พยาธิปอดหนูและโฮสต์ตัวกลางในธรรมชาติ

The Rat Lungworm and Natural Intermediate Hosts

อับดุลฮากัม ดูมีแด* และอภิชาติ วิทย์ตะ

ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์

มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Abdulhakam Dumidae* and Apichat Vitta

Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science,

Naresuan University, Tha Pho, Muang, Phitsanulok 65000

บทคัดย่อ

พยาธิปอดหนู (*Angiostrongylus cantonensis*) ก่อให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ทั่วโลกมีการรายงานจำนวนผู้ติดเชื้อพยาธิปอดหนูมากกว่า 2,827 ราย ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมามีการแพร่ระบาดของพยาธิปอดหนูในจีนและสหรัฐอเมริกา คนติดเชื้อจากการรับประทานอาหารไม่สุกที่ปรุงจากหอยหรือทาก บางครั้งติดเชื้อจากการรับประทานพาราเทนิกโฮสต์และผักที่มีการปนเปื้อนระยะติดต่อ บทความนี้ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสัณฐานวิทยา วงจรชีวิต อาการของโรค ระบาดวิทยา การรักษา และพันธุศาสตร์พยาธิปอดหนู รวมถึงข้อมูลความสำคัญของโฮสต์ตัวกลาง เพื่อเป็นประโยชน์ในการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดพยาธิปอดหนู

คำสำคัญ : พยาธิปอดหนู; อาการสำคัญ; ระบาดวิทยา; โฮสต์ในธรรมชาติ

Abstract

Angiostrongylus cantonensis, a rat lungworm, is a nematode parasite causing human meningoencephalitis with global distribution. More than 2,827 cases of rat lungworm infected human have been reported worldwide. During the past few years, outbreaks of the rat lungworm have been reported in China and the USA. Human infection is acquired by ingestion of raw or undercooked snails or slugs and occasionally infected by ingestion of paratenic hosts and vegetables contaminated with infective larvae. More than 2,827 cases of human infected rat lungworm have been reported worldwide. During the past few years, several outbreaks of the rat lungworm have been reported in China and the USA. This review paper with data collection describes morphology, life cycle, clinical feature, epidemiology, treatment and genetics of the rat lungworm including important information of its intermediate host. This information is an advantage for prevention and control the prevalence of the rat lungworm.

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** atp1951@hotmail.com

doi: 10.14456/tstj.2018.26

Keywords: *Angiostrongylus cantonensis*; clinical significance; epidemiology; natural host

1. บทนำ

ปัจจุบันโรคที่เกิดจากการติดเชื้อปรสิตเป็นปัญหาที่สำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุขในหลาย ๆ ประเทศ พยาธิปอดหนู (*Angiostrongylus cantonensis*) เป็นพยาธิในสกุล *Angiostrongylus* [1] รายงานพบครั้งแรกในประเทศจีน [2] ปัจจุบันสามารถพบพยาธิปอดหนูได้ทั่วโลกโดยเฉพาะแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และหมู่เกาะแปซิฟิก วงจรชีวิตของพยาธิปอดหนูมีหอยเป็นโฮสต์ตัวกลางและหนูเป็นโฮสต์จำเพาะ [3] ตัวอ่อนพยาธิปอดหนูพบได้ในกลุ่มหอยที่เป็นโฮสต์ตัวกลางหลายชนิด สำหรับตัวเต็มวัยมักพบอยู่ที่เส้นเลือดแดงใหญ่ที่ไปเลี้ยงปอดของหนูที่เป็นโฮสต์จำเพาะ บางครั้งอาจพบอยู่ที่หัวใจซีกขวาของหนูได้เช่นกัน

คนเป็นโฮสต์โดยบังเอิญได้รับตัวอ่อนระยะติดต่อจากการกินโฮสต์ตัวกลางและพาราเทนิก หรือกินพืชผักที่มีการปนเปื้อนตัวอ่อนระยะติดต่อเข้าไป เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบ [3] มีรายงานผู้ติดเชื้อมากกว่า 30 ประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศ ไต้หวัน จีน และไทย นอกจากนี้ยังมีรายงานพบการติดเชื้อพยาธิปอดหนูในอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ ซึ่งพบในโฮสต์ธรรมชาติและคน [4-7] การแพร่ระบาดของพยาธิปอดหนูสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของโฮสต์ตัวกลางและโฮสต์จำเพาะ ซึ่งมีรายงานการแพร่กระจายของหอยและหนูมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนพยาธิปอดหนูในประเทศจีน [8,9] ญี่ปุ่น [10] และบราซิล [11] ดังนั้นจึงได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะทางชีววิทยาของพยาธิปอดหนูพร้อมทั้งโฮสต์ตัวกลางในธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ในการวางแผนเพื่อการป้องกันและควบคุมโรคพยาธิปอดหนู

