บทที่ 10

หนอนพยาธิตัวกลมกับระบบนิเวศน์

หนอนพยาธิตัวกลมหลายชนิดเป็นปรสิตในพืชหรือสัตว์ ซึ่งต้องมีชีวิตอยู่ร่วมกับสิ่งที่มีชีวิตอื่น ๆ ในระบบนิเวศน์ทั่วไปหรือระบบนิเวศน์การเกษตร อิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของหนอนพยาธิตัวกลมย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งสัมพันธ์กันในระบบนิเวศน์นั้น ๆ ตามภาพที่ ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 10-1 ความสัมพันธ์ระหว่างหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชกับระบบนิเวศน์

โดยทั่วไปหนอนพยาธิตัวกลมที่เป็นปรสิตทุกชนิดต้องใช้ชีวิตส่วนหนึ่งอยู่ในดินแม้เพียงระยะสั้น ๆ กลุ่มที่เป็น ectoparasite อาจจำเป็นต้องใช้ชีวิตครบวงจรในดินซึ่งรวมถึงระบบรากพืชด้วย กลุ่มที่เป็น endoparasite แม้ใช้ชีวิตส่วนใหญ่ในรากพืชหรือสัตว์ ตั้งแต่ตัวอ่อนระยะที่ 2 หรือ 3 ตามลำดับ จนเป็นตัวแก่และออกไข่ภายในรากพืชหรือร่างกายสัตว์ แต่ต้องมีช่วงหนึ่งของชีวิต โดยเฉพาะในระยะที่เป็นไข่จนเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 หรือ 3 ต้องอยู่ในดิน ส่วนกลุ่มหนอนพยาธิตัวกลมที่อยู่ในตา ดอก ใบ หรือเมล็ดพืชยังต้องมีช่วงหนึ่งของชีวิตแม้สั้นมากอยู่ในดินเช่นกันโดยใช้ระยะนี้ในการหาอาหาร (พืชอาศัย) เท่านั้น

การแพร่กระจาย ปกติหนอนพยาธิตัวกลมเป็นสัตว์ที่พบได้ในดินทุกชนิดและทุกภูมิภาคของโลก ในน้ำเค็ม น้ำแข็ง ดินแถบขั้วโลก น้ำพุร้อน ดินทุ่งหญ้า ดินสวน ดินที่ยังไม่ได้ทำการเกษตรและที่ที่มีน้ำหรือความชื้นพอเหมาะแม้แพร่กระจายไปได้ทั่ว แต่ปริมาณหรือจำนวนประชากรก็มีแตกต่างกันไป การแพร่กระจายของหนอนพยาธิตัวกลมในดินมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. การแพร่กระจายในแปลง มีอยู่ 3 แบบคือ

ก. แบบกระจายสม่ำเสมอ (uniform) การกระจายแบบนี้ประชากรแพร่กระจายทั่วอย่างสม่ำเสมอ เป็นแบบที่พบไม่บ่อยและมักเกิดเป็นบริเวณแคบ

ข. แบบสุ่ม (random) เป็นการกระจายของประชากรหนอนพยาธิตัวกลมในป่าหรือดินทุ่งหญ้าธรรมชาติ

ค. แบบเกาะเป็นกลุ่ม (cluster) เป็นแบบของการแพร่กระจายของหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชทั่วไป โดยเกาะเป็นกลุ่มโดยเฉพาะบริเวณรอบรากพืชและปริมาณของประชากรมักสูงขึ้น

ถ้าพืชนั้นเป็นพืชอาศัยที่ดีของหนอนพยาธิตัวกลมนั้น ๆ หรือในชุมชนที่มีการสาธารณสุขที่ไม่ดีหรือชุมชนที่กำลังพัฒนา

จากการศึกษาประชากรหนอนพยาธิตัวกลมในแปลงธรรมชาติ และแปลงทำการเกษตร โดยการเก็บตัวอย่างดินแล้วนำมาทำ spatial distribution pattern พบว่าหนอนพยาธิตัวกลมส่วนใหญ่ในแปลงพืชทั่วไปมักอยู่กระจายในรูปของแบบที่ 3 ชนิดของพืชและชนิดของหนอนพยาธิตัวกลมอาจแตกต่างกันไปบ้าง บางชนิดชอบอยู่แต่ละเฉพาะผิวดินชั้นบน บางชนิดก็สามารถอยู่ได้ในดินลึก เช่น การศึกษาในแปลงบำบัดน้ำเสียโดยใช้หญ้าแฝก พบหนอนพยาธิ *Amphilenchus* และ *Oncholaimus* หรือแปลงองุ่นพบว่าหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืช 2 ชนิด คือ *Meloidogyne incognita* สามารถอยู่ในดินได้ลึกถึง 17 ฟุต ในขณะที่ *Xiphinema americanum* อยู่ได้เฉพาะบนผิวดินชั้นบน 30 เซนติเมตรเป็นส่วนใหญ่ จากการศึกษาหนอนพยาธิตัวกลมรากข้าว (*Hirscmanniella* spp.) มีปริมาณมากขึ้นในดินนา ที่ลึกกว่า 1 ฟุตในฤดูร้อนเมื่อผิวดินแตกระแหงเทียบกับปริมาณที่มีอยู่ในฤดูฝน เมื่อมีการทำนามีน้ำขังและที่ระดับความลึกเดียวกัน

2. การแพร่กระจายในระดับประเทศ

จากข้อมูลหลายประเทศเมื่อนำมาศึกษารวมกันทำให้ทราบว่าการแพร่กระจายของหนอนพยาธิตัวกลมที่ทำให้เกิดโรคในคนในประเทศไทย มีการกระจายโดยทั่วไป เช่นพยาธิปากขอ (*Necator americanus*) สามารถตรวจพบได้ในประชาชนในภาคใต้ของประเทศสูงที่สุด คือ ร้อยละ 49.18 ในขณะที่ภาคอื่น ๆ มีอัตราการตรวจพบพยาธิปากขอที่แตกต่างกันไป คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบ ร้อยละ 24.01 ภาคเหนือ พบร้อยละ 22.88 และภาคกลาง พบร้อยละ 7.32 (ประภาศรีและคณะ 2534) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศ ที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของหนอนพยาธิตัวอ่อน หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชระหว่างประเทศมีอยู่ทั่วไป โดยอาศัยเวลาเป็นเครื่องช่วยทำให้การแพร่กระจายเป็นไปได้อย่างกว้างขวาง เช่น การศึกษาของนักวิชาการหนอนพยาธิตัวกลมในสหรัฐอเมริกาเชื่อกันว่า ไส้เดือนฝอยซึ่งปัจจุบันเป็นศัตรูพืชที่สำคัญและเป็นปัญหาหลายชนิดถูกนำมาจากต่างประเทศ แล้วแพร่กระจายต่อไปในประเทศสหรัฐอเมริกาเองเช่น

- *Anguina tritici* สาเหตุโรค seed gall ติดไปกับข้าวสาลีที่นำไปจากทวีปยุโรป

- *Globodera rostochiensis* หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า cyst nematode มีการพบครั้งแรกในประเทศเยอรมันนีในปี ค.ศ. 1881 ต่อมาระบาดไปยังประเทศอังกฤษและสก็อตแลนด์ หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชมันฝรั่งที่สำคัญชนิดนี้ พบครั้งแรกในสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1974 ซึ่งต่อมาก็พบระบาดอยู่ในเขตที่ปลูกมันฝรั่งทั่วไปในประเทศนั้น

- *Heterodera glycines* สันนิษฐานว่า ไปจากประเทศในเอเชียโดยเฉพาะจากประเทศทางตะวันออกไกลได้แก่ แมนจูเรีย จีน และญี่ปุ่น จัดเป็นศัตรูที่สำคัญของถั่วเหลือง ทั้งนี้นักวิชาการอเมริกาเหล่านั้นอ้างว่าประเทศที่ปลูกถั่วเหลืองดังกล่าวปลูกพืชนี้มานานกว่า 5,000 ปีแล้ว

- *Ditylenchus dipsaci* เป็นศัตรูพืชของไม้ดอก-ไม้ประดับ และพืชหัว (bulb) หลายชนิดในยุโรปตอนบนเช่น เนเธอร์แลนด์ เยอรมันนี ฝรั่งเศส ซึ่งขณะนี้พบระบาดกับพืชหลายชนิดในรัฐ

ต่าง ๆ ทางฝั่งตะวันออกของสหรัฐอเมริกา ในประเทศญี่ปุ่นและประเทศในเขตหนาวอื่น ๆ ที่สั่งหัวพันธุ์ไปจากประเทศเนเธอร์แลนด์

นอกจากนี้ยังมีการสันนิษฐานว่าหนอนพยาธิตัวกลมที่เป็นศัตรูพืชที่สำคัญของเมืองร้อนหลายชนิด เช่น *Meloidogyne arenaria*, *M. javanica* และ *Radopholus similis*, *R. citrophilus* ก็แพร่กระจายไปกับพืชเมืองร้อนที่นำไปปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

ในทางตรงกันข้าม ขณะนี้มีหลายประเทศในเขตร้อนโดยเฉพาะทวีปเอเชียประสบปัญหากับพืชหลายชนิด เนื่องจากหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชซึ่งเคยเป็นปัญหาในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวมาแล้วเช่น *Globodera rostochiensis* กำลังเป็นปัญหาใหญ่สำหรับมันฝรั่งในเกาะบาเกียว ประเทศฟิลิปปินส์ เป็นต้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการนำเข้ามันฝรั่งจากประเทศต่าง ๆ เป็นเวลานาน ๆ การแพร่กระจายแบบเดียวกันนี้อาจเกิดขึ้นกับประเทศในเขตร้อนได้หลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย แต่ไม่มีการศึกษากันอย่างแท้จริงเท่านั้น

