและน้ำหนักต่อหัวของมันฝรั่งที่ผลิตได้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันกับจำนวนไข่ไส้เดือนฝอยต่อหน่วยดิน มีการประมาณกันว่ามันฝรั่งจะสูญเสียไปประมาณ 2 ตันต่อเฮกตาร์ต่อไร่ 20 ฟองต่อกรัมของดิน ผลผลิตสามารถสูญเสียได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะจำนวนประชากรไส้เดือนฝอยที่เพิ่มขึ้นสู่ระดับที่สูงมากเนื่องจากการปลูกมันฝรั่งแปลงเดิมหลายรอบ หากเกณฑ์การตรวจพบซีสต์ในอัตรา 1-2 ฟองต่อกรัมดิน ในดินแปลงปลูก อาจไม่ทำให้เกิดความเสียหายมากนักกับผลผลิตและยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและระดับความทนทานของสายพันธุ์มันฝรั่งที่ปลูก นอกจากการ

สูญเสียผลผลิตแล้ว ยังมีผลกระทบทางอ้อมเนื่องจากต้นทุนในการควบคุมและมาตรการสุขอนามัยพืชอีกด้วย ในสหภาพยุโรปมีเครื่องมือสำหรับช่วยการตัดสินใจบนระบบออนไลน์ว่า 'Nemadecide' ที่ได้รับการพัฒนามาเพื่อช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งสามารถรักษาระดับของประชากรไส้เดือนฝอย PCN ให้อยู่ในระดับความหนาแน่นที่ต่ำและยอมรับได้ในเชิงเศรษฐกิจ

การควบคุมไส้เดือนฝอย

การควบคุมไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งโดยวิธีการปลูกพืชหมุนเวียนติดต่อกันหลายปีพบว่าจำนวนประชากรไส้เดือนฝอยลดลงจนถึงระดับต่ำกว่าเกณฑ์ความเสียหาย ซึ่งมีหลักเกณฑ์คำแนะนำทั่วไปคือปลูกมันฝรั่งเป็นเวลา 6-7 ปี สำหรับแนวทางปฏิบัติในการจัดการในสภาพแปลงเพื่อจำกัดจำนวนประชากรไส้เดือนฝอย ได้แก่ การใช้มันฝรั่งพันธุ์ต้านทานโรคและปลูกพืชดักจับไส้เดือนฝอย เช่น ปลูกต้น sticky nightshade (*S. sisymbriifolium*) เทคนิคการรมควัน ปล่อยซังในแปลงปลูก หรือการทำลายต้นมันฝรั่งที่อ่อนแอก่อนก่อนการพัฒนาครบวงจรชีวิตไส้เดือนฝอยจะสิ้นสุดลง นอกจากนี้ การจัดการฟาร์มหรือแปลงปลูกที่ดี รวมถึงการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องจักรในการทำงาน พร้อมกับการสำรวจประชากรไส้เดือนฝอย PCN เป็นประจำ และการใช้พันธุ์มันฝรั่งที่ต้านทานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในทศวรรษที่ผ่านมามีความก้าวหน้าอย่างมากในการปรับปรุงพันธุ์มันฝรั่งให้ต้านทานต่อไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ที่มียืนต้านทานต่อไส้เดือนฝอยคือ ยีนส์ Gro1.2, Gro1.3, Gro1.4 และ Grp1 หรือ ชุดยีนส์ H1, Gro1, และ GroVI ซึ่งยีนส์ H1 ได้รับการแนะนำอย่างกว้างขวางในพันธุ์มันฝรั่งเชิงพาณิชย์จำนวนมาก

ไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งชนิด *Globodera pallida* (EPPO, 2024)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Globodera pallida* Stone 1973

ชื่อวิทยาศาสตร์ที่พ้องกัน (Synonyms): *Globodera pallida* (Stone, 1973) Behrens, 1975
Heterodera pallida Stone, 1973

ชื่อสามัญ (Common Name) pale potato cyst nematode, white potato cyst nematode

ข้อมูลทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic information)

Phylum Nematoda

Class Secernentea

Order Tylenchida

Family Heteroderidae

Genus *Globodera*

Species *Globodera pallida*

ไส้เดือนฝอยมันชีสต์ฝรั่ง (potato cyst nematode: PCN) ชนิด *Heterodera pallida* มีรายงานครั้งแรกในปี ค.ศ. 1973 (พ.ศ. 2516) จากแปลงปลูกมันฝรั่งในรัฐลินคอล์นเชียร์ ประเทศอังกฤษ (Stone, 1973a) โดยก่อนหน้านี้ข้อมูลเชิงสัณฐานวิทยาจะอ้างอิงจากชนิด *H. rostochiensis* sensu lato ซึ่งรวมถึงทั้งสองชนิด (species) ดังนั้นจึงไม่อาจสรุปได้แน่ชัดว่าการค้นพบชนิดใดก่อนหลัง และได้มีการระบุชื่อสกุล (Genus) ใหม่ที่ใช้เรียกไส้เดือนฝอยกลุ่มที่สร้างถุงชีสต์กลุมว่า สกุล *Globodera* Behrens (1975) อ้างถึง (Mulvey and Stone, 1976) จากการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ประชากรของไส้เดือนฝอยชนิด *Globodera pallida* จากยุโรป อเมริกาใต้ และภูมิภาคอื่น ๆ พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างประชากร ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Picard และคณะ (2007) ที่ระบุว่าประชากรไส้เดือนฝอย *G. pallida* จากแหล่งอเมริกาใต้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากและเรียกกลุ่มประชากรนี้ว่า “*pallida* Chilean type” และยังพบอีกว่ามีสองกลุ่มประชากร ที่มีความหลากหลายและแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง ซึ่งบ่งชี้ว่าประชากรดังกล่าวที่ถูกระบุว่าเป็นไส้เดือนฝอยชนิด *G. pallida* อาจเป็นไส้เดือนฝอยชีสต์มันฝรั่งอีกชนิดเป็นได้ ซึ่งผลจากการศึกษายังคงต้องการข้อมูลทางด้านอนุกรมวิธานด้านสัณฐานวิทยาและพฤติกรรมเพิ่มเติม พร้อมด้วยข้อมูลทางด้านรหัสพันธุกรรมดีเอ็นเอ เพื่อใช้ในการจัดจำแนกและระบุชนิดต่อไป

พืชอาศัย

พืชอาศัยของไส้เดือนฝอยชีสต์มันฝรั่ง *G. pallida* ยังคงจำเพาะเฉพาะพืชในวงศ์ Solanaceae เท่านั้น โดยมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum*) ระบุเป็นพืชอาศัยที่สำคัญที่สุดสำหรับมะเขือเทศ (*S. Lycopersicum*) และสำหรับการเข้าทำลายต้นมะเขือ (*S. melongena*) ยังไม่พบรายงานความเสียหายทางเศรษฐกิจ พืชตระกูลพริกมะเขือ *Solanum* spp. มากกว่า 130 ชนิด เช่นเดียวกับ *Datura*, *Hyoscyamus*, *Lycopersicon*, *Physalis*, *Physochlaina*, *Salpiglossis* และ *Saracha* ทั้งหมดอยู่ในวงศ์ Solanaceae

การแพร่กระจาย

แหล่งกำเนิดครั้งแรกของไส้เดือนฝอยชีสต์มันฝรั่งชนิด *G. pallida* และ *G. rostochiensis* อยู่บริเวณเทือกเขาแอนดีสในประเทศอเมริกาใต้ โดยไส้เดือนฝอยได้ติดมากับหัวมันฝรั่งที่นำเข้ามายังสหภาพยุโรป คาดว่าในช่วงกลางศตวรรษที่ 19 จากนั้นจึงได้แพร่กระจายยังพื้นที่ต่าง ๆ ด้วยหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ใช้ปลูก และพบว่าการแพร่กระจายของประชากรไส้เดือนฝอยชีสต์มันฝรั่งในปัจจุบันครอบคลุมในเขตอบอุ่นจนถึงระดับน้ำทะเลและในเขตร้อน

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ในประเทศโบลีเวีย ซึ่งเป็นบริเวณแหล่งกำเนิด จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนไมโทคอนเดรียดีเอ็นเอ (mtDNA) ของประชากร PCN จากหัว

ทุกมุมโลกยืนยันว่าไส้เดือนฝอยทั้งสองชนิด *G. pallida* และ *G. rostochiensis* มีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันในเทือกเขาแอนดิส ปัจจุบันพบการแพร่กระจายตัวของไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 8)

ทวีปยุโรป ได้แก่ประเทศ 1) แอลจีเรีย 2) ออสเตรีย 3) เบลเยียม 4) บอสเนียและเฮอร์เซโกวีนา 5) บัลแกเรีย 6) โครเอเชีย 7) ไชปรัส 8) สาธารณรัฐเช็ก 9) เดนมาร์ก 10) เอสโตเนีย 11) ฟินแลนด์ 12) ฝรั่งเศส (แผ่นดินใหญ่) 13) เยอรมนี 14) กรีซ (แผ่นดินใหญ่ ครีต) 15) ฮังการี 16) ไอร์แลนด์ 17) อิตาลี (แผ่นดินใหญ่, ซิซิลี), 18) ลัตเวีย, 19) ลิทัวเนีย, 20) ลักเซมเบิร์ก, 21) มอลตา, 22) โมร็อกโก, 23) เนเธอร์แลนด์, 24) นอร์เวย์, 25) โปรตุเกส (แผ่นดินใหญ่, มาเดรา), 26) โรมาเนีย, 27) เซอร์เบีย, 28) สโลวาเกีย, 29) สเปน (แผ่นดินใหญ่, 30) หมู่เกาะแบลีแอริก, หมู่เกาะคานารี), 31) สวีเดน, 32) สวิตเซอร์แลนด์, 33) ตุนิเซีย, 34) ตุรกี, 35) ยูไนเต็ดราชอาณาจักร (หมู่เกาะแซนเนล อังกฤษ ไอร์แลนด์เหนือ สกอตแลนด์ เวลส์)