2. *Angiostrongylus cantonensis*

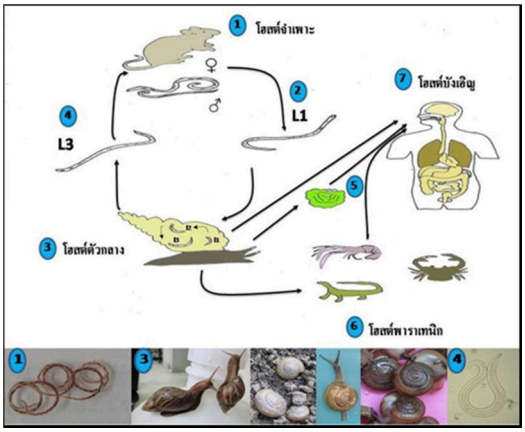
2.1 ประวัติการค้นพบ

พยาธิปอดหนูค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1935 จากเส้นเลือดปอดของหนูที่มณฑลกวางตุ้ง ประเทศจีน โดย Chen [2] ในปี ค.ศ. 1945 Nomura และ Lin ตรวจพบพยาธิในคนเป็นครั้งแรก โดยพบในผู้ป่วยชาวไต้หวันที่มีอาการเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ต่อมา Yokogawa ได้วินิจฉัยและจำแนกชนิดพยาธิเป็น *Haemostrongylus ratti* ในปี ค.ศ. 1946 Dougherty จัดพยาธิชนิดนี้อยู่ในสกุล *Angiostrongylus* และให้ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Angiostrongylus cantonensis* จากนั้นปี ค.ศ. 1955 Mackerras และ Sandars ศึกษาคุณลักษณะทางชีวิทยาของพยาธิปอดหนูในห้องปฏิบัติการ และ Rosen ระบุว่า *A. cantonensis* เป็นสาเหตุการเกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบในคน [12] ส่วนในประเทศไทยมีการรายงานพบพยาธิปอดหนูครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 และในปี ค.ศ. 1961 มีการตรวจพบพยาธิปอดหนูในผู้ป่วยเยื่อหุ้มสมองอักเสบที่มีประวัติการรับประทานหอยโข่งที่มีตัวอ่อนระยะติดต่อพยาธิปอดหนู [13]

2.2 สัณฐานวิทยา

พยาธิปอดหนูระยะตัวเต็มวัยแบ่งออกเป็นเพศผู้และเพศเมีย ส่วนระยะตัวอ่อนแบ่งออกเป็น 5 ระยะ ตัวเต็มวัยเพศผู้ลักษณะ ผอมบาง ขนาดยาว 18-25 มม. ช่องปากแคบ บริเวณปลายหางมี caudal bursa เป็นรูปไต และมีอวัยวะช่วยในการผสมพันธุ์ 1 คู่ มีลักษณะเรียว ยาว ส่วนตัวเต็มวัยเพศเมียมีลักษณะยาว 22-34 มม. ปลายหางทู่ ลักษณะเด่นที่มองเห็นได้ชัดคือ ลำไส้จะพันกับมดลูก ทำให้ลำตัวมีลายสีแดงสลับสีขาวคล้ายกับเครื่องหมายร้านตัดผม ส่วนตัวอ่อนระยะที่ 1 ขนาดยาว 0.26-0.31 มม. มีหลอดอาหาร

แบบ Rhabditiform ปลายหางแหลมและมีรอยหยักด้านหลัง ตัวอ่อนระยะที่ 2 ขนาดยาว 0.42-0.48 มม. คล้ายกับตัวอ่อนระยะที่ 1 แต่มีหลอดอาหารสั้นลงเหลือประมาณ 1/3 ของลำตัว ตัวอ่อนระยะที่ 3 ขนาดยาว 0.46-0.52 มม. ลำตัวป้อม ช่องปากสั้น มุมปากนูนหนาเหมือนลูกศรคู่ และปลายหางแหลมมีรอยหยัก ตัวอ่อนระยะที่ 4 ขนาดยาว 0.54-0.56 มม. ไม่มีแท่งไคตินในช่องปาก หลอดอาหารยาว และผิวลำตัวเรียบ และตัวอ่อนระยะที่ 5 เพศผู้มีขนาดยาว 1.7-1.8 มม. ส่วนเพศเมียยาว 2.5-2.7 มม. ผิวลำตัวทั้งเพศผู้และเพศเมียมีรอยขีดขวาง [12,14]



รูปที่ 1 วงจรชีวิตพยาธิปอดหนู

2.3 วงจรชีวิต

พยาธิตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียอาศัยอยู่ที่เส้นเลือดแดงในปอดหนู เพศผู้และเพศเมียผสมพันธุ์กันออกไข่ ต่อมาตัวอ่อนฟักออกจากไข่เป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 และปนออกมากับอุจจาระของหนู ตัวอ่อนระยะที่ 1 เข้าสู่หอยซึ่งเป็นโฮสต์ตัวกลาง โดยหอยกินอุจจาระของหนูหรือบางครั้งตัวอ่อนสามารถไชเข้าสู่หอย จากนั้นพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 และ 3 ที่เป็นระยะติดต่อ เมื่อหนูซึ่งเป็นโฮสต์จำเพาะกินหอยที่มีตัวอ่อนระยะติดต่อเข้าไป ในหนูตัวอ่อนเกิดการพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 4 และระยะที่ 5 (young adult) และเจริญเป็นตัวเต็มวัยภายในเส้นเลือดแดงบริเวณปอดของหนู [15] สำหรับโฮสต์พาราเทนิก (กบ คางคก ลูกอ๊อด กุ้งน้ำจืด ตะกวด) เมื่อกินหอยที่มีตัวอ่อนระยะติดต่อ ตัวอ่อนจะไม่พัฒนาและยังเป็นระยะที่ 3 ที่สามารถติดต่อไปสู่โฮสต์จำเพาะหรือโฮสต์บังเอิญ คนเป็นโฮสต์บังเอิญที่ติดเชื้อจากการรับประทานโฮสต์ตัวกลาง พืชผักสดที่มีการปนเปื้อนตัวอ่อนระยะติดต่อ หรือมีการรับประทานพาราเทนิกโฮสต์ [12] ดังแสดงรูปที่ 1