การระบาดของหนอนพยาธิตัวกลม การระบาดของหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชโดยทั่วไปสามารถเกิดขึ้นได้ 2 วิธี คือ

1. การระบาดด้วยตนเอง (active dissmination) เนื่องจากหนอนพยาธิตัวกลมมีขนาดเล็กการระบาดด้วยวิธีนี้จึงเป็นไปได้ช้ามาก ส่วนใหญ่เป็นการระบาดในบริเวณแคบ เช่นรอบ ๆ รากพืช (rhizosphere) เท่านั้น

2. การระบาดโดยมีพาหะนำไป (passive dissemination) พาหะนำไปประกอบ

ก. น้ำ จัดเป็นพาหะที่ดีในการระบาดของหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืช เนื่องจากขนาดที่เล็กและลอยได้ในน้ำทั่วไป ได้แก่ น้ำที่ไหลบนผิวดิน น้ำท่วม น้ำในลำธาร แม้น้ำลำคลอง คลองชลประทาน รวมทั้งน้ำใต้ดิน (Chitwood รายงานว่าหนอนพยาธิตัวกลมมันฝรั่ง *Globodera rostochiensis* สามารถระบาดไปได้ไกล 259 เมตร เมื่อมีน้ำท่วมในฤดูเพาะปลูกเพียงฤดูเดียว

Faulkner และคณะ (1966) รายงานว่าน้ำชลประทานในแม่น้ำ Columbia ซึ่งไหลผ่านรัฐ Washington ด้านตะวันตกมีหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชต่าง ๆ ปะปนอยู่มากมายตั้งแต่ 25-200 ตัวต่อน้ำ 1 แกลลอน และมีปริมาณสูงสุดในฤดูเพาะปลูก กล่าวคือในแต่ละวันจากการสุ่มตัวอย่างจุด ๆ หนึ่ง หนอนพยาธิตัวกลมไหลผ่านโดยเฉลี่ยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 20,000 ล้านตัว ถึง 160,000 ล้านตัว

หนอนพยาธิตัวกลมรากปมที่เลี้ยงหรือ inoculate ไว้ในกระถางในเรือนทดลอง ถ้ารดน้ำด้วยวิธีฉีดน้ำบนผิวดินโดยไม่ควบคุมความแรงของน้ำ สามารถทำให้การทดลองนั้นเสียหาย จากการระบาดของหนอนพยาธิตัวกลมรากปมจากกระถางที่มีศัตรูพืชดังกล่าวอยู่ไปยังกระถางที่เป็น control หรือมีหนอนพยาธิตัวกลมต่างชนิดได้ง่ายมาก

ข. ลม ลมสามารถเป็นพาหะของหนอนพยาธิตัวกลมได้มีรายงานว่าลมสามารถทำให้หนอนพยาธิตัวกลมหลายชนิดระบาดไปได้ไกล รายงานของ Petherbridge และ Jones (1944); ของ Chitwood (1955); Orr และ Newton (1971) เป็นต้น Chitwood (1951) รายงานว่าหนอนพยาธิตัวกลม *Hewterodera schachtii* สามารถแพร่กระจายโดยลมได้ไกลถึง 258 เมตร แล้วตัวหนอนพยาธิ

ตัวกลมนั้นก็ยังมีชีวิตอยู่ได้ White (1953) รายงานว่าปริมาณ cyst ของ *Globodera rostochiensis* ที่รวบรวมจากที่ดักสัมพันธ์กับความสูงของที่ดักนั้น เช่น มีปริมาณลดลงเมื่อความสูงของที่ดักนั้นอยู่สูงจากพื้นดินมากขณะที่ประชากรเพิ่มขึ้นถ้าที่ดักนั้นวางอยู่ใกล้ผิวดินและอยู่ในพื้นที่โล่งที่มีลมพัดผ่านได้ดี

ค. สัตว์ต่าง ๆ รายงานที่แสดงว่าสัตว์เป็นพาหะนำหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชไปยังที่ต่าง ๆ มีไม่มาก ที่สำคัญมีอยู่เพียงไม่กี่ชนิด ได้แก่

- โรคเหี่ยวของสน (pine wilt) ซึ่งปัจจุบันกำลังเป็นปัญหาหนักในเขตหนาวในประเทศที่มีการปลูกต้นสนอย่างกว้างขวาง เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา นอร์เวย์ ออสเตรเลีย เยอรมันตะวันตก ฟินแลนด์ โดยมีด้วง Cerambycid ชื่อ *Monochamus alternatus* เป็นพาหะนำหนอนพยาธิตัวกลม *Bursaphelenchus xylophilus* ไปยังที่ปลูกสนที่อยู่ห่างไกลออกไปและทำให้ศัตรูพืชนี้ระบาดไปทั่ว

- โรควงแหวนแดง (red ring) ของมะพร้าว เป็นโรคที่มีด้วงงวงมะพร้าวชนิดหนึ่งชื่อ *Rhynchophorus palmarum* เป็นพาหะนำหนอนพยาธิตัวกลม *Rhadinaphelenchus cocophilus* ติดไปกับแมลงและสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 10 วันภายในตัวของแมลง การควบคุมด้วงงวงด้วยสารเคมีทำให้โรควงแหวนนี้ลดลงเป็นอย่างมาก

- แมลงใน Order Diptera หลายชนิดสามารถเป็นพาหะของหนอนพยาธิตัวกลมเห็ด *Aphelenchoides composticola* ซึ่งเป็นศัตรูสำคัญทำลายเส้นใยของเชื้อราในอุตสาหกรรมเพาะเห็ดทั่วไป

ง. คน คนเป็นพาหะที่สำคัญที่สุด สามารถทำให้หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชและหนอนพยาธิที่เกิดขึ้นในคนเกิดการระบาดไปได้ทุกแห่งในโลกอย่างรวดเร็ว แม้ว่าฝ่ายกักกันพืชหรือสถานกักกันพืชในประเทศต่าง ๆ พยายามเข้มงวดกับตัวอย่างพืชที่เป็นโรคอย่างมาก แต่การลักลอบของคนทำให้ศัตรูพืชนี้ระบาดทั่วไป อาจจัดได้ว่าเป็นปัจจัยที่สุดในการควบคุมและการแพร่ระบาดของหนอนพยาธิตัวกลมเช่นเดียวกับศัตรูพืชอื่น ๆ

จ. โดยวิธีอื่น เช่น ติดไปกับส่วนของพืช ซึ่งได้แก่ เมล็ด กิ่งตอน ท่อนพันธุ์ ใบ ดอก หรือรากที่มีหนอนพยาธิตัวกลมเข้าทำลายและอาศัยอยู่ภายใน หรืออาจติดไปกับดินซึ่งติดไปกับรองเท้า เครื่องจักร เครื่องยนต์ทางการเกษตร สิ่งของต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นการทำให้หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชแพร่ระบาดไปได้

หนอนพยาธิตัวกลมกับระบบนิเวศน์ดิน

โดยทั่วไปดินเป็นระบบนิเวศน์ที่สำคัญของหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืช แม้ดินเป็นระบบที่ซับซ้อนมากเพราะดินประกอบด้วยแร่ธาตุ อินทรีย์วัตถุ แก๊สและน้ำคุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมา ในบางระบบนิเวศน์หนอนพยาธิตัวกลมขยายพันธุ์ได้ดี แต่บางแห่งก็ไม่มีการขยายพันธุ์เลย อาจแบ่งปัจจัยหลักที่สำคัญออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ได้คือ

1. ปัจจัยเกิดจากสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตหมายถึงสิ่งมีชีวิตในดินรวมกับอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นผลพลอยได้จากสิ่งมีชีวิตในดินเหล่านั้น ได้แก่

ก. จุลินทรีย์ในดิน สิ่งมีชีวิตในกลุ่มนี้ประกอบด้วย

- แบคทีเรีย จัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่ที่สุดในดิน ประกอบด้วยแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ บางชนิดเป็นประโยชน์ต่อหนอนพยาธิตัวกลม บางชนิดก็เป็นโทษหรือทำลายหนอนพยาธิตัวกลม Thorne (1927) เป็นคนแรกที่รายงานว่าพบแบคทีเรีย *Duboscqia penetrans* ในดินทำลายตัวอ่อนของหนอนพยาธิตัวกลมรากปม *Meloidogyne* spp. ได้ปัจจุบันพบว่าแบคทีเรียนี้คือ Bacillus ชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อใหม่ว่า *Pasteuria penetrans* สามารถทำลายหนอนพยาธิตัวกลม *M. incognita* และ *M. javanica* ได้อย่างมีประสิทธิภาพจนมีนักวิชาการหลายคนพยายามเลี้ยงขยายพันธุ์เป็นการค้าจำนวนมากแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ

- เห็ดรา จัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่อีกกลุ่มหนึ่ง มีรายงานว่าเชื้อรามากกว่า 100 ชนิด (species) สามารถควบคุมหรือทำลายหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืช (nematophagous) ได้ สกุลที่สำคัญได้แก่ Arthrobotrys, Dactylella, Nematophuthora, Fusarium, Verticilium และ Paecilomyces ปัจจุบันมีผู้พยายามนำเชื้อราเหล่านี้บางชนิดไปใช้ในการควบคุมหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ โดยชีววิธีได้ผลบ้างแล้ว