ทวีปแอฟริกา ได้แก่ประเทศ 1) แอลจีเรีย 2) เคนยา 3) โมร็อกโก 4) ตุนิเซีย

ทวีปเอเชีย ได้แก่ประเทศ 1) อินเดีย (หิมาจัลประเทศ ชัมมูและแคชเมียร์ เกรละ ทมิฬนาฑู อุตตราขัณฑ์) 2) ญี่ปุ่น (ฮอกไกโด) 3) ปากีสถาน

ทวีปอเมริกาเหนือ ได้แก่ประเทศ 1) แคนาดา (นิวฟันด์แลนด์) 2) สหรัฐอเมริกา (ไดาโฮ)

ทวีปอเมริกากลางและแคริบเบียน ได้แก่ประเทศ 1) คอสตาริกา 2) ปานามา

ทวีปอเมริกาใต้ ได้แก่ประเทศ 1) โบลิเวีย 2) ชิลี 3) โคลอมเบีย 4) เอกวาดอร์ หมู่เกาะฟอล์กแลนด์ 5) เปรู 6) เวเนซุเอลา

ทวีปโอเชียเนีย ได้แก่ประเทศ 1) นิวซีแลนด์

ลักษณะทางชีววิทยา

ไส้เดือนฝอย *G. pallida* เป็นไส้เดือนฝอยที่เข้าไปฝังตัวอยู่ในรากพืชโดยไม่มีการเคลื่อนที่ภายในเนื้อเยื่อพืชมีการจนครบชีพจักร (sedentary endoparasite) ตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) ฝักออกจากไข่ที่อยู่ภายในซิสต์ ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากสารที่รากพืชผลิตออกมาของพืชอาศัยตระกูล Solanaceae เมื่อตัวอ่อนใช้หลอดดูดอาหารเจาะเข้าสู่เซลล์รากพืชตัวอ่อนจะแทรกซึมเข้าไปในเซลล์และปล่อยสารซึ่งทำให้เซลล์สลายผนังเซลล์และหลอมรวมเป็นเซลล์ที่มีหลายนิวเคลียสขนาดใหญ่เรียกว่า ซินไซเทียม (syncytium) ซึ่งเกิดจากการละลายของผนังเซลล์ที่อยู่ติดกัน ไส้เดือนฝอยจะฝังตัวตลอดการพัฒนาไปสู่ระยะตัวอ่อน 3 4 และสู่ระยะตัวเต็มวัยเพศเมียหรือเพศผู้ (ภาพที่ 1) ตัวเมียจะบวมพองจนทะลุถึงผิวชั้นนอกของรากพืชส่วนหัวยังติดอยู่ในรากพืช ตัวเต็มวัยเพศผู้จะออกจากรากและดึงดูดให้ตัวเมียปล่อยฟีโรโมนออกมา ตัวผู้หลายตัวอาจล้อมรอบตัวเมียแต่ละตัวและเกิดการผสมพันธุ์หลายครั้ง ตัวผู้มีชีวิตอยู่เพียงไม่กี่วัน หลังจากการผสมพันธุ์ สำหรับตัวเมียจะยังคงฝังตัวอยู่ในรากและผลิตไข่ประมาณ 200 - 500 ฟองพัฒนาอยู่ภายใน ลำตัวของตัวเต็มวัยเพศเมียจะมีสีขาวใน

ระยะแรกเมื่อยื่นออกมาจากผิวราก และจะพัฒนาเป็นสีเหลืองทองระยะ 4 - 6 สัปดาห์ เรียกว่า ซีสต์ (cyst) ผนังลำตัวจะพองกลมแข็งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพื่อเป็นเกราะปกป้องไซที่อยู่ข้างในท้อง และหลุดลงสู่ดิน สำหรับเขตอบอุ่น โดยทั่วไปแล้วไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* จะมีหนึ่งรุ่นต่อปี อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยหลายผลงานที่กล่าวถึงการเกิดขึ้นของไส้เดือนฝอยรุ่นที่สอง โดยไม่ต้องมีการพักตัวของประชากรตัวอย่างไส้เดือนฝอยในประเทศเคนยา มีวงจรชีวิตสั้นสุดที่ระยะ 40 - 60 วัน

พบว่าอุณหภูมิของดินมีอิทธิพลต่อพัฒนาการของตัวอ่อนไส้เดือนฝอยและชนิด *G. rostochiensis* สามารถปรับตัวได้ดีกว่าชนิด *G. pallida* ในอุณหภูมิที่อุ่นกว่า สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฟักไข่เป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 อยู่ระหว่าง 15 - 27 องศาเซลเซียส การฟักไข่เริ่มต้นที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส และการสืบพันธุ์ของตัวเต็มวัยที่เหมาะสมที่สุดคือระหว่าง 17.5 - 22.5 องศาเซลเซียส การฟักไข่ของไส้เดือนฝอยชนิด *G. rostochiensis* จะฟักได้เร็วกว่าชนิด *G. pallida* ในช่วงระยะเวลาที่สั้นกว่าแต่มีจำนวนการฟักได้น้อยกว่าชนิด *G. pallida*

ซีสต์สามารถคงสภาพอยู่ข้ามฤดูได้เป็นเวลาหลายปี ตัวอ่อนระยะที่ 2 จะมีอัตราการรอดชีวิตที่สั้น (สัปดาห์) เมื่อไม่ได้อาศัยอยู่บนพืชอาศัย และมีการคาดการณ์จากข้อมูลการสำรวจหลายปีพบว่าประชากรไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งจะมีแนวโน้มลดลงตามธรรมชาติที่ระดับ 30 - 35% ต่อปี และปัจจุบันจากการศึกษาพบว่าประเภทของดินแหล่งอาศัยส่งผลต่อการลดลงของประชากรไส้เดือนฝอย เช่น ในดินทรายและดินพุด มีอัตราการลดลงของประชากรโดยเฉลี่ยในปีแรกหลังการปลูกมันฝรั่งจะสูงกว่าดินเหนียวเลนทะเลและดินร่วนมาก (69 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 26 เปอร์เซ็นต์) ดินเหนียวเลนทะเลและดินร่วน ยังพบว่าประชากรของไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ก็ลดลงช้ากว่าประชากร *G. pallida* เช่นกัน

ลักษณะอาการ

อาการที่เกิดจากไส้เดือนฝอยศัตรูพืชชนิด *G. rostochiensis* ไม่เฉพาะเจาะจง โดยทั่วไปจะพบอาการเจริญเติบโตของพืชในแปลงปลูกแคระแกร็นไม่สม่ำเสมอเป็นหย่อมๆ เหลือง เหี่ยวเฉา หรือใบเหลืองซีด รากเน่า แห้งตายในที่สุด หัวของพืชที่ถูกทำลายมีขนาดลดลงผิดปกติ และอาจพบซีสต์กลมสีน้ำตาลติดอยู่ที่หัวหรือระบบรากพืช หากแต่ส่งผลต่อใบพืชกระทบบ่อยมาก ทั้งยังกระตุ้นทำให้รากพืชมีการแตกแขนงอย่างกว้างขวาง ทำให้ดินยึดติดกับระบบรากมากขึ้น ในกรณีที่มีการระบาดหนักจะส่งผลให้พืชปลูกเสียหายก่อนระยะเวลาเก็บเกี่ยว

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ไส้เดือนฝอยตัวอ่อนระยะที่ 2 หลังฟักจากไข่มีความยาวลำตัวขนาด 484 (440 - 525) ไมโครเมตร (μm) มีหลอดดูดอาหาร (stylet) ที่ได้พัฒนาสมบูรณ์ความยาว 23.8 (22 - 24) ไมโครเมตร (μm) มีปุ่มกลมเล็กและโค้งมน (stylet knob) กว้าง 4 - 5 ไมโครเมตร (μm) บางครั้ง

หลอดดูดอาหารแบนไปด้านหน้าเล็กน้อยและปลายแหลม ลักษณะหางของตัวเต็มวัยเพศผู้มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกัน โดยเฉลี่ยแล้วจะมีความยาวประมาณ 1,200 ไมโครเมตร (μm) โดยมีปลายหางที่สั้นและแหลม ตัวเต็มวัยเพศเมียมีสีขาวหรือสีครีมและทรงกลม มีส่วนคอยื่นออกมา เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 450 μm ซีสต์ (cyst) มีลักษณะกลมมนเรียบ ไม่มีกรวยปลาย มีผิวสีแทน บริเวณช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Vulva) ประกอบด้วยเส้นรอยย่นของผนังลำตัวรอบ ๆ ช่องเปิดทวาร (Anus) และช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (Vulva) (Ridges between Anus and Vulval Basin) ระหว่าง 8 - 20 เส้น (Ridges) ซึ่งโดยทั่วไปจะต่ำกว่า 14 Ridges อัตราส่วนของ Granek (Granek's Ratio) คือ 1.2 - 3.5 โดยทั่วไปจะต่ำกว่า 3 ซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยาข้างต้นสามารถใช้ประกอบการระบุชนิดของไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งได้