2.4 อาการของโรคและการตรวจวินิจฉัย

พยาธิปอดหนูทำให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ระยะฟักตัวของการแสดงอาการกินเวลาประมาณ 7-30 วัน หลังจากที่ได้รับระยะติดต่อ [16] อาการเริ่มแรกจะมี ไข้เป็น ๆ หาย ๆ ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะบริเวณหน้าผาก คอแข็ง บางรายมีอาการตาพร่ามัว เนื่องจากพยาธิมีการเดินทางเข้าตา นอกจากนี้ยังมีอาการเกร็งตามกล้ามเนื้อ สูญเสียการทรงตัว บางรายรุนแรงถึงเป็นอัมพาตและเสียชีวิตได้ อาการความรุนแรงของโรคมากน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนพยาธิที่ได้รับเข้าไปและการตอบสนองของร่างกายต่อพยาธิ [17] การตรวจวินิจฉัยที่แน่นอน (definitive diagnosis) ของโรคพยาธิปอดหนูในคน คือ การตรวจพบพยาธิที่ตา แต่สามารถทำได้น้อยราย วิธีการตรวจวินิจฉัยที่สามารถทำได้ คือ การซักประวัติ การตรวจทางห้องปฏิบัติการ หรือการตรวจทางภูมิคุ้มกันวิทยา [18]

2.5 ระบาดวิทยาโรคพยาธิปอดหนูในคน

การระบาดของโรคพยาธิปอดหนูมีความสัมพันธ์กับปรสิต โฮสต์ และสิ่งแวดล้อม การติดพยาธิปอดหนูทั้งในคนและสัตว์ที่เป็นโฮสต์จำเพาะและโฮสต์ตัวกลางส่วนใหญ่พบในเขตร้อนอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 23 องศาเหนือและเส้นละติจูดที่ 23 องศาใต้ [12]

เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้มีลักษณะร้อนชื้นและฝนตกชุก ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการแพร่พันธุ์ของหนูหอย และโฮสต์พาราเทนิก จึงทำให้พยาธิปอดหนูยังคงมีการระบาดและกระจายของโรคไปสู่คนได้อย่างต่อเนื่อง โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบจากพยาธิปอดหนูพบการแพร่ระบาดทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งแถบเอเชียและหมู่เกาะแปซิฟิก พบรายงานผู้ป่วยจากทั่วโลกมากกว่า 2,800 ราย โดยผู้ป่วยในประเทศไทยมากที่สุดถึง 1,337 ราย ส่วนประเทศอื่น ๆ อาทิ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน 769 ราย ตาฮีตี 256 ราย สหรัฐอเมริกา 116 ราย สาธารณรัฐคิวบา 114 ราย และประเทศอื่น ๆ ที่มีผู้ป่วยน้อยกว่า 100 ราย เช่น ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย อินเดีย เวียดนาม มาเลเซีย กัมพูชา [19-24]

2.6 ระบาดวิทยาพยาธิปอดหนูในโฮสต์ที่เป็นสัตว์

พยาธิปอดหนูพบในโฮสต์จำเพาะและโฮสต์ตัวกลางในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลก ในประเทศไทย ปี ค.ศ. 1965 Harinasuta และคณะ [25] รายงานอุบัติการณ์พยาธิปอดหนู *A. cantonensis* ในโฮสต์ตัวกลางในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบความชุกของพยาธิปอดหนูในหอย *Achatina fulica*, *Pila gracilis*, *P. turbinnis* และ *P. polita* อัตราร้อยละ 90.5, 21.7, 20 และ 0.5 ตามลำดับ

ในปี 1968 Setasubun และคณะ [26] ศึกษาการติดเชื้อ *A. cantonensis* ในหนูและโฮสต์ตัวกลางจากพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย พบการติดเชื้อในหนู *Bandicota indica*, *B. bengalensis*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus* และ *R. berdmorei* อัตราร้อยละ 8.58, 3.87, 1.43, 2.03 และ 2.32 ตามลำดับ ส่วนโฮสต์ตัวกลางหอยชนิด *A. fulica*, *Pila turbinnis*, *P. gracilis*, *P. angelica*, *P. polita*, *P. scutata* และ *Sinotaia martensiana* มีอัตราการติดเชื้อร้อยละ 94.4, 5.71, 4.13, 1.1, 2.29, 1.99 และ 1.51 ตามลำดับ ในปี ค.ศ. 2011 Vitta และคณะ [27] รายงานความชุกของพยาธิชนิดนี้ในโฮสต์จำเพาะและโฮสต์ตัวกลางในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกภาคเหนือของประเทศไทย พบอุบัติการณ์การติดเชื้อในหอย *A. fulica* และหนู *Rattus rattus* อัตราร้อยละ 12.4 และ 16 ตามลำดับ

ขณะที่การศึกษาในพื้นที่เกาะฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกาโดย Qvarnstrom และคณะ [28] ในปี ค.ศ. 2013 พบพยาธิ *A. cantonensis* ในหนูและโฮสต์ตัวกลางในหนู *Rattus norvegicus* อัตราร้อยละ 100 ส่วนในโฮสต์ตัวกลางพบการติดเชื้อใน *A. fulica* และ *Laevicaulis alte* อัตราร้อยละ 87.5 และ 80 ตามลำดับ นอกจากนี้ในเกาะฮาวายยังพบว่าหนอนตัวแบน (พลานาเรีย) เป็นพาราเทนิกโฮสต์ของพยาธิ *A. cantonensis* โดยมีอัตราการติดเชื้อร้อยละ 66.7