- หนอนพยาธิตัวกลมตัวห้ำ มีหนอนพยาธิตัวกลมหลายสกุลและหลายชนิดที่สามารถทำลายหนอนพยาธิตัวกลมด้วยกันเอง (predacious หรือ nematophagous nematode) ที่สำคัญและพบบ่อยในดินได้แก่หนอนพยาธิตัวกลม Seinura, Mononchus, Discolaimus, Iotonchus, Mylonchulus, Anatonchus, Actinolaimus, Diplogaster และบาง species ของ Dorylaimus

- Tardigrade เป็นสัตว์ในดินขนาดเล็ก ลำตัวอ้วนกลมยาวไม่เกิน 1 มม. มี 8 ขา ที่ขามีหนามแหลมใช้จับหนอนพยาธิตัวกลมกินเป็นอาหาร ส่วนปากมีเขี้ยวออกมาเหมือน stylet บางคนจึงเรียกสัตว์ชนิดนี้ว่า water bear หรือหมีน้ำ

- Turbellarian เป็นพยาธิตัวแบนที่กินสัตว์เล็ก ๆ ในดินรวมทั้งหนอนพยาธิตัวกลมเป็นอาหาร พบมากในดินป่าทั่วไป

- Collembola และไร เป็นกลุ่มสัตว์ที่มีรูปร่างคล้ายแมลง พบมากในดินมีหลายชนิด บางชนิดเป็นศัตรูพืช ส่วนใหญ่หากินและอาศัยอยู่ในดิน บางชนิดกินหนอนพยาธิตัวกลมเป็นอาหาร

- Protozoa เป็นจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็กมาก อาศัยอยู่ในดินทั่วไป

- ไวรัส มีเพียงรายงานของ Lowensberg และคณะ (1959) เพียงรายเดียวที่รายงานว่าพบไวรัสชนิดหนึ่งทำให้หนอนพยาธิตัวกลมรากปม *Meloidogyne incognita* ตายได้ และเมื่อนำน้ำที่ได้ไปผ่านเครื่องกรองแล้ว ไวรัสชนิดนั้นก็ยังมีประสิทธิภาพในการทำลายหนอนพยาธิตัวกลมได้ดี

ข. อินทรีย์วัตถุในดิน อินทรีย์วัตถุในดินเป็นสิ่งที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตจากทั้งบนดินและในดิน เป็นตัวควบคุมปริมาณประชากรของหนอนพยาธิตัวกลมเป็นอย่างดี เช่นการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด กากละหุ่ง ใบพืช เปลือกเมล็ดลงดิน เมื่ออินทรีย์วัตถุเหล่านี้สลายตัวได้ปลดปล่อยสารพิษบางอย่างออกมา ขณะเดียวกันเป็นการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่คอยทำลายหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชเพิ่มปริมาณขึ้นอีก

ค. การสร้างหรือขับสารอินทรีย์ มีพืชหลายชนิดที่สร้างสารเคมีบางอย่างแล้วขับออกมาไล่หรือทำให้หนอนพยาธิตัวกลมไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในดินบริเวณนั้นหรือการที่จุลินทรีย์ในดินหลายชนิดย่อยสลายอินทรีย์วัตถุแล้วมีสารบางอย่างที่เป็นพิษบางอย่างมี กลิ่นไล่หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนพยาธิตัวกลมได้

ดาวเรือง (*Tagetes patula*, *T.erecta* และ *T.indica*) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่สร้างและขับสาร thiophene ออกมาจากรากซึ่งมีผลในการไล่หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชได้ สารนี้ออกฤทธิ์คล้ายสารเคมีฆ่าหนอนพยาธิตัวกลม (nematicidal effect) หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีสาร glycoside ในตัวสามารถไล่หนอนพยาธิตัวกลม *Paratylenchus* ได้โดยทั่วไปพบว่าพืชที่ต้านทานหนอนพยาธิตัวกลมหลายชนิดมีสารอินทรีย์ที่สามารถไล่หนอนพยาธิตัวกลมหรือทำให้หนอนพยาธิตัวกลมไม่เข้าทำลายพืช

2. ปัจจัยจากสิ่งไม่มีชีวิต เป็นปัจจัยต่าง ๆ ในดินที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และลักษณะโครงสร้างของดิน ได้แก่

ก. ส่วนประกอบของดิน โดยทั่วไปดินมีส่วนประกอบสำคัญคือ sand, silt และ clay ดินทุกแห่งจึงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของทั้ง 3 อย่างเป็นหลัก

หนอนพยาธิตัวกลมแต่ละชนิดชอบดินที่มีส่วนประกอบต่างกัน โดยส่วนใหญ่ชอบดินทรายหรือดินร่วมทราย หนอนพยาธิตัวกลมรากปม (*Meloidogyne* spp.) ชอบอยู่ในดินทั้ง 2 ประเภทดังกล่าว ทำให้เป็นศัตรูพืชที่ขยายพันธุ์ได้ง่าย ระบาดและเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว มีหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชหลายชนิดที่ชอบอยู่ในดินที่มีส่วนประกอบแตกต่างกันไปเช่น

- *Heterodera trifolii* ขอบดินเหนียวและที่เปียกชื้น
- Pratylenchus thornei ชอบที่ที่เป็นดินเหนียวจัด
- *Pratylenchus* ชนิด (species) อื่น ๆ ชอบดินร่วมทรายหรือดินทราย
- *Hirschmanniella* spp. ชอบดินเหนียวที่มีน้ำขังและดินนาทั่วไป
- *Tylenchorhynchus lamelliferus* ชอบดินเหนียวจัด ขณะที่ชนิด (species) อื่นชอบดินร่วนทรายเป็นส่วนใหญ่

ข. ระดับความสูงและความลึก ระดับความสูง (elevation) เป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งถึงความแตกต่างทางรูปร่างหรือขนาดของหนอนพยาธิตัวกลมแม้เป็นสกุลหรือชนิดเดียวกัน หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชบางชนิดเช่น Punctodera ชอบอยู่ในที่ที่ระดับความสูงมากเช่นภูเขา ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ราบหนอนพยาธิตัวกลมบางชนิดกลับลง เช่นผู้เขียนได้นำหนอนพยาธิตัวกลมรากปม (meloidogyne hapla) ซึ่งเป็นศัตรูสำคัญของพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับหลายชนิดและไม่พบในพื้นที่ราบทั่วไปมาจากสถานีเกาตรหลวง ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเลี้ยงไว้สำหรับงานค้นคว้าวิจัยที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ผลปรากฏว่าหนอนพยาธิตัวกลมที่เลี้ยงไว้ทั้งหมดตายภายใน 1 เดือนเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นต้น

ในกรณีของหนอนพยาธิตัวกลมรากข้าว (*Hirschmanniella oryzae*, *H. spinicaudata*) ในประเทศไทย การศึกษาจำนวนประชากรในฤดูต่าง ๆ โดยผู้เขียนพบว่า หนอนพยาธิ

ตัวกลมดังกล่าวมีจำนวนประชากรหนาแน่นในบริเวณรอบรากข้าว หรือลึกประมาณ 6-10 นิ้วในฤดูฝนปกติที่มีน้ำท่วมขัง แต่ประชากรส่วนใหญ่มักย้ายลงไปอยู่ในดินที่ลึกเกิน 10 นิ้วในฤดูร้อนที่ผิวดินแตกระแหงและอากาศแห้งแล้ง

ค. ความชื้นในดิน น้ำไม่เพียงแต่เป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดรวมทั้งหนอนพยาธิตัวกลม แต่น้ำยังเป็นตัวควบคุมกิจกรรมต่างๆ เช่นการเคลื่อนที่ การระบาดหรือแพร่กระจายโดยติดไปกับน้ำ การมีชีวิตอยู่ การขยายพันธุ์ตลอดอายุของตัวหนอนพยาธิตัวกลม

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแกสในดินกับอุณหภูมิ แรงดัน osmosis ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในดิน โดยปกติการเพิ่มความชื้นในดิน เป็นการทำให้อุณหภูมิคงที่ ในทางตรงกันข้ามการลดปริมาณความชื้นในดิน ลดปริมาณออกซิเจนในดินและแรงดัน osmosis เป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในดินได้มาก เช่นกัน

หนอนพยาธิตัวกลมบางชนิดมีระยะหนึ่งในวงจงชีวิต หรือระยะการเจริญเติบโตที่ทนต่อความแห้งแล้งได้ดีตัวอย่างที่พบเห็นบ่อย เช่น ระยะก่อนการเป็นตัวแก่ของหนอนพยาธิตัวกลม *Ditylenchus dipsaci* และ *Paratylenchus* เป็นต้น มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับการมีชีวิตภายใต้สภาพการขาดน้ำ ซึ่งมีตั้งแต่การขาดน้ำเล็กน้อยจนถึงขนาดไม่มีน้ำเลยเป็นเวลานานๆ มีรายงานบางเรื่องที่กล่าวว่าการทำให้ดินเปียกก่อนการเก็บตัวอย่างทำให้หนอนพยาธิตัวกลมหลายชนิดฟื้นขึ้นมาจนทำให้นักวิชาการหนอนพยาธิตัวกลมสามารถค้นพบหรือแยกหนอนพยาธิตัวกลมซึ่งไม่น่าจะพบในสภาพเช่นนั้นได้

การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลก็มีส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินโดยตรง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดโดยเฉพาะในประเทศไทยเรา เช่นเมื่อฝนตกหรือน้ำท่วม ดินมีความชื้นมากเกินไป ประชากรหนอนพยาธิตัวกลมก็ลดลงไปด้วย นักวิชาการบางคนจึงอาศัยหลักการนี้ในการควบคุมหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชได้ เช่น Van Gundy (1968) พบว่าการให้น้ำต้นส้มมากกว่าปกติสามารถลดปริมาณของ *Hemicycliophora arenaria* ได้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการลดการแพร่กระจายหรือปริมาณของออกซิเจนในดิน โดยพบว่าการให้น้ำทุก 7 วัน ทำให้ออกซิเจนกระจายได้ดีบนผิวดินลึกไม่เกิน 24 นิ้ว แต่การให้น้ำทุก 3 วัน ไม่เพียงพอที่จะทำให้ออกซิเจนกระจายได้ทั่ว จึงมีผลต่อการขยายพันธุ์ของหนอนพยาธิตัวกลมและการเจริญเติบโตของรากพืชด้วย

ปริมาณหรือความเสียหายซึ่งเกิดจากหนอนพยาธิตัวกลมรากปม *(Meloidogyne incognita)* ที่เข้าทำลายพืชผัก เช่น แตง ผักกาดหอม หรือไม้ผล เช่น แตงโม หรือพืชไร่บางชนิด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ที่ปลูกหลังฤดูทำนาปี มักเสียหายไม่มาก เนื่องจากปริมาณหนอนพยาธิตัวกลมรากปมมีน้อย การที่ปริมาณลดลงเป็นผลมาจากการท่วมขังของน้ำในฤดูทำนาเป็นเวลานานในขณะปลูกข้าว แต่เป็นการสนับสนุนให้หนอนพยาธิตัวกลมบางสกุลได้แก่ *Hirschmanniella* spp. เจริญเติบโตได้เช่นกัน

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการฟักไข่ของหนอนพยาธิตัวกลม ทั้งนี้เพราะน้ำเป็นตัวชี้บ่งถึงความเข้มข้นของเกลือแร่ต่างๆ ในดินมีรายงานว่า ตัวอ่อน ไข่ กลุ่มไข่ของหนอนพยาธิตัวกลมรากปมอ่อนแอต่อความแห้งแล้งและการมีน้ำมากเกินไป ส่วนตัวอ่อน ไข่ กลุ่มไข่ที่อยู่ในเนื้อเยื่อของพืชได้รับ

ความกระทบกระเทือนจากปัจจัยดังกล่าวน้อยกว่า ผลจากการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและในแปลงยืนยันได้ว่าเมื่อ water holding capacity ของดินลดลงการมีชีวิตอยู่ของตัวอ่อนลดลงเล็กน้อย ส่วนการมีชีวิตอยู่ของไข่ลดลงอย่างมาก ซึ่งจากผลการทดลองเหล่านี้ทำให้แน่ใจว่าการไถดินตามปกติตากทิ้งไว้ทำให้ความชื้นลดลง จำนวนประชากรหนอนพยาธิตัวกลมก็ลดลงได้เช่นกัน ปกติพืชงอกงามได้ในดินที่มีความชื้นต่ำกว่า field capacity เล็กน้อย เนื่องจากยังมีน้ำพอเพียงต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของหนอนพยาธิตัวกลม

การศึกษาหนอนพยาธิตัวกลมน้ำเค็มในทะเล Baltic พบว่าหนอนพยาธิตัวกลมหลายชนิดยังสามารถมีชีวิตอยู่ได้เป็นปกติในที่ที่มีปริมาณเกลือสูงถึง 15% ส่วนใหญ่มีชีวิตอยู่ได้ดีที่ pH ระหว่าง 3-5% Vinex และคณะ (1984) รายงานว่าเขาสามารถใช้ปริมาณของหนอนพยาธิตัวกลมน้ำเค็มเป็นตัววัดมลภาวะในทะเลได้ ทั้งนี้เมื่อทำการทดลองเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษานิเวศน์วิทยาของหนอนพยาธิตัวกลมน้ำเค็มมากกว่า 50 ชนิด (species) ส่วนที่ที่มีมลภาวะมากพบหนอนพยาธิตัวกลมน้ำเค็มเพียง 4 ชนิด หรือน้อยกว่า และการลดลงนี้สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของโลหะหนักที่ตรวจได้ในน้ำบริเวณนั้น ๆ ด้วย

ง. อุณหภูมิของดิน โดยทั่วไปความชื้นและอุณหภูมิในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงและมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในดินมาก อุณหภูมิเฉพาะของพื้นดินบางจุดเป็นตัวลดหรือเพิ่มกิจกรรมของหนอนพยาธิตัวกลมได้ อาจกล่าวได้ว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในดิน และหนอนพยาธิตัวกลมมาจากอิทธิพลของทั้งทางตรงและทางอ้อมของแสงแดด กล่าวคือแสงแดดมีผลต่ออุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลต่อความชื้น ต่อโครงสร้างส่วนประกอบของดินและปริมาณเกลือแร่ในดิน นอกจากนี้อุณหภูมิที่ผิวดินมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าดินที่อยู่ลึกลงไป

โดยทั่วไปหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชมีกิจกรรมทุกอย่างในดินที่อุณหภูมิระหว่าง 15-25 °C และมีกิจกรรมได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิ 25-30 °C ยกเว้นสำหรับหนอนพยาธิตัวกลมบางชนิดเช่น *Ditylenchus dipsaci* ซึ่งชอบอุณหภูมิระหว่าง 15-18 °C เป็นต้น กิจกรรมที่สำคัญในช่วงแรก ๆ ของวงจรชีวิตหนอนพยาธิตัวกลมนับว่ามีความสำคัญมาก เช่น การออกไข่ การเจริญของไข่และการฟักออกจากไข่ ผลการทดลองกับหนอนพยาธิตัวกลม *Meloidogyne javanica* พบว่าถ้าเก็บไข่ไว้ที่อุณหภูมิสูง 46 °C เป็นเวลา เพียง 10 นาที การเจริญของไข่หรือตัวอ่อน (embryogenesis) ไม่เกิดขึ้นและไม่มีการฟักออกจากไข่ด้วย การทดลองหลายเรื่องที่เกี่ยวกับวงจรชีวิตของหนอนพยาธิตัวกลมหลายชนิดพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัย ที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง

จ. อากาศในดิน การเปรียบเทียบอัตราส่วนของของแข็ง ของเหลว และก๊าซในดินพบว่า อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวและก๊าซ เป็น 1:1 โดยประมาณ หรือในดินทั่วไปมีของแข็งอยู่ประมาณ 50% การเปลี่ยนแปลงของของเหลว (น้ำ) จึงมีผลต่อปริมาณก๊าซในดินโดยตรง อากาศในดินขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน การระบายน้ำ (ซึ่งมักสัมพันธ์กับส่วนประกอบและลักษณะของดิน) อุณหภูมิ ความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ช่องว่างในดินและความลึกของดิน

ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน (ถ้ามีมากปริมาณออกซิเจนก็จะมีน้อย) มีในฤดูร้อนมากกว่าฤดูหนาว มีในดินที่มีการปลูกพืชมากกว่าในดินที่ดินที่ไม่การปลูกพืช มีในดินที่สมบูรณ์มากกว่าในดินที่ไม่สมบูรณ์ พบในดินส่วนล่างมากกว่าส่วนบน มีในดินละเอียด (เช่น ดินเหนียว) มากกว่าดินทราย และมีในดินเปียกมากกว่าในดินที่แห้ง อากาศในดินกับหนอนพยาธิตัวกลม พบว่า ปริมาณออกซิเจนในดินจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวล (biomass) หรือปริมาณของหนอนพยาธิตัวกลมชนิดต่างๆ รวมทั้งจุลินทรีย์อื่นๆ ในดิน ปริมาณออกซิเจนนี้มีความสำคัญต่อชีวิตหนอนพยาธิตัวกลมตลอดวงจรชีวิต เช่น จากการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจน ที่น้อยที่สุดที่พอเหมาะแก่การฟักออกจากไข่ของหนอนพยาธิตัวกลม *Aphelenchoides composticola* และ *Ditylenchus myceliophagus* คือ 1.5 และ 2.0% ตามลำดับ และหนอนพยาธิตัวกลมทั้ง 2 ชนิดนี้มีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อมีปริมาณออกซิเจนเกิน 5% ขึ้นไป ส่วนการทดลองวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนของหนอนพยาธิตัวกลม พบว่าหนอนพยาธิตัวกลมต้องใช้ออกซิเจนประมาณ 11 μl/ตัว/ชั่วโมง โดยที่น้ำหนักของหนอนพยาธิตัวกลมมีเพียง 1-2 μg เท่านั้น ถ้าในดินมีการแพร่กระจายของออกซิเจนน้อยกว่า 30 x 10 กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อนาทีแล้วกิจกรรมต่างๆ ของหนอนพยาธิตัวกลมหยุดหมดจนอาจทำให้ตัวตายได้ แต่ยังมีบางชนิดที่มีชีวิตอยู่ได้แม้ปริมาณออกซิเจนในดินต่ำกว่า 5%

ฉ. ความเป็นกรด-ด่างของดิน โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นๆ ในดินและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในดิน หนอนพยาธิตัวกลมส่วนใหญ่มีชีวิตอยู่ได้ในดินระหว่าง pH 3-8 ช่วง pH 7 เป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด หนอนพยาธิตัวกลมแต่ละชนิดก็จะมี pH ที่เหมาะสมแตกต่างกันไป