การจำแนกทางสัณฐานวิทยาของไส้เดือนฝอย PCN 3 ชนิด (species) ที่คล้ายคลึงกันได้แก่ *G. pallida*, *G. rostochiensis* และ *G. ellingtonae* ต้องเป็นบุคคลที่ได้รับการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดีเท่านั้น โดยคำนึงถึงความแปรผันภายในสูงและการทับซ้อนกันระหว่างชนิด จำเป็นต้องตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาและรูปร่าง ซึ่งรวมถึงจำนวนรอยตัดระหว่างทวารหนักและเพนสตรีดา อัตราส่วนของ Granek's Ratio ความยาวของสไตเล็ต (stylet) และรูปร่างของปุ่มสไตเล็ต *G. pallida* แตกต่างจาก *G. rostochiensis* ตัวเต็มวัยเพศเมียมีสีขาวมากกว่าสีเหลือง ความยาวของ stylet J2 ยาวกว่า (24 ต่อ 22 μm) stylet knob และ stylet knob ทรงเหลี่ยมไม่โค้งมน

ผลกระทบทางเศรษฐกิจ

ไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งจัดเป็นศัตรูพืชหลักของการปลูกมันฝรั่งในประเทศเขตหนาวและเขตอบอุ่น มีการประเมินการสูญเสียในยุโรปที่ 9 เปอร์เซ็นต์ ของการผลิตมันฝรั่งทั้งหมด และในพื้นที่ปลูกมันฝรั่งอื่น ๆ ที่ใช้กลยุทธ์การควบคุมน้อยหรือไม่มีเลย อาจเกิดการสูญเสียเกือบทั้งหมดได้ พบว่าสายพันธุ์มันฝรั่งที่นิยมปลูกในปัจจุบันไม่ต้านทานต่อการเข้าทำลายไส้เดือนฝอยซีสต์มันฝรั่งชนิด *G. pallida* โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นกับหัวมันฝรั่งขนาดและน้ำหนักต่อหัวของมันฝรั่งที่ผลิตได้นั้น มีความสัมพันธ์กันกับจำนวนไข่ไส้เดือนฝอยต่อหน่วยดิน มีการประมาณกันว่ามันฝรั่งจะสูญเสียไปประมาณ 2 ตันต่อเฮกตาร์ต่อไร่ 20 ฟองต่อกรัมของดิน ผลผลิตสามารถสูญเสียได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะจำนวนประชากรไส้เดือนฝอยที่เพิ่มขึ้นสู่ระดับที่สูงมากเนื่องจากการปลูกมันฝรั่งแปลงเดิมหลายรอบ หากเกณฑ์การตรวจพบซีสต์ในอัตรา 1-2 ฟองต่อกรัมดิน ในดินแปลงปลูก อาจไม่ทำให้เกิดความเสียหายมากนักกับผลผลิตและยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและระดับความทนทานของสายพันธุ์มันฝรั่งที่ปลูก นอกจากการสูญเสียผลผลิตแล้ว ยังมีผลกระทบทางอ้อมเนื่องจากต้นทุนในการควบคุมและมาตรการสุขอนามัยพืชอีกด้วย ในสหภาพยุโรปมีเครื่องมือสำหรับการตัดสินใจบนระบบออนไลน์ว่า 'Nemadecide' ที่ได้รับการพัฒนามาเพื่อช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งสามารถรักษาระดับของประชากรไส้เดือนฝอย PCN ให้อยู่ในระดับความหนาแน่นที่ต่ำและยอมรับได้ในเชิงเศรษฐกิจ

การควบคุมไส้เดือนฝอย

การควบคุมไส้เดือนฝอยซิสต์มันฝรั่งโดยวิธีการปลูกพืชหมุนเวียนติดต่อกันหลายปีพบว่าจำนวนประชากรไส้เดือนฝอยลดลงจนถึงระดับต่ำกว่าเกณฑ์ความเสียหาย ซึ่งมีหลักเกณฑ์คำแนะนำทั่วไปคืองดปลูกมันฝรั่งเป็นเวลา 6 - 7 ปี สำหรับแนวทางปฏิบัติในการจัดการในสภาพแปลงเพื่อจำกัดจำนวนประชากรไส้เดือนฝอย ได้แก่ การใช้มันฝรั่งพันธุ์ต้านทานโรคและปลูกพืชดักจับล่อไส้เดือนฝอย เช่น ปลูกต้น sticky nightshade (*S. sisymbriifolium*) เทคนิคการรมควัน ปล่อยซังในแปลงปลูก หรือการทำลายต้นมันฝรั่งที่อ่อนแอก่อนก่อนการพัฒนาครบวงจรชีวิตไส้เดือนฝอยจะสิ้นสุดลง นอกจากนี้ การจัดการฟาร์มหรือแปลงปลูกที่ดี รวมถึงการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องจักรในการทำงาน การสำรวจประชากรไส้เดือนฝอย PCN เป็นประจำ และการใช้พันธุ์มันฝรั่งที่ต้านทานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาสายพันธุ์มันฝรั่งให้ต้านทานต่อไส้เดือนฝอยได้ แต่การปรับปรุงพันธุ์ให้มียืนเด่นเพียงยืนเดียวทำได้ยากมากประกอบกับความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมของไส้เดือนฝอยชนิด *G. pallida* สูง และไม่มียีนต้านทานเพียงยีนเดียวที่สามารถมีกลไกการต้านทานได้อย่างสมบูรณ์ ไม่เหมือนกับยีนต้านทาน H1 ที่สามารถยับยั้งไส้เดือนฝอย *G. rostochiensis* ได้เพียงชนิดเดียว ปัจจุบันสายพันธุ์มันฝรั่งที่มีระดับความต้านทานปานกลางถึงสูง เช่น สายพันธุ์ Innovator, Arsenal และ Ivetta อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ Innovator ไม่เป็นที่นิยมมากนักเนื่องจากมีระดับความสามารถในการต้านทานต่อไส้เดือนฝอยลดลงเมื่อประชากรไส้เดือนฝอยเริ่มเพิ่มมากขึ้นในแปลงปลูก และการปลูกมันฝรั่งในยุโรปเพื่อนำไปแปรรูปนั้นจะปลูกสายพันธุ์ Innovator และ Arsenal สำหรับสายพันธุ์ Ivetta เหมาะสำหรับบริโภคประกอบอาหาร

2. การสุ่มเก็บตัวอย่าง

จากการสุ่มตัวอย่างหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้าจากทุกประเทศตามมาตรฐาน ISPM 31 (Methodologies for sampling of consignments) โดยทำการสุ่มตัวอย่างจากด้านตรวจพืชจำนวน 600 หัวต่อครั้ง ได้แก่ ด้านตรวจพืชลาดกระบังและด้านตรวจพืชท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่มีการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศระหว่างปี พ.ศ. 2564 ถึง พ.ศ. 2566 มีการนำเข้าจาก 6 ประเทศ ได้แก่ มีการนำเข้าจาก 6 ประเทศ ได้แก่ 1) เครือรัฐออสเตรเลีย นำเข้าจำนวน 49 ครั้ง น้ำหนักรวม 4,316,320,000.00 กิโลกรัม 2) แคนาดา นำเข้าจำนวน 10 ครั้ง น้ำหนักรวม 2,349,000,000.00 กิโลกรัม 3) ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ นำเข้าจำนวน 7 ครั้ง น้ำหนักรวม 337,500,000.00 กิโลกรัม 4) ราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ นำเข้าจำนวน 3 ครั้ง น้ำหนักรวม 175,000,000.00 กิโลกรัม 5) ราชอาณาจักรสกอตแลนด์ นำเข้าจำนวน 62 ครั้ง น้ำหนักรวม 12,422,750,000.00 กิโลกรัม และ 6) สหรัฐอเมริกา นำเข้าจำนวน 3 ครั้ง น้ำหนักรวม 390 กิโลกรัม

3. วิธีการแยกและตรวจวินิจฉัยไส้เดือนฝอย Potato cyst nematode

วิธีการแยกไส้เดือนฝอย Potato cyst nematode มีหลายวิธีดังนี้ แยกสกัดตัวอ่อนและตัวเต็มวัยตามกรรมวิธีมาตรฐาน Nematode extraction ของหน่วยงาน EPPO (2013) ซึ่งวิธีแยกสกัดไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่งจากหัวพันธุ์มันฝรั่งด้วยวิธี Maceration และ centrifugal flotation (Coolen and D'Herde, 1972) และ วิธีแยกสกัดถุง cyst ของไส้เดือนฝอยตัวเต็มวัยเพศเมีย potato cyst nematode ออกจากดินที่ติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งด้วยวิธี Centrifugal flotation method (Caveness and Jensen, 1955) ร่วมกับการใช้สารละลายน้ำตาล ผลการแยกไส้เดือนฝอยศัตรูพืชจากหัวมันฝรั่งและเศษดินที่ติดมากับหัวพันธุ์จากตัวอย่างนำเข้าตามกรรมวิธีของ EPPO (2017) และนำไปตรวจสอบจัดจำแนกชนิดด้วยลักษณะสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เป็องตันจากตัวอย่างหัวพันธุ์ที่นำเข้าและตัวอย่างดินจากแปลงปลูกไม่พบตัวอ่อนไส้เดือนฝอยสกุล *Globodera* spp. หากตรวจพบตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยสกุลดังกล่าวจึงนำไปตรวจสอบชั้นละเอียดด้วยการสกัดดีเอ็นเอและนำไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงด้วยเทคนิค PCR สรุปลผลและระบุชนิดไส้เดือนฝอยจากข้อมูลทางสัณฐานวิทยาร่วมกับเทคนิค Multiplex-PCR หากตรวจพบไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่งศัตรูพืชกักกันของประเทศไทย จำต้องดำเนินการควบคุมกำกับดูแลโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ.2507 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พ.ร.บ. กักพืช (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2542 และ พ.ร.บ. กักพืช (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2551 เพื่อป้องกันมิให้ศัตรูพืชกักกันดังกล่าวติดเข้ามากับหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้า และแพร่ระบาดกับพืชอาศัยภายในประเทศ