2.7 การรักษา

ปัจจุบันยังไม่มียาที่มีความจำเพาะในการรักษาโรคที่เกิดจากพยาธิปอดหนู [29] สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการไม่รุนแรง เช่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน การให้ยาแก้ปวดก็สามารถที่จะระงับอาการของโรคได้ [12] ส่วนในผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงหรือมีภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบรักษาด้วยยา prednisolone [30]

2.8 พันธุศาสตร์พยาธิปอดหนู

พยาธิปอดหนูประกอบด้วยเพศผู้และเพศเมียที่มีความแตกต่างกันทางด้านพันธุศาสตร์ โดยเพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างกันของยีนบนโครโมโซมเพศ โดยพยาธิปอดหนูเพศเมียมีรูปแบบโครโมโซมแบบ XX จำนวน 12 โครโมโซม ส่วนพยาธิปอดหนูเพศผู้มีรูปแบบโครโมโซมแบบ XO จำนวน 11 โครโมโซม [14] มีการศึกษาเกี่ยวกับยีนของพยาธิปอดหนู เช่น cytochrome c oxidase subunit I (*COI*), 66 kDa protein gene, internal transcribed spacer และ

small-subunit ribosomal RNA (SSU rRNA)

2.8.1 Cytochrome c oxidase subunit I (*COI*) เป็นยีนนำมาใช้แยกความแตกต่างลักษณะทางพันธุกรรมของสายพันธุ์พยาธิปอดหนูที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น *A. cantonensis* และ *A. malaysiensis* นอกจากนี้นำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพยาธิปอดหนู *A. cantonensis*, *A. costaricensis*, *A. malaysiensis* และ *A. vosorum* [31] ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพยาธิปอดหนู *A. cantonensis* ใน 18 พื้นที่ จากประเทศญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน และไทย พบว่ามีรูปแบบทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน 8 รูปแบบ โดยใน 16 พื้นที่จาก 18 พื้นที่พบรูปแบบพันธุกรรมเพียงรูปแบบเดียว อย่างไรก็ตามมี 2 พื้นที่ที่มีรูปแบบพันธุกรรม 2 รูปแบบ อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแปรผันทางพันธุกรรมในแต่ละพื้นที่เกิดจากการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์ของพยาธิปอดหนูที่มีแหล่งที่มาพื้นที่เดียวกัน โดยที่ยีน *COI* จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมของพยาธิปอดหนูแต่ละชนิด [32]

2.8.2 Partial 66 kDa protein gene เป็นลำดับยีนที่ไม่สามารถบ่งชี้ถึงความแตกต่างของพยาธิปอดหนู *A. cantonensis* ในประเทศประเทศจีน ญี่ปุ่น และเกาะฮาวายได้อย่างชัดเจน แต่สามารถที่บ่งชี้ถึงความหลากหลายของรูปแบบทางพันธุกรรมของพยาธิปอดหนูสายพันธุ์เดียวกันและต่างสายพันธุ์กัน เมื่อทำการศึกษาลำดับเบสของยีน 66 kDa pretein gene พบว่า genomic DNA ของพยาธิปอดหนู *A. cantonensis*, *A. costaricensis* และ *A. malaysiensis* โดยที่ยีน 66 kDa มีค่าระยะห่างทางพันธุกรรม P = 1.70-4.08 % ระหว่าง *A. cantonensis* และ *A. malaysiensis*, P = 3.77-5.77 % ระหว่าง *A. cantonensis* และ *A. costaricensis* และ P = 5.10 ระหว่าง *A. malaysiensis* และ *A. costaricensis* ลำดับ partial DNA บ่งชี้ว่าพยาธิปอดหนู *A. cantonensis* มีความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกับ *A. malaysiensis* มากกว่า *A. costaricensis* [33]

2.8.3 Internal transcribed spacer โดยลำดับนิวคลีโอไทด์ในไรโบโซมอลดีเอ็นเอบริเวณ internal transcribed spacer (ITS-1) ของ *A. cantonensis* ในประเทศจีน สหรัฐอเมริกา และบราซิล มีความแปรผันทางพันธุกรรมภายในสายพันธุ์เดียวกันเท่ากับ 0.1-1.0 % ส่วนความแปรผันทางพันธุกรรมของ ITS-2 เท่ากับ 0.0-1.3 ของ *A. cantonensis* ในพื้นที่ประเทศจีนและฟิลิปปินส์ โดยที่ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS-2 สำหรับ rDNA สามารถบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพยาธิปอดหนูชนิด *A. cantonensis*, *A. costaricensis*, *A. vasorum* และ *A. dujardini* [34]

2.8.4 Small-subunit ribosomal RNA (SSU rRNA) gene เป็นยีนที่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ G1 และ G2 ในการศึกษาพยาธิปอดหนูโดยใช้ยีน SSU rRNA สามารถตรวจพบ *A. cantonensis* ทั้งหมด 17 รูปแบบพันธุกรรม จาก 17 พื้นที่ในประเทศญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน และไทย โดยการวิเคราะห์ลำดับ SSU rRNA ของสายพันธุ์ *Angiostrongylus* ใน GeneBank พบว่าพยาธิปอดหนูชนิด *A. cantonensis* และ *A. malaysiensis* มีความแตกต่างกับพยาธิปอดหนูชนิด *A. costaricensis*, *A. dujardini* และ *A. vasorum* [32]

3. โฮสต์ตัวกลางในธรรมชาติ

พยาธิปอดหนูมีโฮสต์ตัวกลางในธรรมชาติเป็นหอยชนิดต่าง ๆ ทั้งหอยน้ำจืด หอยบก และทาก [14] ในหลาย ๆ ประเทศอาจพบหอยที่เป็นโฮสต์ตัวกลางหลากหลายชนิด เช่น หอยทากยักษ์แอฟริกา