ช. แรงดัน osmosis แรงดัน osmosis เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ ของหนอนพยาธิตัวกลมทุกชนิด เป็นแรงดันที่เกิดจาก diffusion ของของเหลวผ่าน permeable membrane จากอีก solution หนึ่งซึ่งมักจะผสมเป็นเนื้อเดียวกันไม่ได้ ผิวรากจึงจัดเป็น membrane อย่างหนึ่ง ส่วน cuticle ของหนอนพยาธิตัวกลมก็เป็น membrane อีกชนิดหนึ่งได้ ทั่วๆ ไปหนอนพยาธิตัวกลมที่อยู่ในดินสามารถทนแรงดัน osmosis ได้สูงสุดถึง 10 atmosphere แต่ที่ที่มีความชื้นสูงมักไม่เกิน 2 atmosphere

หนอนพยาธิตัวกลมน้ำเค็มหลายชนิดมีชีวิตอยู่ได้ดี แม้ในทะเลน้ำเค็มที่มีปริมาณเกลือชนิดต่างๆ อยู่ถึง 15% เช่นในทะเล Baltic ทางเหนือของยุโรป ทำนองเดียวกันหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชหลายชนิดมีชีวิตอยู่ในดินที่ค่อนข้างเค็มแม้ดินบางแห่งไม่สามารถทำการเกษตรได้เช่น ในเขตอำเภอทามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีค่าความเค็มค่อนข้างสูงยังพบหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชหลายชนิดมีชีวิตได้ดีโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งความเค็มลดลง หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชที่สำคัญและพบบ่อยได้แก่ Criconemella, Hirschmaniella, Meloidogyne, Morulaimus, Scutellonema, Trichodorus, Tylenchorhynchus และ Xiphinema การทดลองในรัฐ Texas สหรัฐอเมริกากับหนอนพยาธิตัวกลม *Rotylenchulus reniformis* พบว่าหนอนพยาธิตัวกลมดังกล่าวสามารถทำความเสียหายให้กับพืชได้เมื่อมีปริมาณของเกลือ calcium chloride และ sodium chloride สูงถึง 18 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตรและแม้ปริมาณเกลือสูงกว่านี้ก็ยังสามารถทำความเสียหายให้กับพืชได้

ซ. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยปกติความอุดมสมบูรณ์ของดินนอกจากมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังมีผลโดยตรงต่อหนอนพยาธิตัวกลมด้วยเช่นการใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชสามารถลดความเสียหายที่เกิดจากหนอนพยาธิตัวกลมได้ในทางตรงกันข้ามการลดการใส่ปุ๋ยหรือลดความอุดมสมบูรณ์ของพืชมิได้เป็นการลดปริมาณของหนอนพยาธิตัวกลมแต่อย่างใด การเพิ่มธาตุอาหารในดินเช่นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม มีผลต่อประชากรหนอนพยาธิตัวกลมไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นหลัก

การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารมีอยู่มากเช่นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนทำให้หนอนพยาธิ ตัวกลมบางอย่างลดลง หรือการเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสในแปลงที่มีหนอนพยาธิตัวกลม *Pratylenchus* ทำให้ประชากรของศัตรูพืชดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการเติมปูนขาวลงในดิน เป็นต้น

ปัจจัยในการมีชีวิตอยู่ (survival) ของหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืช

ในการมีชีวิตอยู่ของหนอนพยาธิตัวกลมทุกชนิดรวมทั้งได้เดือนฝอยศัตรูพืช จำเป็นต้องมีปัจจัยต่าง ๆ เป็นตัวประกอบที่สำคัญได้แก่

1. ความชื้น น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด หนอนพยาธิตัวกลมจัดเป็น aquatic animal ชนิดหนึ่ง นอกจากความสำคัญที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นน้ำยังมีส่วนในการทำให้หนอนพยาธิตัวกลมอยู่ในสภาพพักตัว (dormancy) ซึ่งทำให้หยุดการเจริญเติบโตได้ระยะหนึ่ง แต่ผลดีคือทำให้หนอนพยาธิตัวกลมมีอายุยาวนานขึ้น

นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจกับการมีชีวิตอยู่ของหนอนพยาธิตัวกลมในเมล็ดข้าวสาลีที่เรียกกันทั่วไปว่าโรค seed gall หรือ ear cockle เนื่องจากหนอนพยาธิตัวกลม *Anguina tritici* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคดังกล่าวสามารถมีชีวิตอยู่ในเมล็ดข้าวได้นานถึง 28 ปี ในอุณหภูมิห้อง หรืออยู่ได้นานกว่า 32 ปีในสภาพที่เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

นักวิชาการหนอนพยาธิตัวกลมได้แบ่งความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมออกเป็นหลายระดับ เริ่มต้นจากสภาพปกติซึ่งหนอนพยาธิตัวกลมมีชีวิตอยู่ได้ภายใต้อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณอากาศ (ออกซิเจน) ในดิน และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปริมาณที่พอดี สภาพเหล่านี้ลดลงเรื่อย ๆ จนถึงขั้นต่ำสุดหรือสูงสุดจุดดังกล่าวเรียกรวมกันว่า cryptobiosis ซึ่งหมายถึงการมีชีวิตอยู่ภายใต้สภาพที่ผิดปกติมากที่สุดทั้งด้านอุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่างและแรงดัน osmosis โดยมีคำเฉพาะดังนี้

ก. anhydrobiosis คือการมีชีวิตอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อยที่สุด จัดเป็นเรื่องที่มีการศึกษากันมากเนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่พบบ่อยที่สุด และเป็นประโยชน์ต่อตัวหนอนพยาธิตัวกลมโดยเฉพาะเรื่องการจัดการกับหนอนพยาธิตัวกลมภายใต้สภาพ anhydrobiosis หนอนพยาธิตัวกลมมีชิวิตอยู่ได้โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยการขดม้วนตัวเป็นวงหรือเลขหนึ่งไทย ลำตัวแบนระบบต่าง ๆ ในร่างกายหยุดการทำงาน ไม่มี metabolism ไม่มีการเคลื่อนไหวทุกส่วนของร่างกาย ความทนต่อปรากฏการณ์นี้ต่างกันไปตามอายุและชนิดของหนอนพยาธิตัวกลม อัตราการขาดน้ำ (desiccation) จึงสำคัญมากปกติถ้ามีการสูญเสียน้ำอย่างช้า ๆ หนอนพยาธิตัวกลมมักทนและมีชีวิตอยู่

ได้ การมีน้ำในตัวเพียง 2-5% ของความชื้นสัมพัทธ์จำเป็นมาก ถ้าการสูญเสียน้ำ ถ้าเป็นไปได้อย่างรวดเร็วหนอนพยาธิตัวกลมมักตาย

สถาบันวิจัยต่าง ๆ ในหลายประเทศพยายามใช้ anhydrobiosis มาเป็นแนวทางในการควบคุมหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืช เช่นการศึกษาของ Freckman (1980) ในเขตที่แห้งแล้งเหมือนทะเลทรายพบว่าภายใต้สภาพดังกล่าว หนอนพยาธิตัวกลมทนต่อสารเคมีหรือสารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด เช่น methyl bromide ทั้งนี้เพราะการมี metabolism ต่ำทำให้สารเคมีไม่ละลายน้ำและซึมผ่านผิวหนังชั้นนอกเข้าไปในภายในระบบต่าง ๆ ในลำตัวได้ ในรัฐ Hawaii สหรัฐอเมริกา ซึ่งปลูกสับปะรดกันทั่วไปและมีปัญหากับหนอนพยาธิตัวกลม *Meloidogyne javanica* มาหลายทศวรรษ การใช้สารเคมีเกือบไม่ได้ผลและเสียค่าใช้จ่ายสูง ผลจากการทดลองพบว่าถ้าปล่อยทิ้งดินไว้ระยะหนึ่งเพื่อลดปริมาณไข่และตัวอ่อนของหนอนพยาธิตัวกลมลงบ้าง หลังจากนั้นจึงให้น้ำตามปกติและตามด้วยสารเคมีทำให้การควบคุมได้ผลดีขึ้นมาก

ข. cryobiosis คือการมีชีวิตอยู่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มากที่สุด

ค. anoxybiosis คือการมีชีวิตอยู่ภายใต้สภาพที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยที่สุด

ง. osmobiosis คือการมีชีวิตอยู่ภายใต้สภาพที่มีแรงดัน osmosis น้อยที่สุด

2. อากาศใต้ดิน อากาศที่มีในดินทำให้มีการหมุนเวียนหรือถ่ายเทอากาศในดินซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณน้ำในดิน พื้นที่ที่มีน้ำขังย่อมมีปริมาณของออกซิเจนลดลง แต่คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น การที่ดินมีน้ำท่วมนานปริมาณของหนอนพยาธิตัวกลมที่ตายก็มีมากขึ้น น้ำท่วมเป็นการทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปมาก กาซออกซิเจนมีน้อยหรือเกือบไม่มีเลย กาซพิษเช่นคาร์บอนไดซัลไฟด์, คาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์, nitrite และ nitrate มีปริมาณมากขึ้น

ถ้าอากาศในดินไม่ดี การถ่ายเทอากาศออกซิเจนน้อยเกินไปมีผลต่อการลอกคราบของหนอนพยาธิตัวกลม *Hemicycliophora arenaria* การขาดออกซิเจนมีผลต่อการขยายพันธุ์ของหนอนพยาธิตัวกลมหลายชนิด เช่น *Tylenchulus semipnetrans*, *Trichodorus christiei* และ *Xiphinema americanum* เป็นต้น โดยทั่วไปดินที่มีการถ่ายเทอากาศในระหว่าง 21-10% ไม่มีผลต่อการขยายพันธุ์ของหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืช Walker (1968) รายงานว่าในดินใดก็ตามถ้าปริมาณออกซิเจนลดลงจาก 20% เหลือเพียง 5% แต่ถูกแทนที่โดยกาซคาร์อบนไดออกไซด์ และไนโตรเจนในปริมาณเท่ากัน เป็นผลทำให้อัตราการฟักออกจากไข่ของหนอนพยาธิตัวกลมรากปม *Meloidogyne javanica* ลดลง แต่หลังจากนั้น 3 สัปดาห์อัตราการฟักออกจากไข่ไม่แตกต่างกัน เมื่อดินมีปริมาณออกซิเจนลดลงถึง 0% แล้วไม่มีการฟักออกจากไข่อีกเลย

3. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการมีชีวิตอยู่ของหนอนพยาธิตัวกลมซึ่งบางชนิดพบในเขตร้อน บางชนิดพบแต่ในเขตหนาวโดยเฉพาะอย่างยิ่งหนอนพยาธิตัวกลมรากปม *Meloidogyne hapla* สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีกว่า *M. incognita*, *M. javanica* และ *M. arenaria* โดยที่ 3 ชนิดหลังนี้สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าชนิดแรกอย่างเห็นได้ชัด

สภาพของดิน ระยะเวลาหรือความยาวนานที่มีอุณหภูมิต่ำ เศษซากพืชเหล่านี้มีส่วนช่วยให้อายุของหนอนพยาธิตัวกลมเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้ในประเทศที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากในแต่ละฤดูกาล ชนิดของหนอนพยาธิตัวกลมและระยะของการเจริญเติบโตก็มีอยู่มาก ในทางตรงกันข้ามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในประเทศแถบศูนย์สูตรโดยเฉพาะประเทศไทยมีน้อย อุณหภูมิจึงมีบทบาทในเรื่องการเจริญเติบโตการขยายพันธุ์และการระบาดน้อยกว่าประเทศในเขตหนาว

อุณหภูมิที่ผิดปกติมากเช่นร้อนหรือหนาวเกินไป ย่อมมีผลต่อการเจริญเติบโต การแพร่ระบาดของหนอนพยาธิตัวกลมรวมทั้งการมีชีวิตอยู่ด้วย อุณหภูมิปานกลางจึงเหมาะสมที่สุด แต่หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชมีอุณหภูมิปานกลางไม่ต่างกันมาก โดยปกติการใช้ข้อมูลเรื่องอุณหภูมิของกอากาศเป็นตัววัดยังไม่ถูกต้องนัก เพราะในดินมีการเปลี่ยนแปลงเรื่องอุณหภูมิน้อยและไม่รวดเร็วเหมือนอุณหภูมิในอากาศ อุณหภูมิในดินแต่ละท้องที่หรือทุกตารางนิ้วไม่เหมือนกัน การศึกษา microclimate จัดว่าสำคัญมากในการรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้โดยเฉพาะในระดับ rhizosphere หรือระดับ rhizoplane

การที่ดินได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน ย่อมมีผลต่อการมีชีวิตอยู่ของหนอนพยาธิตัวกลมเช่นบางชนิดแฝงตัวอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชได้ ขณะเดียวกันลักษณะและความลึกของดินก็มีส่วนทำให้อุณหภูมิของดินลดต่ำลงได้เช่น หนอนพยาธิตัวกลม *Pratylenchus penetrans* ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -15 °C นาน 15 วัน หนอนพยาธิตัวกลมเหล่านี้ตายหมด หรือหนอนพยาธิตัวกลม *Rotylenchulus parvus* อยู่ในดินที่ปล่อยทิ้งไว้ให้ว่างเปล่าเป็นเวลานาน 7, 14, 21 และ 28 วัน ที่อุณหภูมิ 25, 21, 4 และ 1 °C. ตามลำดับแล้วยังตายไม่หมด ถ้ายิ่งเก็บไว้เป็นเวลานานและที่อุณหภูมิต่ำ โอกาสที่ประชากรหนอนพยาธิตัวกลมลดลงยิ่งมีมากขึ้น

4. อายุของหนอนพยาธิตัวกลม โดยทั่วไปหนอนพยาธิตัวกลมที่มีอายุมากมักมีความสามารถในการเข้าทำลายพืชลดลง มีการเคลื่อนที่น้อยลงและอาหารสำรองที่เก็บไว้ในรูปของ lipid ก็ลดลงแต่อาหารสำรองเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เร็วขึ้นถ้าอุณหภูมิสูง ดินมีความชื้นน้อยหรือปริมาณออกซิเจนในดินลดลง ปัจจัยเหล่านี้เมื่อรวมกันเข้าก็สามารถทำให้อายะของหนอนพยาธิตัวกลมสั้นลง

การดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับจุลินทรีย์อื่น ๆ ในระบบนิเวศน์ดิน

ในระบบนิเวศน์ดินทุกแห่งหนอนพยาธิตัวกลมจำเป็นต้องมีชีวิตอยู่ร่วมกับจุลินทรีย์อื่น ๆ แมลงและสัตว์ขนาดเล็กต่าง ๆ ในดินอีกมาก การมีชีวิต อยู่ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อความสมดุลย์ของธรรมชาติหลายอย่าง ได้แก่

Parasitism เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดกับหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชที่เป็น parasite หรือ pathogen กับพืชอาศัยเท่านั้น parasitism อาจทำให้เกิดความเสียหายโดยตรงกับพืชเช่นทำให้รากเป็นแผล รากเน่า รากกุด รากเป็นปุ่มปม ต้นไม่เจริญเติบโต แคระแกรนโดยหนอนพยาธิตัวกลมเข้าทำลายได้ทุกส่วนตั้งแต่ส่วนยอด ดอก ใบ ลำต้นและที่พบมากที่สุดคือส่วนราก ความเสียหายจะมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่นชนิดของพืชและหนอนพยาธิตัวกลมจำนวนประชากรแรกเริ่ม (Pi) พันธุ์พืช อายุพืช ระยะเวลาในการเข้าทำลาย และสภาพแวดล้อม

ในธรรมชาติหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชเป็น parasite หรือ pathogen ทำให้ผลผลิตเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อมแล้ว ยังเปิดโอกาสให้เชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคอื่นเข้าทำลายได้ อาการของโรคก็รุนแรงมากขึ้น หนอนพยาธิตัวกลมเองก็มีศัตรูในธรรมชาติมากมาย (ดังกล่าวมาแล้วในเรื่อง biotic factors) จุลินทรีย์เหล่านี้ช่วยควบคุมหนอนพยาธิตัวกลมได้ดี เช่นงานวิจัยของผู้เขียนซึ่งใช้เชื้อราในดินที่ผ่านการคัดเลือกประสิทธิภาพมาแล้ว และเป็นเชื้อราในประเทศที่มีแนวโน้มผลิตเป็นอุตสาหกรรมได้ เพื่อใช้ควบคุมหนอนพยาธิตัวกลมรากปมได้ดีถึง 100% ในห้องปฏิบัติการ และได้ถึง 60-70% ในสภาพแปลง เชื้อราที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ *Paecilomyces lilacinus*

Predation เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอีกอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับห่วงโซ่อาหาร (food chain) คือการที่สัตว์ใหญ่กินสัตว์ที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเกือบเท่ากันเป็นอาหารเช่น หนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชถูกแมลง สัตว์ที่มีขนาดเล็ก ไร หรือ หนอนพยาธิตัวกลมด้วยกันเองกิน หนอนพยาธิตัวกลมใน Subfamily Mononchinae เช่น Mononchus, Iotonchus, Mylonchulus, Seinura และ Dorylaimus บางชนิดเป็นต้น (เป็น second level consumer) จัดเป็น predacious nematode การใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอกมีผลต่อปรากฏการณ์นี้มาก นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราหรือแบคทีเรียอื่น ๆ ซึ่งกินเชื้อรา แบคทีเรียช่วยทำให้กระบวนการย่อยสลายในดินเกิดขึ้นเร็วอีกด้วย

Antagonism หนอนพยาธิตัวกลมบางชนิดเมื่ออยู่รวมกับชนิดเดียวกันในระบบนิเวศน์หนึ่งไม่มีปัญหาเรื่องการขยายพันธุ์ แม้จะไม่มีอาหารที่เหมาะสมหรือเพียงพอแก่การมีชีวิตอยู่ แต่เมื่อมีหนอนพยาธิตัวกลมอีกชนิดหนึ่งเข้าไปอยู่ด้วยแล้วมักเกิดการแย่งที่อยู่ แย่งอาหารกัน ในกรณีนี้ ชนิดที่จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ก็ต้องมีการขยายพันธุ์ได้เร็ว ทนต่อสภาพแวดล้อมในขณะนั้นได้ เช่นจากการทดลองพบว่าหนอนพยาธิตัวกลมรากแผล *Pratylenchus penetrans* กับหนอนพยาธิตัวกลมรากปม *Meloidogyne incognita* ถ้า inoculate พร้อมกันแล้วประชากรของทั้ง 2 ชนิดจะลดลงพร้อมกันในระยะแรก และชนิดใดชนิดหนึ่งก็จะเพิ่มปริมาณขึ้นเมื่อ อีกชนิดหนึ่งลดปริมาณลง

antagonism อาจหมายถึงการที่พืชบางชนิดปล่อยสารเคมีบางอย่างเพื่อต่อต้านหรือไล่ศัตรูพืชไม่ให้เข้ามารบกวนพืชได้ เรียกเป็น antagonistic plant เช่นการปลูกดาวเรืองหรือถั่วพุ่ม Crotalaria (เฉพาะชนิด *C. juncea* เท่านั้น) พืชเหล่านี้มีสารบางอย่างที่หนอนพยาธิตัวกลมไม่ชอบจึงหนีหรือลดจำนวนประชากรลงไป เป็นวิธีการควบคุมหนอนพยาธิตัวกลมโดยวิธีธรรมชาติได้วิธีหนึ่ง