4. ติดตามและตรวจสอบในแปลงปลูกมันฝรั่งภายหลังการนำเข้า

ผลการติดตามและตรวจสอบในแปลงปลูกมันฝรั่งภายหลังการนำเข้าในพื้นที่แปลงปลูก อำเภอเวียงป่าเป้า อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก อำเภอเมือง อำเภอปางโคน จังหวัดสกลนคร และอำเภอวังยาง จังหวัดนครพนม สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกหัวพันธุ์มันฝรั่ง นำมาแยก ตรวจวินิจฉัยและจัดจำแนก ผลปรากฏว่าตรวจแล้วไม่พบ potato cyst nematode แต่ตรวจพบไส้เดือนฝอยชนิด *Meloidogyne* spp. ซึ่งมีลักษณะการเข้าทำลายและการฝังตัวในหัวมันฝรั่งคล้ายกับ potato cyst nematode ในระยะตัวอ่อน รวมทั้งไส้เดือนฝอยชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 5)

แต่อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบ และติดตาม ตรวจสอบในทุก ๆ พื้นที่ที่มีการปลูกมันฝรั่งที่ใช้หัวพันธุ์ที่นำเข้า เพื่อป้องกันมิให้ไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่งแพร่ระบาดทำความเสียหายต่อการปลูกมันฝรั่งและพืชอาศัยอื่นในประเทศไทยต่อไป

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

1. จากการสุ่มตรวจตัวอย่างหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้าโดยการแยกไส้เดือนฝอยจากหัวพันธุ์และเศษดินที่ติดมากับหัวพันธุ์ และตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อจัดจำแนกชนิดด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับเทคนิคทางด้านชีวโมเลกุล ซึ่งได้จากวิธีการแยกไส้เดือนฝอยศัตรูพืชในหัวพันธุ์มันฝรั่งด้วยวิธีการ Maceration และ centrifugal flotation และวิธีการแยก cyst nematode ตัวเต็มวัยเพศเมียจากดินด้วยวิธีการ Centrifugal flotation method ร่วมกับการใช้สารละลายน้ำตาล (sucrose syrup) 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแยกตัวอ่อนภายในหัวมันฝรั่งและตัวเต็มวัยเพศเมียที่อาจติดปนมากับหัวพันธุ์หรือดิน กรณีห้องปฏิบัติการที่ไม่มีอุปกรณ์สำหรับแยกตัวเต็มวัยเพศเมียจากดิน เช่น เครื่องแยกซีตส์มันฝรั่ง Fenwick-can สามารถใช้อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการทั่วไปดังกล่าวได้เช่นกัน

2. จากการตรวจวินิจฉัยตัวอย่างหัวพันธุ์และดินที่ติดมากับหัวพันธุ์มันฝรั่งนำเข้าตามวิธีการแยกตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่งตามวิธีมาตรฐาน และการตรวจวินิจฉัยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่าตัวอย่างหัวพันธุ์ที่นำเข้าทั้ง 6 ประเทศที่มีการอนุญาตนำเข้าแล้วไม่พบตัวอ่อนระยะที่ 2 3 4 และตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่ง หากแต่พบลักษณะอาการของสาเหตุโรคในมันฝรั่งอื่น ๆ เช่น โรค black scurf จากเชื้อสาเหตุ *Rhizoctonia solani* จากเชื้อไรซออสเตรเลีย 1 ครั้ง และ โรค common scab จากเชื้อสาเหตุ *Streptomyces* spp. จากการขออนุญาตนำเข้า 2 ครั้ง ปริมาณหัวพันธุ์มันฝรั่งที่พบอาการโรคดังกล่าวไม่เกินกว่าเงื่อนไขการอนุญาตนำเข้า

3. จากการติดตามและตรวจสอบในแปลงปลูกมันฝรั่งภายหลังการนำเข้าในพื้นที่แปลงปลูก วิธีการแยกตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่งตามวิธีมาตรฐาน และการตรวจวินิจฉัยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยายังไม่พบตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่ง และพบว่าอุณหภูมิในช่วงฤดูปลูกมันฝรั่งหัวพันธุ์ที่นำเข้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือและอีสานเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งเป็นช่วงฤดูที่มีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณของประชากรไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่งและหากจนถึงฤดูที่เก็บเกี่ยว cyst ตัวเต็มวัยเพศเมียก็สามารถที่จะอยู่ข้ามฤดูและฟักออกจากไข่เมื่อมีการปลูกพืชอาศัยและอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 15-27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทยได้ ประกอบกับอายุการเก็บเกี่ยวมันฝรั่งอายุ 100-120 วัน ซึ่งไส้เดือนฝอยซีตส์มันฝรั่งมีวงจรชีวิตในการเพิ่มจำนวนประชากรต่อรุ่นใช้เวลาประมาณ 40- 60 วัน หากมีการติดตามของไส้เดือนฝอยและนำมาเพาะปลูกในช่วงฤดูหนาวของประเทศที่มีอุณหภูมิเหมาะสมไส้เดือนฝอยสามารถที่จะเพิ่มจำนวนประชากรตลอดอายุการปลูกมันฝรั่งได้สูงสุดถึงสองรุ่น ซึ่งจะทำให้เพิ่มการแพร่ระบาดและฟักตัวในพื้นที่เดิมมากขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกพืชชนิดเดิมไม่มีการหมุนเวียนชนิดพืช เช่น อ้อยปอพระ จังหวัดตาก หากแต่พื้นที่อื่น ๆ ในการสำรวจครั้งนี้เป็นการปลูกหมุนเวียนสลับกับการเพาะปลูกข้าวซึ่งไม่ใช่พืชอาศัยหลัก สามารถช่วยลดประชากรไส้เดือนฝอยไม่ให้เพิ่มจำนวน

ประชากรจนทำลายความเสียหายกับพืชหลักในการเพาะปลูกครั้งถัดไปได้อย่างมีประสิทธิภาพในการควบคุมจำนวนประชากรไส้เดือนฝอยศัตรูพืช