(*Achatina fulica*) ถือว่าเป็นโฮสต์ตัวกลางที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการระบาดพยาธิปอดหนูทั่วโลก โดยเฉพาะในทวีปแอฟริกา หมู่เกาะแปซิฟิก และเอเชียใต้ [18] หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) เป็นอีกโฮสต์ตัวกลางหนึ่งที่สำคัญมีผลต่อการแพร่ระบาดพยาธิปอดหนูในทวีปเอเชีย อัตราการติดเชื้อของพยาธิปอดหนูในหอยเชอรี่ในประเทศไต้หวันมีอัตรา 21 % จีน 42-69 % และเกาะโอกินาว่าประเทศญี่ปุ่น 10-39 % ในประเทศไทยพบว่ามีการนำหอยโข่งมาปรุงเป็นอาหารท้องถิ่นจึงทำให้เกิดการติดเชื้อพยาธิปอดหนู อย่างไรก็ตามหอยโข่งถือเป็นโฮสต์ตัวกลางที่ไม่เอื้อต่อการอาศัยของตัวอ่อนพยาธิปอดหนูและปริมาณหอยโข่งที่ติดเชื้อพยาธิปอดหนูมีอัตราที่ต่ำ [35] ดังนั้นอัตราการแพร่ระบาดพยาธิปอดหนูจากการกินหอยโข่งมีอัตราที่น้อยกว่าอัตราการติดเชื้อจากการกินหอยเชอรี่ และล่าสุดในปี ค.ศ. 2016 มีรายงานหอยทากสยาม (*Cryptozona siamensis*) เป็นโฮสต์ตัวกลางของพยาธิปอดหนูได้ทั้ง 2 ชนิด คือ *A. cantonensis* และ *A. malaysiensis* [36,37]

3.1 *Achatina fulica*

ลักษณะสำคัญ หอยทากยักษ์แอฟริกา จัดอยู่ในตระกูล Achatinidae [38] มีลักษณะสำคัญ คือ เปลือกหนาเป็นรูปกรวยยาว ส่วนยอดแหลม ผิวเปลือกเรียบ มีลายสีน้ำตาลอ่อนจนถึงเข้ม เปลือกวงสุดท้ายมีขนาดใหญ่และไม่มีฝาปิด [39]

ถิ่นที่อยู่อาศัยและการผสมพันธุ์ หอยทากยักษ์แอฟริกาอาศัยอยู่ในทางตะวันออกของทวีปแอฟริกา ในประเทศไทยสามารถพบได้ในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง มีต้นไม้ปกคลุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไร่หรือสวน มีการกินยอดใบไม้หรือใบไม้เน่าเปื่อยเป็นอาหาร ดังนั้นจึงถือว่าเป็นศัตรูพืชที่สำคัญทางการเกษตร หอยทากยักษ์แอฟริกาเป็นสัตว์ที่มีสองเพศในตัวเดียวกัน ฉะนั้นจึงสามารถวางไข่ได้ทุกตัว ซึ่งการผสมพันธุ์ไม่สามารถผสมพันธุ์กันภายในตัว ต้องมีการจับคู่กับหอยอีกตัวเพื่อแลกเปลี่ยนสเปิร์มให้กันและกัน ไข่หอยทากยักษ์มีลักษณะกลมคล้ายเม็ดสาคู สีเหลืองอ่อน การวางไข่ของหอยทากยักษ์จะวางไข่ตามพื้นดินที่มีความชื้นสูงหรือใต้รากไม้ [39]

ความสำคัญของหอยทากยักษ์ พบว่าเป็นโฮสต์ตัวกลางที่ทำให้เกิดการแพร่ระบาดพยาธิปอดหนู [12] มีการนำมาปรุงเป็นอาหาร ทำอาหารสัตว์ หรือในบางครั้งนำมาใช้เป็นปุ๋ยหมักอินทรีย์สำหรับการปลูกพืชผักต่าง ๆ

ในปี ค.ศ. 2014 Fontanella และคณะ [40] รายงานการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมหอยทากยักษ์แอฟริกาชนิด *A. fulica* ในพื้นที่แอฟริกาตะวันออกและแถบหมู่เกาะมหาสมุทรอินเดีย มีการเก็บตัวอย่าง 560 ตัวอย่าง ใน 26 ประเทศ จำนวน 39 พื้นที่ การศึกษาใช้เทคนิค polymerase chain reaction (PCR) เพิ่มปริมาณยีน *16S rRNA* ในไมโทคอนเดรีย จากการศึกษาพบรูปแบบพันธุกรรม *A. fulica* จำนวน 21 รูปแบบ แอฟริกาตะวันออกพบรูปแบบพันธุกรรมชนิด K มากที่สุดที่ 30 % ความหลากหลายทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.979 และความหลากหลายลำดับนิวคลีโอไทด์เท่ากับ 0.012 แถบหมู่เกาะมหาสมุทรอินเดียพบรูปแบบพันธุกรรมชนิด D มากที่สุดที่ 80 % ค่าความหลากหลายทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.535 และความหลากหลายลำดับนิวคลีโอ-ไทด์เท่ากับ 0.002 ความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งพื้นที่แอฟริกาตะวันออกและแถบหมู่เกาะมหาสมุทรอินเดียเท่ากับ 0.445 และค่าความหลากหลายลำดับนิวคลีโอไทด์เท่ากับ 0.003 ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลในการศึกษาทำความเข้าใจเพิ่มเติมเกี่ยวกับการกระจายตัวของหอยทากยักษ์แอฟริกาในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลก

3.2 *Cryptozona siamensis*

ลักษณะสำคัญ หอยทากสยามนั้นจัดอยู่ใน

ตระกูล Ariophantidae [38] เป็นหอยที่มีลำตัวสีเทาดำ เปลือกทรงโดมเตี้ย ๆ จนถึงค่อนข้างแบน มีวงเปลือก 8-12 ชั้น และเปลือกค่อนข้างที่จะบาง ปากเปลือกเป็นรูปรี เปลือกมีสีน้ำตาล และผิวเปลือกด้านล่างเป็นสีขาวนวลต่างจากด้านบนที่เป็นสีน้ำตาลเข้ม [39]

ถิ่นที่อยู่อาศัยและการผสมพันธุ์ พบได้ทั่วไปในประเทศไทยโดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความชื้นสูง อาศัยอยู่ตามพื้นดิน ซ่อนตัวตามซากพืชเน่าเปื่อย มีการกินซากใบไม้หรือยอดไม้เป็นอาหาร [39] หอยทากสยามเป็นหอยที่มีสองเพศในตัวเดียวกัน ดังนั้นสามารถวางไข่ได้ทุกตัว การผสมพันธุ์มักมีการผสมพันธุ์ข้ามตัว มีการจับคู่กับหอยอีกตัวเพื่อแลกเปลี่ยนสเปิร์มให้กันและกัน มีการวางไข่เป็นกลุ่ม ๆ บริเวณใต้ผิวดินหรือใต้ใบไม้ ไข่มีลักษณะกลม สีขาวขุ่นและหัวท้ายบุ๋ม [41]

ความสำคัญของหอยทากสยาม พบว่าเป็นโฮสต์ตัวกลางทำให้เกิดการแพร่ระบาดพยาธิปอดหนู เนื่องจากเป็นแหล่งเจริญของตัวอ่อนระยะที่ 3 ที่เป็นระยะติดต่อ [12] เป็นศัตรูพืชทางการเกษตรและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ โดยเป็นอาหารของสัตว์หลากหลายชนิด

ในปี ค.ศ. 2014 Abu-Bakar และคณะ [42] รายงานการศึกษาความหลากหลายหอยทากบกในเกาะลังกาวีทางภาคเหนือประเทศมาเลเซีย โดยทำการศึกษาหอยตระกูล Ariophantidae ชนิด *Cryptozona siamensis*, *Sarika resplen*, และ *Sarika* sp. ตระกูล Dyakiidae ชนิด *Quantula striata* และ *Quantula* sp. มีการศึกษาสัณฐานวิทยาและพันธุศาสตร์โดยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) เพิ่มปริมาณยีน *16S rRNA* ใน mtDNA ผลพบว่าในตระกูล Ariophantidae มีค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างภายในหอยชนิดเดียวกันและต่างชนิดกันเท่ากับ 0-0.6 % และ 10.1-12.1 % ตามลำดับ ส่วนตระกูล Dyakiidae มีค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างภายในหอยชนิดเดียวกันและต่างชนิดกันเท่ากับร้อยละ 0 และ 0.1 ตามลำดับ

3.3 *Pila* sp.

ลักษณะสำคัญ หอยโข่งจัดอยู่ในตระกูล Ampullariidae [43] มีขนาดใหญ่ เปลือกมีลักษณะกลมป้อม ขนาดใหญ่ มีฝาปิดที่แข็ง และผิวเปลือกเรียบเป็นมันวาว [44]

ถิ่นที่อยู่อาศัย พบได้ทั่วไปในประเทศไทยโดยพบตามแหล่งน้ำตื้น ๆ เช่น ลำคลอง ลำธาร และนาข้าว มีการกินพืชน้ำเป็นอาหาร [45]

ความสำคัญ นิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร และพบว่ามีหอยโข่ง 2 ชนิด ที่มีความสำคัญทางการแพทย์ คือ *P. ampullacea* และ *P. polita* ซึ่งเป็นโฮสต์ตัวกลางพยาธิปอดหนู [12] และพยาธิใบไม้ลำไส้ชนิด *Echinostoma ilocanum* [46]

ในปี ค.ศ. 2004 Thaewnon-ngiw และคณะ [47] รายงานการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมหอยเชอรี่ชนิด *Pomacea canaliculata* และหอยโข่งชนิด *Pila ampulacea*, *P. angelica*, *P. pesmei* และ *P. polita* ใช้เทคนิค PCR-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) วิเคราะห์ความแตกต่างดีเอ็นเอในยีน cytochrome c oxidase I (*COI*) ใน mtDNA ใช้ไพรเมอร์ LCO1490: 5′-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3′ และ HCO2198: 5′-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3′ และเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Dde* I, *Taq* I และ *Ssp* I พบความหลากหลายของรูปแบบพันธุกรรม 21 รูปแบบ นอกจากนี้พบว่าหอยโข่งชนิด *P. angelica* และ *P. pesmei* มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ใกล้เคียงกัน

3.4 *Pomacea* sp.