Synergism เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอีกรูปแบบหนึ่ง เกิดจากการที่หนอนพยาธิตัวกลมและจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป ช่วยกันทำลายพืชปกติ ในกรณีของหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชมักทำหน้าที่หลักคือ การเปิดทางหรือทำแผลให้เซลล์ในบริเวณที่ถูกทำลายเสียหายหรือแห้งตาย แล้วมีจุลินทรีย์อื่น ๆ เข้าซ้ำเติมเป็น secondary invader) เช่นอาจมีแบคทีเรียหนอนพยาธิตัวกลมด้วยกันเอง เชื้อรา ไวรัส ชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิดเข้าร่วมกัน ในกระบวนการอันซับซ้อนนี้ก็ได้ ทำให้อาการของโรครุนแรงมากกว่าการมีจุลินทรีย์หรือหนอนพยาธิตัวกลมเพียงชนิดเดียวเช่น เชื้อราทำความเสียหายได้ 10% หนอนพยาธิตัวกลมเองทำความเสียหายได้ 10% เมื่อรวมกันโดยหนอนพยาธิตัวกลมเข้าทำลายพืชก่อนเชื้อราความเสียหายที่เกิดมักไม่เท่ากับ 10+10 (หรือเท่ากับ 20) แต่ความเสียหายที่เกิดมักเพิ่มเป็น 40, 80, 90% หรืออาจทำให้พืชตายหมดได้

กล่าวได้ว่าไม่ได้เกิดเป็น addition effect แต่จัดเป็น synergistic effect ทำให้พืชมีอาการผิดปกติมากหรือรุนแรงกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าหนอนพยาธิตัวกลม ทำหน้าที่

1. เป็นผู้เปิดทาง (predisposing agent) ให้จุลินทรีย์อื่นเข้าซ้ำเติม

2. เป็นพาหะหรือตัวพา (carrier หรือ vector) ของเชื้อสาเหตุโรคพืชชนิดอื่นได้ เช่น แบคทีเรียหรือไวรัส

3. เป็นผู้ทำให้ความต้านทานโรค (resistance breaker) ของพืชลดลง

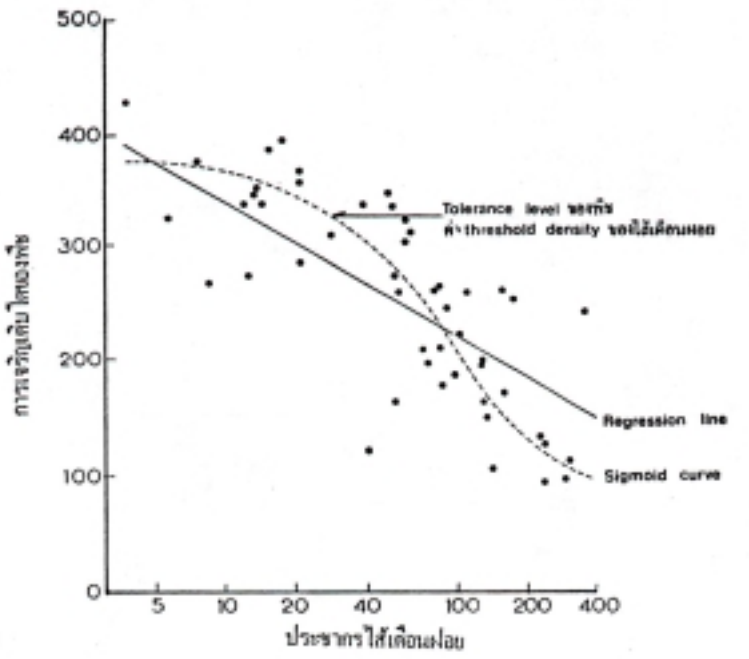
4. ทำให้เกิด complex biotic interaction เมื่อมีจุลินทรีย์หลายชนิดมาอยู่รวมกัน ผลที่เกิดตามมาคือความเสียหายของพืชเพิ่มมากกว่าปกติหรืออาการของโรครุนแรงขึ้น

ประชากรหนอนพยาธิตัวกลมกับการเจริญเติบโตของพืช

ความรุนแรงของโรคหนอนพยาธิจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนของหนอนพยาธิตัวกลม จำนวนหนอนพยาธิมากก็จะเพิ่มความรุนแรงของโรคตามไปด้วย ซึ่งผลที่เกิดขึ้นคือการเจริญเติบโตของพืชลดลงผลผลิตหรือคุณภาพของผลผลิตลดลง ความเสียหายดังกล่าวจะมากน้อยเพียงใดก็ยังขึ้นอยู่กับชนิดของหนอนพยาธิตัวกลม อายุและจำนวนหนอนพยาธิตัวกลมในระยะแรก (initial population หรือ Pi) ระยะเวลา วิธีการทำลาย ความทนทาน (tolerance) ของพืชนั้น และสภาพแวดล้อม

โดยทั่วไปพืชชนิดหนึ่งอาจถูกหนอนพยาธิตัวกลมหรือศัตรูพืชอื่น ๆ เข้าทำลายได้มากกว่า 1 ชนิด ในเวลาเดียวกัน แต่ไม่แสดงอาการอย่างใดอย่างหนึ่งออกมาจนกว่าจำนวนประชากรของชนิดใดชนิดหนึ่งมีมากพอที่จะทำความเสียหายจนเห็นอาการได้เด่นชัด ความสัมพันธ์ของปริมาณหรือประชากรหนอนพยาธิตัวกลมต่อความรุนแรงของโรคหรือต่อการเจริญเติบโตของพืชสามารถเขียนเป็น curve หรือ linear regression ได้ ตามภาพที่ 11.1 เหมือนกับปรากฏการณ์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด การเพิ่มประชากรหนอนพยาธิตัวกลมอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการแย่งอาหาร แย่งที่อยู่และมีมลภาวะเพิ่มขึ้น และในที่สุดจำนวนก็ลดลงเองตามกฎแห่งความสมดุลย์ของธรรมชาติ (balance of nature) ในการศึกษาเรื่องประชากรหนอนพยาธิตัวกลมนี้มีคำศัพท์ที่ควรรู้จักดังนี้

1. Damage threshold level หรือ threshold density หมายถึง จำนวนหนอนพยาธิตัวกลมที่มีมากพอถึงขีดที่ทำความเสียหายให้กับพืชได้ เช่น 400 ตัวต่อดิน 500 กรัม หรือ 2,000 ตัวต่อดิน 300 ซีซี ตัวเลขนี้แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของพืช ชนิดหนอนพยาธิตัวกลมและสภาพแวดล้อม พืชชนิดเดียวกันต่างสภาพแวดล้อมค่าของตัวเลขนี้ก็ต่างกันไป ค่านี้นักวิชาการบางคนเรียก infestation index หรือ threshold density ตัวอย่างของค่านี้มีแสดงในตารางที่ 10-1

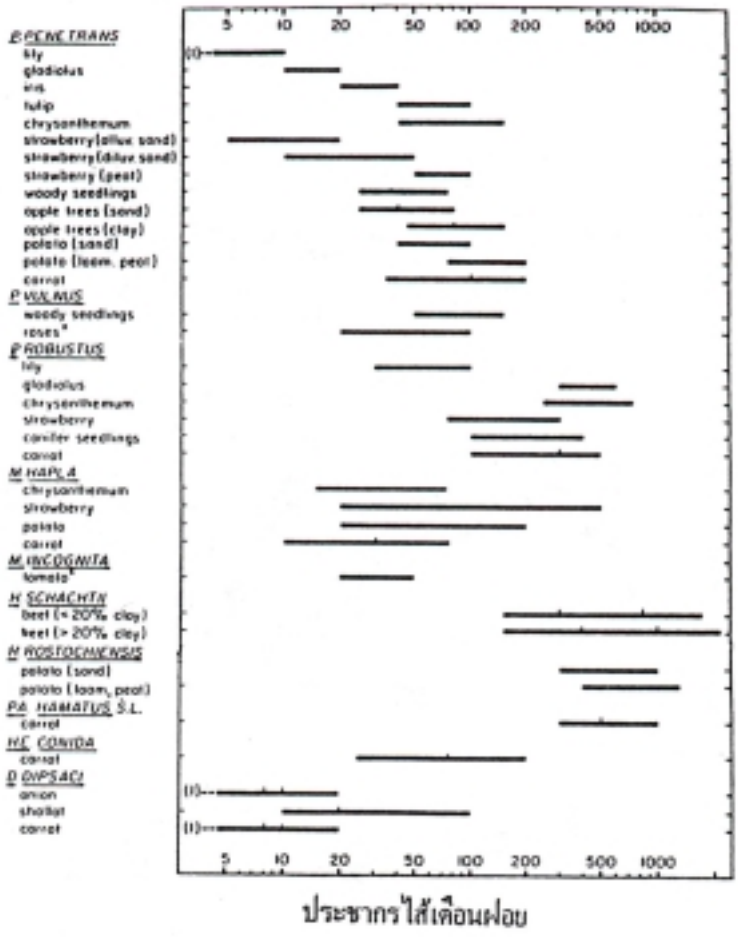


ภาพที่ 10-2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหนอนพยาธิตัวกลมกับการเจริญเติบโตและขีดความทนทานของพืช