ในการศึกษานี้ได้ทำการจัดจำแนกลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ร่วมกับการจัดจำแนกชนิดด้วยเทคนิคทางด้านชีวโมเลกุล เนื่องจากการตรวจสอบตัวอย่างไส้เดือนฝอยที่แยกได้ตามกรรมวิธีมาตรฐานและนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไม่พบตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยชนิดอื่นจึงไม่สามารถนำมาทดสอบกับไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงด้วยเทคนิค PCR ได้ และได้นำวิธีการสกัดดีเอ็นเอและการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอกับตัวอย่างโรคหัวหูดในหัวมันฝรั่งที่เกิดจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. จากแหล่งปลูกที่พบอาการ ซึ่งไส้เดือนฝอยศัตรูพืชชนิดดังกล่าวมีลักษณะการเข้าทำลายและลักษณะทางชีววิทยาใกล้เคียงกับ cyst nematode จึงใช้ตัวอย่างโรคหัวหูดในหัวมันฝรั่งเป็นตัวอย่างทดสอบในการแยกไส้เดือนฝอยจากหัวมันฝรั่งและนำตัวอ่อนไส้เดือนฝอยที่แยกได้นำไปสกัดดีเอ็นเอและเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR ได้อย่างรวดเร็วถูกต้อง แม่นยำ สำหรับการตรวจวินิจฉัยไส้เดือนฝอยศัตรูพืชในหัวมันฝรั่งนำเข้า เนื่องจากขาดงบประมาณที่ไม่เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของชิ้นส่วนดีเอ็นเออ้างอิงเพื่อนำมาทดสอบกับการใช้ได้ของวิธีตรวจสอบด้วยเทคนิค Multi-PCR จึงได้ดำเนินการทดสอบตามวิธีการสกัดดีเอ็นเอและตรวจสอบการใช้ได้ของวิธีการสกัดด้วยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจากตัวอย่างตัวอ่อนไส้เดือนฝอย 1 ตัวด้วยเทคนิค PCR กับไพรเมอร์ที่จำเพาะกับไส้เดือนฝอยศัตรูพืชเพื่อเป็นการยืนยันวิธีการสกัดดีเอ็นเอมีประสิทธิภาพและรวดเร็วสำหรับใช้ในการระบุชนิดจากตัวอย่างเพียง 1 ตัวเท่านั้น ดังนั้นจากการศึกษาวิธีการตรวจสอบไส้เดือนฝอยชนิดอื่นจึงได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วกับสินค้านำเข้า จึงเป็นการสกัดกันไม่ให้ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชและศัตรูพืชของมันฝรั่งที่ไม่เคยปรากฏในประเทศไทยและมีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณประชากรหรือแพร่ระบาดให้กับพืชอาศัยได้ จึงมีความจำเป็นในการติดตามสำรวจศัตรูพืชที่อาจติดมากับหัวมันฝรั่งอย่างสม่ำเสมอทั้งก่อนและหลังการนำเข้า ทั้งยังเป็นการเฝ้าระวังศัตรูพืชใหม่ๆ ที่ไม่เคยปรากฏในประเทศไทยเข้ามาระบาดในประเทศ และเป็นแหล่งข้อมูลเพื่อปรับปรุงเงื่อนไขการนำเข้าที่อนุญาตก่อนแล้วและประเทศที่ต้องการขออนุญาตนำเข้าในอนาคตต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ด้านตรวจพืชลาดกระบังและด่านตรวจพืชท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในการสุ่มตรวจตัวอย่างในเบื้องต้นและนำส่งตัวอย่างมายังห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยการกักพืชและอนุเคราะห์ให้ข้อมูลการนำเข้าหัวมันฝรั่งเสมอมา และขอขอบคุณผู้ร่วมงานวิจัยทุกท่านที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ สถานที่และให้คำปรึกษาข้อมูลด้านศัตรูพืชและวิธีการตรวจสอบได้จนสำเร็จครบตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดศัตรูพืชเป็นสิ่งต้องห้ามตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2550 ประกาศ ณ วันที่ 26 เมษายน 2550 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนพิเศษ 66 ง. ลงวันที่ 1 มิถุนายน 2550.
- Abad, P. and Williamson V. 2010. Pant nematode interaction: A sophisticated dialogue. *Adv Bot Res* 53:148–192.
- Bulman, S.R. and Marshall, J.W. 1997. Differentiation of Australasian potato cyst nematode (PCN) populations using the polymerase chain reaction (PCR). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 25, 123–129.
- CABI. *Globodera rostochiensis* (yellow potato cyst nematode). [ออนไลน์] 2019. แหล่งที่มา: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendum.27034> สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2564
- Caveness, F.E. and Jensen, H.J. 1955. Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*. 22, 87–89.
- Coolen, W.A., Hendrickx, G. and Herde, C.J. 1972. Method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue and its application in the testing of rose rootstocks for resistance to endoparasitic root nematodes. *Rijksstation voor Nematologie en Entomologie, Publicatie No. W6, Wetteren, Belgium*, p. 34.
- EPPO. 2013. PM 7/119 (1) Nematode extraction. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 43, 471–495.
- EPPO. 2017. PM 7/40 (4) *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 47(2), 147-197.
- EPPO. *Globodera rostochiensis*. [ออนไลน์]. 2024. แหล่งที่มา: <https://gd.eppo.int/taxon/HETDRO> สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2567
- EPPO. *Globodera pallida*. [ออนไลน์]. 2024. แหล่งที่มา: <https://gd.eppo.int/taxon/HETDPA> สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2567
- Picard D, Sempere T & Plantard O (2007) A northward colonisation of the Andes by the PCN during geological times suggests multiple host-shifts from wild to cultivated potatoes. *Molecular Phylogenetics and Evolutions* **42**, 308-316.
- Stone AR (1973a) *Heterodera pallida* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), a second species of potato cyst nematode. *Nematologica* **18**, 591-606.

Subbotin SA, Mundo-Ocampo & Maldwin JG (2010) Systematics of cyst nematodes (Nematoda: Heteroderidae). In *Nematology Monographs and Perspectives* 8A (eds Hunt DJ & Perry RN), Brill, Leiden, (NL).

Table

Table 1 Volume and value of seed potato imports from Thailand during 2021 – 2023

importing country	Year 2021		Year 2022		Year 2023	
	Quantity (Ton)	Value (Million Bath)	Quantity (Ton)	Value (Million Bath)	Quantity (Ton)	Value (Million Bath)
Australia	1,917.00	56.24	1,650.00	54.92	749.32	24.69
Canada	513.00	11.26	729.00	18.51	1,107.00	32.18
Netherlands	137.50	3.81	125.00	3.83	75.00	2.50
Scotland	4,433.00	133.18	5,011.75	165.42	2,899.84	90.38
New Zealand	-	-	25.00	0.96	150.00	5.80
United States of America	-	-	0.37	0.34	0.02	0.13
รวม	7,000.50	204.49	7,541.12	243.98	4,981.18	155.68

Table 2 List of important pests in potatoes (EPPO, 2024)

Type of Pest	Quantity	Pest
Acari	3	1) <i>Aculops lycopersici</i> 2) <i>Aculops lycopersici</i> (as Solanaceae) 3) <i>Tetranychus evansi</i>
Bacteria	20	1) <i>Xanthomonas vesicatoria</i> 2) ' <i>Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus</i> ' 3) <i>Clavibacter michiganensis</i> 4) <i>Erwinia chrysanthemi</i> 5) <i>Potato marginal flavescence agent</i> (as Solanum) 6) <i>Potato purple-top roll agent</i> 7) <i>Potato purple-top roll agent</i> (as Solanum) 8) ' <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i> '

Type of Pest	Quantity	Pest
		9) <i>Clavibacter sepedonicus</i> 10) <i>Dickeya dianthicola</i> 11) <i>Pectobacterium polaris</i> 12) <i>Potato marginal flavescence agent</i> 13) <i>Ralstonia pseudosolanacearum</i> 14) <i>Ralstonia solanacearum</i> 15) <i>Ralstonia solanacearum</i> race 1 (no longer in use) 16) <i>Ralstonia solanacearum</i> race 3 (no longer in use) 17) <i>Ralstonia solanacearum</i> species complex 18) <i>Ralstonia syzygii</i> 19) <i>Ralstonia syzygii</i> subsp. <i>indonesiensis</i> 20) <i>Xanthomonas vesicatoria</i> (as <i>Solanum</i>)
Fungi	21	1) <i>Dematophora bunodes</i> 2) <i>Fusarium foetens</i> 3) <i>Phymatotrichopsis omnivora</i> 4) <i>Phytophthora cryptogea</i> 5) <i>Phytophthora erythroseptica</i> 6) <i>Septoria malagutii</i> (as <i>Solanum</i>) 7) <i>Stagonosporopsis crystalliniformis</i> 8) <i>Synchytrium endobioticum</i> (as <i>Solanum</i>) 9) <i>Aecidium cantense</i> 10) <i>Boeremia foveata</i> 11) <i>Polyscytalum pustulans</i> 12) <i>Puccinia pittieriana</i> 13) <i>Rhizoctonia solani</i> 14) <i>Septoria malagutii</i> 15) <i>Spongospora subterranea</i> 16) <i>Stagonosporopsis andigena</i> 17) <i>Synchytrium endobioticum</i>

Type of Pest	Quantity	Pest
		18) <i>Thecaphora solani</i> 19) <i>Stagonosporopsis andigena</i> (as Solanaceae) 20) <i>Stagonosporopsis andigena</i> (as Solanum) 21) <i>Thecaphora solani</i> (as Solanum)
Insect	88	1) <i>Agrius convolvuli</i> 2) <i>Agrotis segetum</i> 3) <i>Anthonomus eugenii</i> (as Solanum) 4) <i>Aonidomytilus albus</i> (as Solanum) 5) <i>Asproparthenis punctiventris</i> 6) <i>Bagrada hilaris</i> 7) <i>Beastie the Bug</i> 8) <i>Bemisia tabaci</i> (as Solanaceae) 9) <i>Brachyplatys subaeneus</i> 10) <i>Cacoecimorpha pronubana</i> 11) <i>Ceratothripoides brunneus</i> 12) <i>Chrysodeixis eriosoma</i> 13) <i>Circulifer tenellus</i> 14) <i>Clavigralla tomentosicollis</i> 15) <i>Conoderus rufangulus</i> 16) <i>Dacus bivittatus</i> 17) <i>Diabrotica undecimpunctata howardi</i> 18) <i>Diabrotica undecimpunctata undecimpunctata</i> 19) <i>Diabrotica virgifera zea</i> (as Solanum) 20) <i>Epicaerus cognatus</i> 21) <i>Epilachna vigintioctomaculata</i> (as Solanaceae) 22) <i>Epiphyas postvittana</i> 23) <i>Epitrix hirtipennis</i> 24) <i>Helicoverpa armigera</i>

Type of Pest	Quantity	Pest
		25) <i>Helicoverpa zea</i> 26) <i>Jacobiasca lybica</i> 27) <i>Keiferia lycopersicella</i> 28) <i>Leucinodes orbonalis</i> 29) <i>Leucinodes ugandensis</i> (as <i>Solanum</i>) 30) <i>Liriomyza bryoniae</i> 31) <i>Liriomyza huidobrensis</i> 32) <i>Liriomyza trifolii</i> 33) <i>Listroderes costirostris</i> 34) <i>Listroderes difficilis</i> 35) <i>Lobesia botrana</i> 36) <i>Megalurothrips usitatus</i> 37) <i>Naupactus leucoloma</i> 38) <i>Naupactus xanthographus</i> 39) <i>Neoceratitis cyanescens</i> 40) <i>Opogona sacchari</i> 41) <i>Pentastiridius leporinus</i> 42) <i>Phenacoccus solenopsis</i> 43) <i>Phthorimaea operculella</i> (as <i>Solanaceae</i>) 44) <i>Phyrdenus muriceus</i> 45) <i>Premnotypes latithorax</i> (as <i>Solanum</i>) 46) <i>Premnotypes sanfordi</i> (as <i>Solanum</i>) 47) <i>Premnotypes solani</i> (as <i>Solanum</i>) 48) <i>Premnotypes suturicallus</i> (as <i>Solanum</i>) 49) <i>Premnotypes vorax</i> (as <i>Solanum</i>) 50) <i>Prodiplosis longifila</i> 51) <i>Rhigopsidius tucumanus</i> 52) <i>Scirtothrips dorsalis</i> 53) <i>Spodoptera eridania</i> 54) <i>Spodoptera frugiperda</i> 55) <i>Spodoptera litura</i>