ลักษณะสำคัญ หอยเชอรี่จัดให้อยู่ในตระกูล

Ampullariidae [43] มีรูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดใหญ่ ฝาปิดลักษณะแข็งสีน้ำตาลเข้ม ผิวเปลือกเรียบและสีเขียวปนน้ำตาล [44]

ถิ่นที่อยู่อาศัยและการผสมพันธุ์ พบได้ทั่วไปในประเทศไทยตามแหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ลำธาร เป็นต้น มีการกินยอดอ่อนพืชน้ำ ซากพืชและซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยเป็นอาหาร [45] หอยเชอรี่จัดว่าเป็นหอยที่แยกเพศผู้และเพศเมีย ดังนั้นการผสมพันธุ์เป็นลักษณะการจับคู่ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย ตัวเมียมีการวางไข่ตามพื้นที่เหนือน้ำ เช่น ตามต้นข้าวในนา โคนต้นไม้ริมน้ำและต้นหญ้าริมน้ำ ไข่หอยเชอรี่มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน สีชมพูจางเกือบเป็นสีขาว [48]

ความสำคัญ เป็นโฮสต์ตัวกลางพยาธิปอดหนู [45] นำมาใช้ปรุงเป็นอาหาร บางครั้งมีการนำมาเป็นอาหารสัตว์เลี้ยง ได้แก่ ไก่ เป็ด หมู เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 2016 Yang และคณะ [49] รายงานการศึกษาข้อมูลทางพันธุศาสตร์หอยเชอรี่ชนิด *Pomacea maculata* Perry, 1810 พบว่ามีลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีโนมไมโทคอนเดรียยาว 15,516 คู่เบส ประกอบด้วย 37 ยีน ทำหน้าที่สร้าง ribosomal RNAs 2 ชนิด transfer RNAs 22 ชนิด และ โปรตีน 13 ชนิด โดยตำแหน่ง non-coding region ประกอบด้วยหน่วยซ้ำกัน 16 คู่เบส ยีนในไมโทคอนเดรีย *P. maculate* กระจายอยู่ในสาย H (H-strand) และมียีน tRNA 8 ยีน ที่ถอดรหัสมาจากสายแอล (L-strand) เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการพบว่าหอยเชอรี่ชนิด *P. maculate* มีความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกับหอยเชอรี่ชนิด *Pomacea canaliculata* Lamark, 1822.

4. สรุป

พยาธิปอดหนูเป็นพยาธิตัวกลมในเนื้อเยื่อที่มีการค้นพบครั้งแรกในประเทศจีน พยาธิปอดหนูมีตัวเต็มวัยที่แบ่งออกเป็น 2 เพศ ได้แก่ เพศผู้และเพศเมีย เพศผู้มีรูปแบบโครโมโซมแบบ XO และเพศเมียมีโครโมโซมแบบ XX นอกจากนี้ยังมีระยะตัวอ่อน 5 ระยะด้วยกัน สำหรับวงจรชีวิตพยาธิปอดหนูมีหนูเป็นโฮสต์จำเพาะในธรรมชาติและหอยชนิดต่าง ๆ ทั้งหอยน้ำจืด หอยบก และทาก เป็นโฮสต์ตัวกลางในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีโฮสต์พาราเทนิกในธรรมชาติหลากหลายชนิด เช่น คางคก ลูกอ๊อด กบ ปลาน้ำจืด ตะกวด ฯลฯ ซึ่งระยะติดต่อพยาธิปอดหนูมีตัวอ่อนระยะที่ 3 เป็นระยะติดต่อพบได้ในโฮสต์ตัวกลางและพาราเทนิกโฮสต์ การติดต่อสู่คนส่วนใหญ่เกิดจากการรับประทานโฮสต์ตัวกลางและพาราเทนิกโฮสต์แบบสุก ๆ ดิบ ๆ บางครั้งได้รับระยะติดต่อผ่านการรับประทานพืชผักหรือดื่มน้ำที่ปนเปื้อนตัวอ่อนระยะติดต่อก็สามารถทำให้ติดพยาธิปอดหนูได้ การแพร่ระบาดของพยาธิปอดหนูมีความสัมพันธ์กับปรสิต โฮสต์ และสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่การแพร่ระบาดมักพบในแถบเอเชียและแอฟริกา เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้มีลักษณะอากาศร้อนชื้นและฝนตกชุก ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการแพร่พันธุ์ของหนูและหอย หอยชนิดสำคัญที่ทำให้เกิดการแพร่ระบาดของพยาธิปอดหนูทั่วโลก ได้แก่ หอยทากยักษ์แอฟริกา หอยเชอรี่ และหอยโข่ง สำหรับผู้ที่ติดเชื้อพยาธิปอดหนูจะทำให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ในผู้ป่วยที่มีอาการไม่รุนแรงการให้ยาแก้ปวดถือว่าเพียงพอที่จะระงับอาการของผู้ป่วย อย่างไรก็ตามปัจจุบันประเทศไทยยังมีการแพร่ระบาดของพยาธิปอดหนูในหลายพื้นที่ ฉะนั้นข้อมูลพยาธิปอดหนูและโฮสต์ตัวกลางในธรรมชาติเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการควบคุมและป้องกันการแพร่ระบาดพยาธิปอดหนูในพื้นที่ต่าง ๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณาจารย์ และนิสิตบัณฑิตศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยให้คำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องในการเขียนบทความวิชาการครั้งนี้ จนกระทั่งบทความวิชาการเรื่องพยาธิปอดหนูและโฮสต์ตัวกลางในธรรมชาติได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. รายการอ้างอิง

[1] Wang, Q.P., Lai, D.H., Zhu, X.Q., Chen, X.G. and Lun, Z.R., 2008, Human angiostrongyliasisม Lancet. Infect. Dis. 8: 621-630.

[2] Chen, H.T., 1935, Un nouveau nematode pulmonaire, *Pulmonema cantonensis* n.g., n. sp. Des rats de Canton, Ann. Parasitol. Hum. Comp. 13: 312-317.

[3] Gerald, S.M. and Stuart, J., 2013, Clinical aspects of eosinophilic meningitis and meningoencephalitis caused by *Angiostrongylus cantonensis*, the rat lungworm, Hawaii J. Med. Public Health 72: 35-40.