2. Economic threshold level หมายถึง จำนวนหนอนพยาธิตัวกลมที่มีมากพอถึงขีดที่ทำความเสียหายทางเศรษฐกิจกับพืชนั้นได้ ตัวเลขนี้อาจเท่ากับหรือมากกว่า demage threshold level ได้

3. Tolerance (ความทนทาน) หมายถึงความสามารถของพืชที่จะมีชีวิตอยู่และให้ผลผลิตได้เมื่อถูกศัตรูพืชเข้าทำลายจนถึงระดับหนึ่งซึ่งพืชชนิดเดียวกันแต่คนละพันธุ์ไม่สามารถทนทานได้จนเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจขึ้น ความสามารถดังกล่าวเป็นคุณสมบัติเฉพาะของพืชแต่ละชนิด เช่น พืช ก. เมื่อถูกหนอนพยาธิตัวกลม *Pratylenchus penetrans* เข้าทำลายในปริมาณ 1,500 ตัวต่อดิน 500 กรัม จึงเริ่มแสดงอาการแคระแกรน แต่พืช ข. อาจทนต่อปริมาณหนอนพยาธิตัวกลมดังกล่าวได้ถึง 5,000 ตัว จึงเริ่มแสดงอาการเช่นเดียวกันก็ได้

4. Parasite และ pathogen ในทางวิชาการหนอนพยาธิตัวกลมอาจมีความหมายผิดเพี้ยนไปจากที่ใช้อยู่ทั่วไปทางวิชาการโรคพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าพิจารณาแต่จำนวนประชากรเพียงอย่างเดียว เช่น หนอนพยาธิตัวกลม ก. เมื่อมีปริมาณเพียง 10 ตัว ไม่สามารถทำความเกิดความเสียหายหรือพืชแสดงอาการผิดปกติได้ก็จัดเป็น parasite แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 1,000 ตัวแล้ว พืชแสดงอาการผิดปกติอย่างเห็นได้ชัดก็จัดเป็น pathogen หรืออีกนัยหนึ่งอาจกล่าวได้ว่า pathogen ทุกชนิดต้องมีสภาพเป็น parasite มาก่อน แต่ parasite บางชนิดอาจไม่มีโอกาสเป็น pathogen ได้ ดังนั้นในการควบคุมหนอนพยาธิตัวกลมศัตรูพืชโดยวิธีใดก็ตามจึงเป็นการเปลี่ยนสภาพของหนอนพยาธิตัวกลมจาก pathogen ให้เป็น parasite เท่านั้น

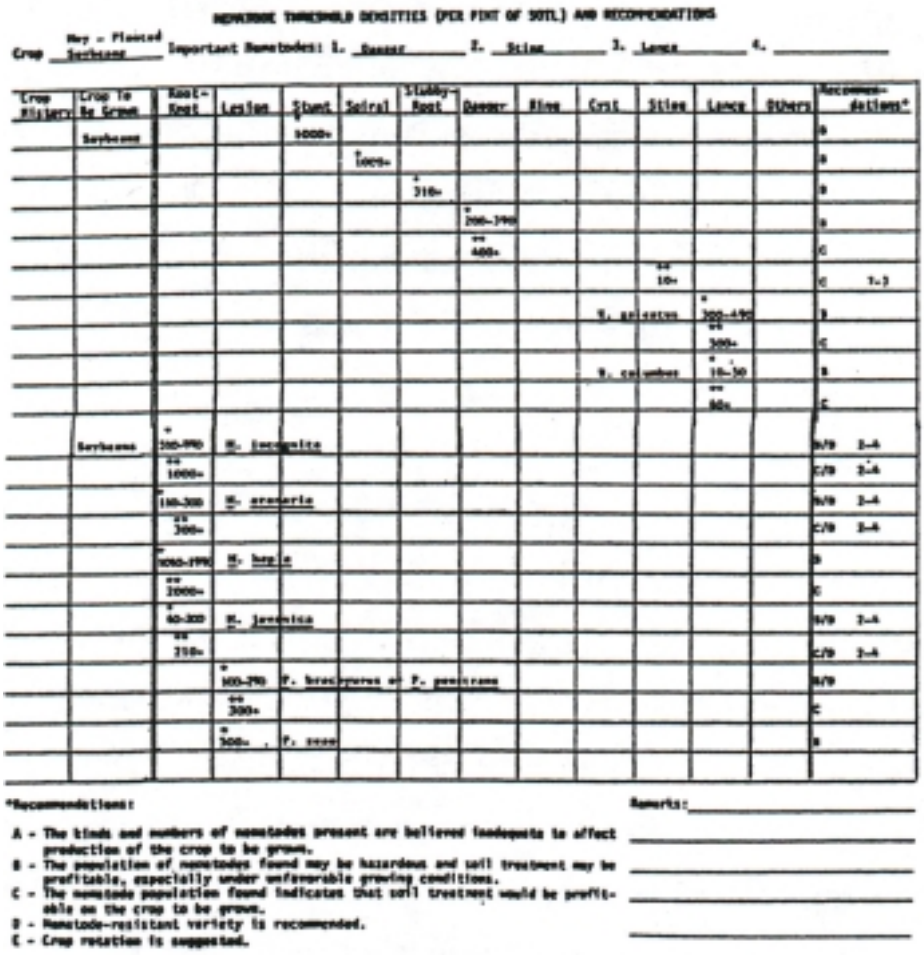


ตารางที่ 10-1 ค่าของ damage threshold level ของหนอนพยาธิตัวกลมชนิดต่าง ๆ กับพืชบางชนิดในดินแต่ละประเภทคิดเป็นปริมาณประชากรหนอนพยาธิตัวกลมต่อดินเพียง 100 ซีซี นอกจากหนอนพยาธิตัวกลม D. dipsaci เป็นปริมาณหนอนพยาธิตัวกลมต่อปริมาตรดิน 1,000 ซีซี (Oostenbrink, 1972)

วิธีวัดความต้านทาน/อ่อนแอต่อโรค

โดยทั่วไปวิธีวัดความต้านทานหรือความอ่อนแอของโรคพืชที่เกิดจากหนอนพยาธิตัวกลมหรือวัดการเป็นพืชอาศัยที่ดีสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น วัดจากความสูงการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิตที่ได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างต้นพืชหรือแปลงที่ไม่มีหนอนพยาธิตัวกลมเข้าทำลาย กับต้นหรือแปลงที่มีศัตรูพืชชนิดเดียวกันเข้าทำลาย วิธีหนึ่งที่สามารถวัดได้ง่ายและอาจไม่จำเป็นต้องรอจนเก็บเกี่ยวพืชคือ การตรวจนับการเพิ่มหนอนพยาธิตัวกลมในดินเมื่อปลูกพืชหรือเริ่ม inoculate ซึ่งเรียก initial population (Pi) เมื่อปลูกพืชแล้วทิ้งไว้ระยะหนึ่งอย่างน้อย 1-2 เดือนจึงตรวจนับจำนวนประชากรครั้งหลังเรียก final pupulation (Pf) แล้วนำมาเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วนของการเพิ่มประชากรว่าเป็นกี่เท่าของประชากรเริ่มแรก การหา Pf-Pi ratio นี้เรียกว่าเป็น Reproduction factor

(Rf) โดยถือว่าถ้าอัตราประชากร Pf–Pi ยิ่งมากกว่า 1 เท่าใด พืชนั้นยิ่งเป็นพืชอาศัยที่ดีของหนอนพยาธิตัวกลมนั้น เช่น Pi ของหนอนพยาธิตัวกลม *Tylenchorhynchus martini* เท่ากับ 200 ตัว ค่าของ Pf หลังจาก 2 เดือน มีค่า 2,400 ตัว ดังนั้น Pf : Pi = 2,400 : 200 หรือ 12:1 แสดงว่า Rf = 12 และพืชชนิดนี้เป็นพืชอาศัยที่ดีมากชนิดหนึ่งของหนอนพยาธิตัวกลมดังกล่าว ในทางตรงกันข้ามถ้า Pf : Pi = 60 :200 หรือ Pf = 0.3 แสดงว่าหนอนพยาธิตัวกลมชนิดนี้ไม่ชอบพืชอาศัยหรือไม่เข้าทำลายพืช จำนวนประชากรจึงลดลง วิธีการวัดนี้จะถูกต้องต่อเมื่อดินที่ใช้ inoculate Pi และ Pf เป็นดินมาจากสถานที่เดียวกันและปริมาตรเท่ากัน ในกรณีของหนอนพยาธิตัวกลมรากปมซึ่งเป็น endoparasite ที่สำคัญมากจำเป็นต้องนับตัวอ่อนตัวแก่ในดินและในรากพืชรวมทั้งไข่ด้วย นักวิชาการบางคนวัดความต้านทาน (resistance) ของพืชโดยดูจากค่าของ Rf นี้กล่าวคือถ้าค่า Rf ต่ำ แสดงว่าพืชต้านทาน ถ้าค่านี้สูงแสดงว่าพืชอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของหนอนพยาธิตัวกลมชนิดนี้มาก



ตารางที่ 10–2 ค่าแสดง threshold density ของหนอนพยาธิตัวกลมสกุลและชนิดต่าง ๆ ที่พบกับถั่วเหลืองในรัฐ North Carolina สหรัฐอเมริกา พร้อมทั้งคำแนะนำ (A ถึง E) ที่ควรปฏิบัติต่อพืชด้วยวิธีต่างกัน ทั้งหมดเป็นจำนวนประชากรที่พบต่อดิน 454 ซีซี (=1 ไปนท์) ตัวเลขที่มี ** แสดงว่าเป็นอันตรายต่อพืชมากจนผลผลิตเริ่มลดลงแล้ว