Type of Pest	Quantity	Pest
		56) <i>Spodoptera ornithogalli</i> 57) <i>Spodoptera praefica</i> 58) <i>Thrips angusticeps</i> 59) <i>Thrips palmi</i> 60) <i>Thrips parvispinus</i> 61) <i>Thrips setosus</i> 62) <i>Trialeurodes ricini</i> 63) <i>Tuta absoluta</i> 64) <i>Bactericera cockerelli</i> 65) <i>Diabrotica speciosa</i> 66) <i>Epilachna vigintioctomaculata</i> 67) <i>Epitrix cucumeris</i> 68) <i>Epitrix papa</i> 69) <i>Epitrix similis</i> 70) <i>Epitrix subcrinita</i> 71) <i>Epitrix tuberis</i> 72) <i>Heteronychus arator</i> 73) <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 74) <i>Limoniuss californicus</i> 75) <i>Liriomyza sativae</i> 76) <i>Melanotus communis</i> 77) <i>Omophlus lepturoides</i> 78) <i>Phthorimaea operculella</i> 79) <i>Premnotypes latithorax</i> 80) <i>Premnotypes sanfordi</i> 81) <i>Premnotypes solani</i> 82) <i>Premnotypes suturicallus</i> 83) <i>Premnotypes vorax</i> 84) <i>Pseudococcus viburni</i> 85) <i>Russelliana solanicola</i> 86) <i>Spodoptera littoralis</i>

Type of Pest	Quantity	Pest
		87) <i>Tecia solanivora</i> 88) <i>Spodoptera praefica</i> (as Solanum)
Nematode	17	1) <i>Radopholus similis</i> 2) <i>Ditylenchus dipsaci</i> 3) <i>Meloidogyne enterolobii</i> 4) <i>Meloidogyne graminicola</i> 5) <i>Meloidogyne luci</i> 6) <i>Meloidogyne minor</i> 7) <i>Rotylenchus buxophilus</i> 8) <i>Trichodorus viruliferus</i> 9) <i>Xiphinema americanum</i> sensu stricto 10) <i>Xiphinema rivesi</i> 11) <i>Ditylenchus destructor</i> 12) <i>Globodera pallida</i> 13) <i>Globodera rostochiensis</i> 14) <i>Meloidogyne chitwoodi</i> 15) <i>Meloidogyne ethiopica</i> 16) <i>Meloidogyne fallax</i> 17) <i>Nacobbus aberrans</i> sensu lato
Phytoplasma	7	1) ' <i>Candidatus Phytoplasma americanum</i> ' (as Solanum) 2) ' <i>Candidatus Phytoplasma australiense</i> ' 3) ' <i>Candidatus Phytoplasma fraxini</i> ' 4) ' <i>Candidatus Phytoplasma trifolii</i> ' 5) ' <i>Candidatus Phytoplasma trifolii</i> ' (as Solanum) 6) ' <i>Candidatus Phytoplasma americanum</i> ' 7) ' <i>Candidatus Phytoplasma solani</i> '
Viroid	6	1) <i>Columnnea latent viroid</i> 2) <i>Potato spindle tuber viroid</i> (as Solanum) 3) <i>Chrysanthemum stunt viroid</i>

Type of Pest	Quantity	Pest
		4) <i>Pepper chat fruit viroid</i> 5) <i>Pepper chat fruit viroid</i> (as Solanaceae) 6) <i>Potato spindle tuber viroid</i>
Virus	60	1) <i>Cheravirus arracaciae oca strain</i> (as Solanaceae) 2) <i>Pepino mosaic virus</i> 3) <i>Tobacco streak ilarvirus potato strain</i> (as Solanaceae) 4) <i>Tomato brown rugose fruit virus</i> 5) <i>Tomato infectious chlorosis virus</i> 6) <i>Tomato yellow vein streak virus</i> 7) <i>Alfalfa mosaic virus</i> 8) <i>Alphanucleorhabdovirus tuberosum</i> 9) <i>Beet curly top virus</i> 10) <i>Cheravirus arracaciae oca strain</i> (as Solanum) 11) <i>Cheravirus avii</i> 12) <i>Cucurbit yellow stunting disorder virus</i> 13) <i>Lucerne enation virus</i> 14) <i>Nepovirus arabis</i> 15) <i>Nepovirus betasolani</i> 16) <i>Nepovirus nigranuli</i> 17) <i>Nepovirus nigranuli</i> (as Solanum) 18) <i>Orthotospovirus arachianuli</i> 19) <i>Orthotospovirus impatiensnecromaculae</i> 20) <i>Orthotospovirus tomatozonae</i> 21) <i>Pepper ringspot virus</i> 22) <i>Phenacoccus peruvianus</i> 23) <i>Potato deforming mosaic virus</i> (Argentina) (as Solanum) 24) <i>Potato leaflet stunt agent</i>

Type of Pest	Quantity	Pest
		25) <i>Potato leaflet stunt agent</i> (as <i>Solanum</i>) 26) <i>Potato mop-top virus</i> 27) <i>Potato mop-top virus</i> (as <i>Solanum</i>) 28) <i>Potato virus P</i> 29) <i>Potato virus Y tobacco veinal necrosis strain</i> 30) <i>Potato virus Y tobacco veinal necrosis strain</i> (as <i>Solanum</i>) 31) <i>Potato yellow mosaic virus</i> 32) <i>Potato yellow vein virus</i> (as <i>Solanum</i>) 33) <i>Tobacco rattle virus</i> 34) <i>Tobacco streak ilarvirus potato strain</i> (as <i>Solanum</i>) 35) <i>Tobacco streak virus</i> 36) <i>Tomato chlorosis virus</i> 37) <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> 38) <i>Tymovirus dulcamarae</i> (as <i>Solanum</i>) 39) <i>Alphanucleorhabdovirus melongenae</i> 40) <i>Cheravirus arracaciae oca strain</i> 41) <i>Comovirus andesense</i> 42) <i>Nepovirus solani</i> 43) <i>Orthotospovirus tomatomaculae</i> 44) <i>Potato deforming mosaic virus</i> (Argentina) 45) <i>Potato latent virus</i> 46) <i>Potato leafroll virus</i> 47) <i>Potato rugose stunting virus</i> 48) <i>Potato virus H</i> 49) <i>Potato virus T</i> 50) <i>Potato yellowing virus</i> 51) <i>Potato yellow vein virus</i> 52) <i>Tobacco streak ilarvirus potato strain</i>

Type of Pest	Quantity	Pest
		53) <i>Tomato leaf curl New Delhi virus</i> 54) <i>Tomato yellow mosaic virus</i> 55) <i>Tymovirus dulcamarae</i> 56) <i>Tymovirus latandigenum</i> 57) <i>Tymovirus mosandigenum</i> 58) <i>Alphanucleorhabdovirus tuberosum</i> (as Solanaceae) 59) <i>Alphanucleorhabdovirus tuberosum</i> (as Solanum) 60) <i>Potato yellowing virus</i> (as Solanum)

Table 3 The status of pest for potato cyst nematodes. *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* (EPPO, 2024)

Countries that allow the import of seed potato	Status of cyst nematode in country		Reported
	<i>Globodera rostochiensis</i>	<i>Globodera pallida</i>	
Australia	YES	NO	<i>Globodera rostochiensis</i> -Victoria Present, restricted distribution -Western Australia Absent, pest eradicated
Canada	YES	YES	<i>Globodera rostochiensis</i> -Alberta Absent, pest no longer present -British Columbia, Present, restricted distribution -Newfoundland Present, restricted distribution -Québec Present, few occurrences <i>Globodera pallida</i>

Countries that allow the import of seed potato	Status of cyst nematode in country		Reported
	<i>Globodera rostochiensis</i>	<i>Globodera pallida</i>	
			- Newfoundland Present, few occurrences
Netherlands	YES	YES	<i>Globodera rostochiensis</i> -Present, restricted distribution <i>Globodera pallida</i> -Present, restricted distribution
Scotland UK	YES	YES	<i>Globodera rostochiensis</i> -Channel Islands Present, no details -England Present, restricted distribution -Northern Ireland Present, restricted distribution -Scotland Present, restricted distribution <i>Globodera pallida</i> -Channel Islands Present, no details -England Present, restricted distribution -Northern Ireland Present, restricted distribution -Scotland Present, restricted distribution -Wales Present, no details
New Zealand	YES	YES	-Present, widespread
United States of America	YES	YES	<i>Globodera rostochiensis</i> -Delaware Absent, pest eradicate -New York Present, few occurrences <i>Globodera pallida</i>

Countries that allow the import of seed potato	Status of cyst nematode in country		Reported
	<i>Globodera</i>	<i>Globodera</i>	
	<i>rostochiensis</i>	<i>pallida</i>	
Israel	YES	NO	-Idaho Present, restricted distribution <i>Globodera rostochiensis</i> -Absent, pest eradicated

Table 4 Diagnosis of potato cyst nematode attached to imported seed potato between 2021 to 2023.

Country	Quantity of sample	Quantity (Ton)	Cyst nematode	Other Pest	Pest of status in Thailand	Frequency
Australia	49	4,316.32	Not	<i>Rhizoctonia</i> <i>solani</i>	Present	2
Canada	10	2,349.00	Not	Not found	-	0
Netherlands	7	3,37.50	Not	Not found	-	0
Scotland	62	12,344.59	Not	<i>Streptomyces</i> <i>scabies</i>	Present	1
New Zealand	3	175.00	Not	Not found	-	0
United States of America	3	0.39	Not	Not found	-	0
รวม	134	19,522.80				

Table 5 Monitoring of potato cyst nematodes from imported seed potato in the field.

No.	ID sample	Area		Location (X,Y : GPS)	Results of a survey of potato cyst nematodes.	Other species of plant-parasitic nematodes
		District	Province			
1	PVP1	Wiang Pa Pao	Chiang Rai	19.209906,99.5 24330	Not	<i>Aphelenchus</i> spp. <i>Tylenchus</i> spp.
2	PVP2	Wiang Pa Pao	Chiang Rai	19.212894,99.5 33905	Not	<i>Aphelenchus</i> spp. <i>Helicotylenchus</i> spp.
3	PMC1	Mae Chaem	Chiang Mai	18.505785,98.3 48495	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
4	PMC2	Mae Chaem	Chiang Mai	18.516085,98.3 56354	Not	<i>Tylenchus</i> spp. <i>Meloidogyne</i> spp.
5	PMC3	Mae Chaem	Chiang Mai	18.516088,98.3 56400	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
6	PMC4	Mae Chaem	Chiang Mai	18.503693,98.3 55118	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
7	PCH1	Chiang Kham	Phayao	19.460657,100. 336754	Not	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.
8	PCH2	Chiang Kham	Phayao	19.458719,100. 336143	Not	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.
9	PCH3	Chiang Kham	Phayao	19.463728,100. 340408	Not	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.
10	PCH4	Chiang Kham	Phayao	19.470993,100. 337334	Not	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.
11	PTT1	Thoeng	Chiang Rai	19.680710,100. 264610	Not	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.
12	PTT2	Thoeng	Chiang Rai	19.707636,100. 286598	Not	<i>Tylenchorhynchus</i> spp.
13	PPT1	Phop Phra	Tak	16.593417,98. 776481	Not	<i>Helicotylenchus</i> spp. <i>Pratylenchus</i> spp.
14	PPT2	Phop Phra	Tak	16.593586,98. 775317	Not	<i>Helicotylenchus</i> spp. <i>Pratylenchus</i> spp. <i>Criconebella</i> spp.

No.	ID sample	Area		Location (X,Y : GPS)	Results of a survey of potato cyst nematodes.	Other species of plant-parasitic nematodes
		District	Province			
15	PPT3	Phop Phra	Tak	16.529611,98. 746911	Not	<i>Helicotylenchus</i> spp. <i>Pratylenchus</i> spp. <i>Meloidogyne</i> spp.
16	PPT4	Phop Phra	Tak	16.554108,98. 823697	Not	<i>Helicotylenchus</i> spp. <i>Pratylenchus</i> spp. <i>Meloidogyne</i> spp.
17	SKH1	Muang	Sakon Nakhon	17.125953,104. 290058	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
18	SKH2	Muang	Sakon Nakhon	17.131453,104. 287633	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
19	SKH3	Muang	Sakon Nakhon	17.131328,104. 302286	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
20	SKH4	Muang	Sakon Nakhon	17.131447,104. 287642	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
21	SKH5	Phang Khon	Sakon Nakhon	17.354119,103. 760042	Not	<i>Meloidogyne</i> spp.
22	NKH1	Wang Yang	Nakhon Phanom	17.063889,104. 368097	Not	<i>Pratylenchus</i> spp. <i>Meloidogyne</i> spp.
23	NKH2	Wang Yang	Nakhon Phanom	17.062417,104. 373553	Not	<i>Pratylenchus</i> spp. <i>Meloidogyne</i> spp.

Figure

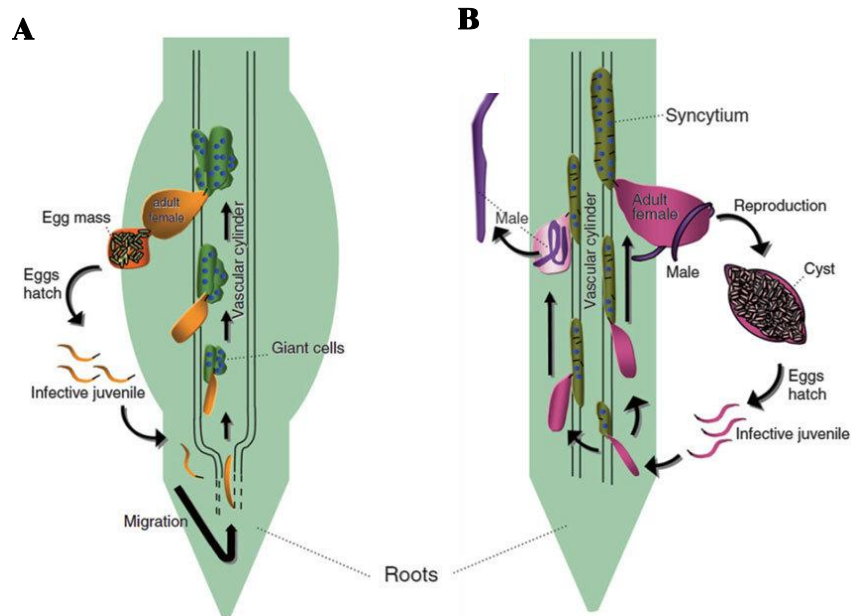


Figure 1 Life cycle between the plant-parasitic nematodes A) Root-knot nematode [*Meloidogyne* spp.] and B) Potato cyst nematode [*Globoberda* spp.] (Abad and Williamson, 2010)

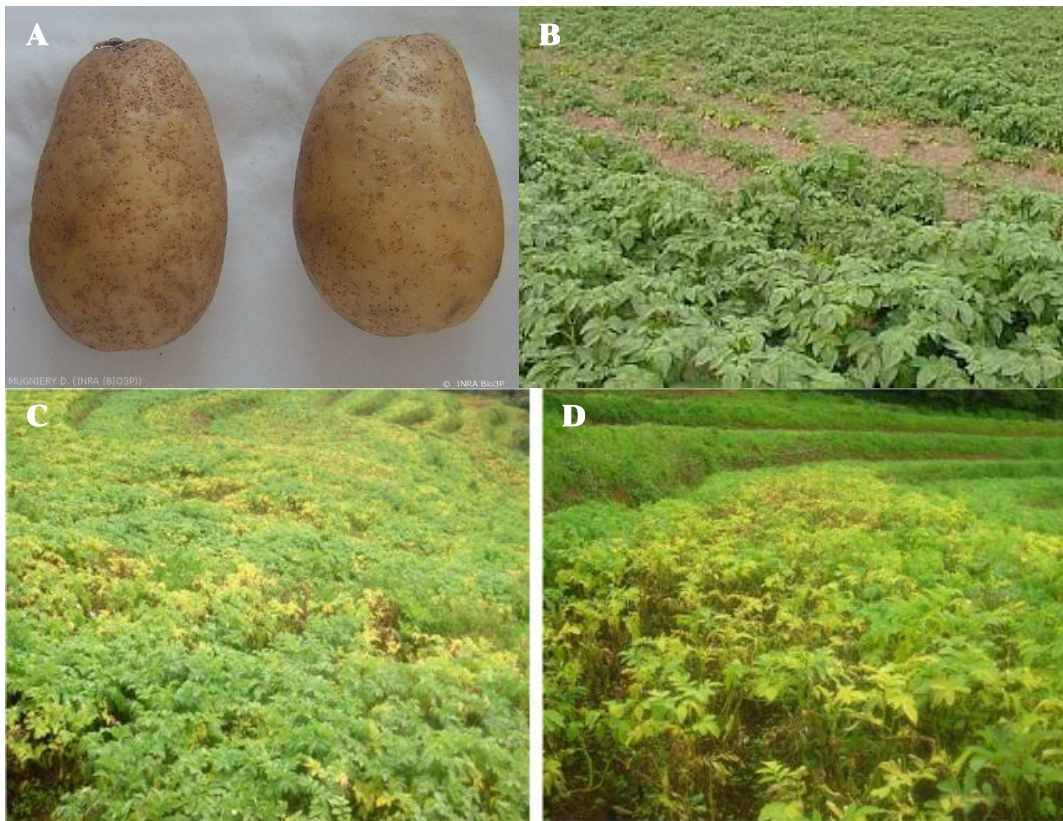


Figure 2 A) Characteristics of potato tubers infested by potato cyst nematode B), C) and D) Potato plants infested by potato cyst nematode in the planting field.



Figure 3 Potato cyst nematode infected potato roots

- A) Photo credit by DuPont (2017)
- B) Photo credit Ulrich Zunke, University of Hamburg (2010)
- C) Photo credit Bonsak Hammeraas, NIBIO - The Norwegian Institute of Bioeconomy Research (2009)
- D) Photo credit Theiry Vrain, Agriculture and Agri-Food Canada (2010)
- E) Photo credit Bonsak Hammeraas, NIBIO - The Norwegian Institute of Bioeconomy Research (2007)
- F) Photo credit Bonsak Hammeraas, NIBIO - The Norwegian Institute of



Figure 5 A) Second stage Juvenil of *G. rosthochiensis*, B) Cysts of the potato cyst nematode and approximately 200-500 eggs. C) and D) Symptoms of the potato infected by cyst nematode. (Photo credit : Ulrich Zunke, University of Hamburg, 2023)



Figure 6 A) Second stage *G. pallida* b) Adult female inside of the cyst produces 200-500 eggs, C) Symptom of infected with cyst nematodes, and D) Potato tuber infected with cyst nematodes (Photo credit: Ulrich Zunke, University of Hamburg, 2023)

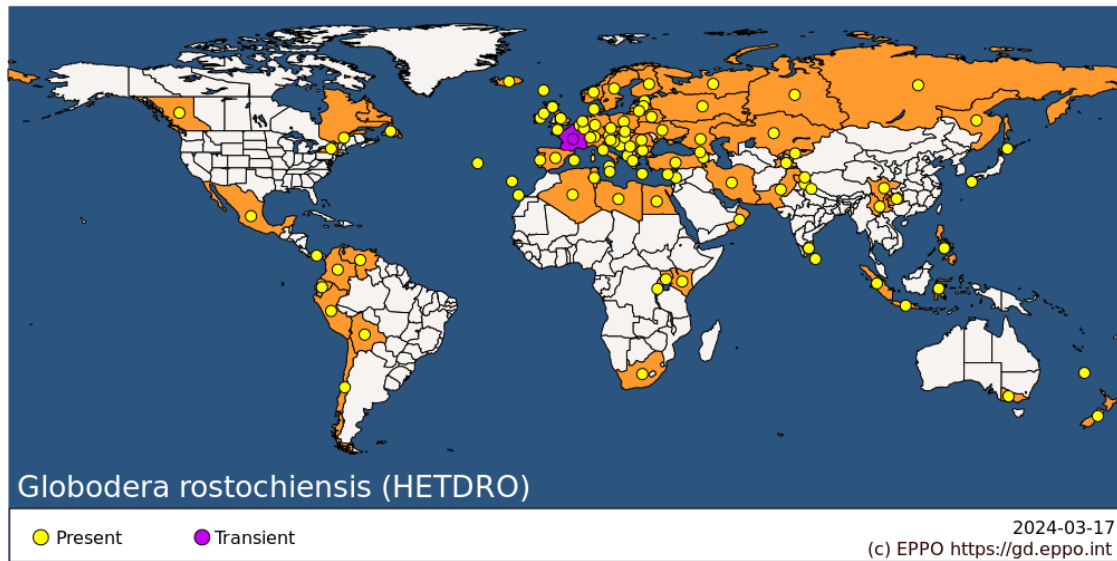


Figure 7 Distribution Map of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*.
(EPPO, 2024)

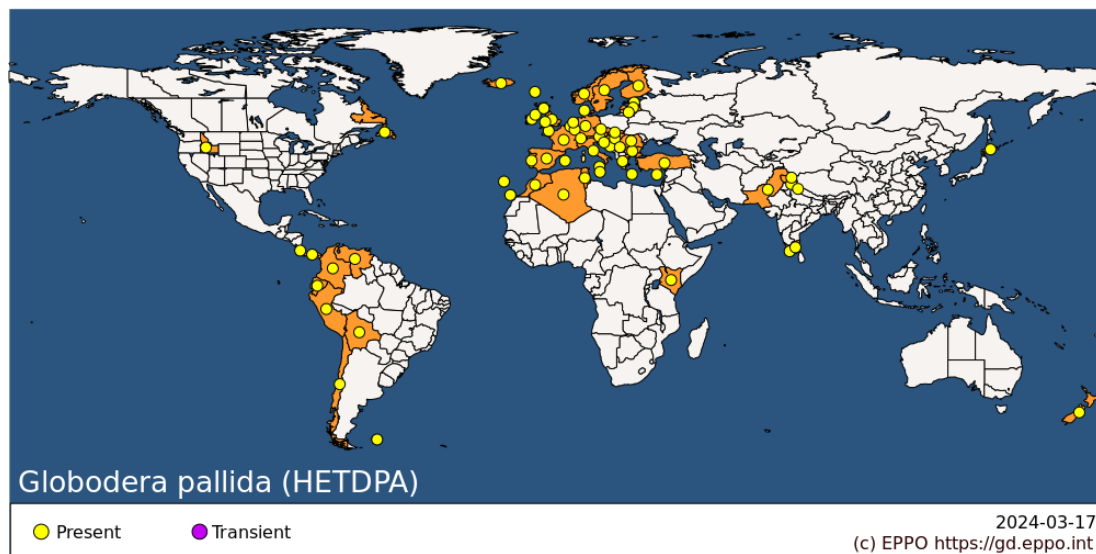


Figure 8 Distribution Map of the potato cyst nematode *Globodera pallida* (EPPO, 2024)



Figure 9 Sampling of seed potato imported from the Kingdom of Scotland.

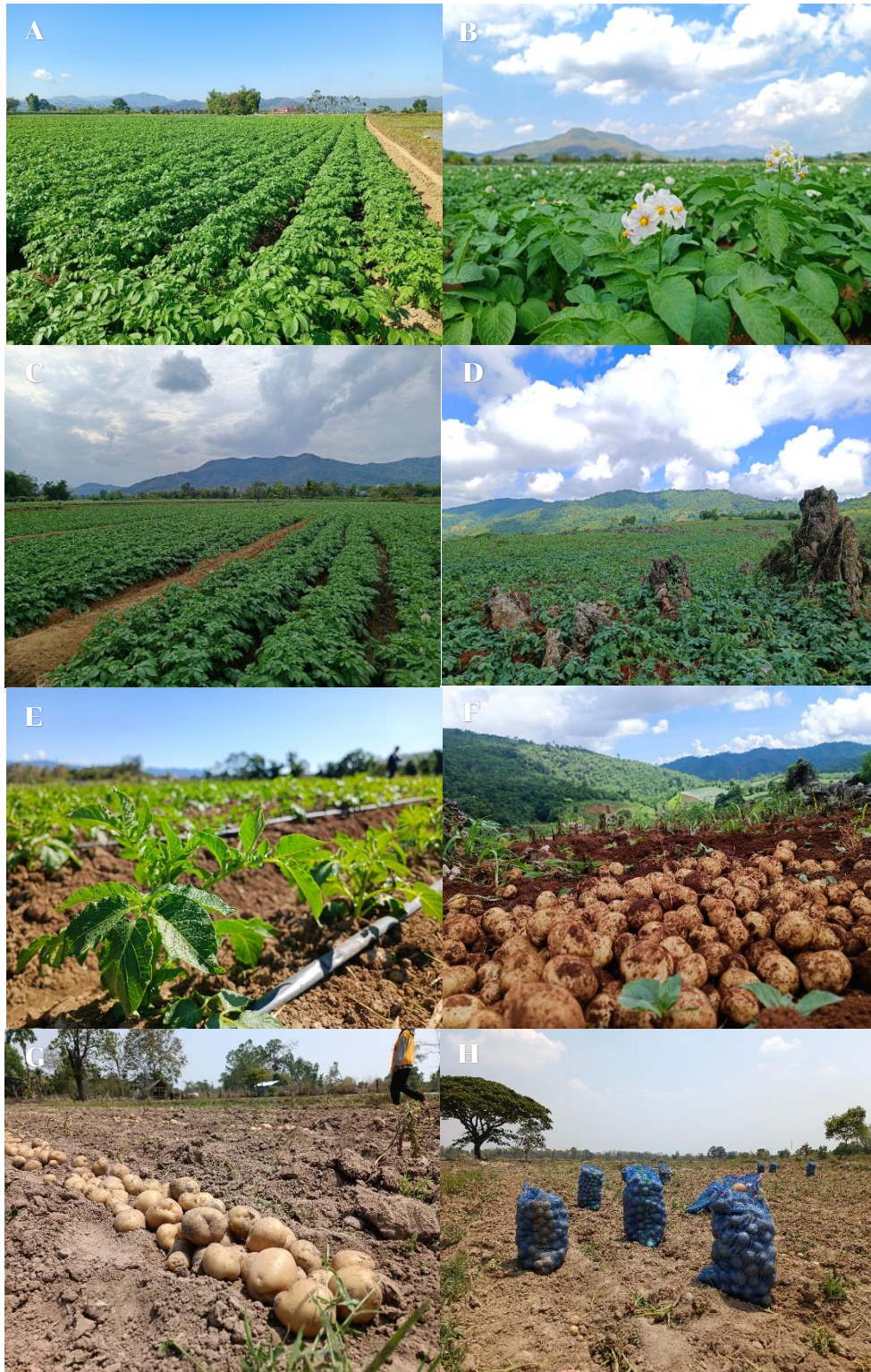


Figure 10 Potato planting plot from imported seed potatoes A) Wiang Pa Pao District Chiang Rai Province B) Theing District, Chiang Rai Province C) Chiang Kham District, Phayao Province D) Phop Phra District, Tak Province E) Mae Chaem District, Chiang Rai Province F) Phop Phra District, Tak Province G) Mueang Sakon Nakhon District H) Wang Yang District, Nakhon Phanom