[4] Espírito-Santo, M.C., Pinto, P.L., Mota, D.J. and Gryschek, R.C., 2013, The first case of *Angiostrongylus cantonensis* eosinophilic meningitis diagnosed in the city of São Paulo, Brazil. Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo. 55: 129-132.

[5] Júnior, A.M., Simões, R.O., Oliveira, A. P.M., Motta, E.M., Fernandez, M.A., Pereira, Z.M., Monteiro, S.S., Torres, E.J.L. and Thiengo, S.C., 2010, First report of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Metastrongylidae) in *Achatina fulica* (Mollusca: Gastropoda) from Southeast and South Brazil, Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 105: 717-734.

[6] Teem, J.L., Qvarnstrom, T., Bishop, H.S., Silva, A.J.D., Carter, J., Mclean, J.W. and Smith, T., 2013, The occurrence of the rat lungworm, *Angiostrongylus cantonensis*, in nonindigenous snails in the Gulf of Mexico region of the United States, Hawaii J. Med. Public Health. 72: 11-14.

[7] Thiengo, S.C., Maldonado, A., Mota, E.M., Torres, E.J., Caldeira, R., Carvalho, O.S., Oliveira, A.P., Simões, R.O., Fernandez, M.A. and Lanfredi, R.M., 2010, The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angiostrongylus cantonensis* in Pernambuco, Northeast Brazil, Acta. Trop. 115: 194-199.

[8] LV, S., Steinman, P., Yang, G.J., Yang, K., Zhou, X.N. and Utzinger, J., 2011, The emergence of angiostrongyliasis in the People's Republic of China: the interplay between invasive snails, climate change and transmission dynamics, Freshwater Biol. 56: 717-734.

[9] Yang, T.B., Wu, Z.D. and Lun, Z.R., 2013, The apple snail *Pomacea canaliculata*, a novel vector of the rat lungworm, *Angiostrongylus cantonensis*: its introduct, spread, and control in China,

Hawaii. J. Med. Public. Health. 72: 23-25.

[10] Tokiwa, T., Hashimoto, T., Yabe, T., Komatsu, N. and Ohta, N., 2013, First report of *Angiostrongylus cantonensis* (Nematoda: Angiostrongylidae) Infections in invasive rodents from five islands of the Ogasawara Archipelago, PLoS ONE 8: 1-5.

[11] Graeff-Teixeira, C., 2007, Expansion of *Achatina fulica* in Brazil and potential increased risk for angiostrongyliasis, Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 114: 123-7.

[12] ประยงค์ ระดมยศ, 2539, ตำราปรสิตวิทยาทางการแพทย์, เมดิคัลมีเดีย, กรุงเทพฯ, 163-172 น.

[13] Eamsobhana, P., 2013, Angiostrongyliasis in Thailand: Epidemiology and laboratory Investigations, Hawaii J. Med. Public Health 72: 28-32.

[14] Eamsobhana, P., 2014, The Rat Lungworm *Angiostrongylus cantonensis*, 2nd Ed., Department of Parasitology Faculty of Medicine Siriraj Hospital Mahidol University, Bangkok.

[15] Robert, H.C., 2013, Biology, systematics, life cycle, and distribution of *Angiostrongylus cantonensis*, the cause of rat lungworm disease, Hawaii J. Med. Public Health 72: 6-9.

[16] Trevor, J.S., Margeret, M.C., Susan, I.G., Roderick, C.J., Timothy, H.H., Adriana, S.L., Carlos, H.Z., Robert, L.S., Yuwaporn, S., Wanpen, C., Barbara, L.H. and Stuart, J., 2002, An outbreak of eosinophilic meningitis caused by *Angiostrongylus cantonensis* in travelers returning from the Caribbean, N. Engl. J. Med. 364: 668-675.

[17] Ramirez-Avila, L., Sally, S., Frederick, L.S., Shilpa, G., Peter, M.S., James, S. and Carol, A.G., 2009, Eosinophilic meningitis due to *Angiostrongylus* and *Gnathostoma* species, Clin. Infect. Dis. 48: 322-327.

[18] Vitta, A., 2012, Diagnosis of human angiostrongyliasis, Asian Biomed. 6: 141-150.

[19] Kliks, M.M. and Palumbo, N.E., 1992, Eosinophilic meningitis beyond the Pacific basin: the global dispersal of a peridomestic zoonosis caused by *Angiostrongylus cantonensis*, the nematode lungworm of rats, Soc. Sci. Med. 34: 199-212.

[19] Chotmongkol, V. and Sawanyawisuth, K., 2002, Clinical manifestations and outcome of patients with severe eosinophilic meningoencephalitis presumeably caused by *Angiostrongylus cantonensis*, Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health 33: 231-234.

[20] Yii, C.Y., 1976, Clinical observations on eosinophilic meningitis and meningoencephalitis caused by *Angiostrongylus cantonensis* on Taiwan, Am. J. Trop. Med. Hyg. 25: 233-249.

[21] Bronstein, J.A., Thevenot, J. and Tourneux, M., 1978, Eosinophilic

meningitis in Tahiti: Clinical study of 54 patients, N. Z. Med J. 88: 491-493.

[22] Kuberski, T. and Wallace, G.D., 1979, Clinical manifestations of eosinophilic meningitis due to *Angiostrongylus cantonensis*, Neurology 29: 1566-1570.

[23] Jin, E., Ma, D., Liang, Y., Ji, A. and Gan, S., 2005, MRI findings of eosinophilic myelomeningoencephalitis due to *Angiostrongylus cantonensis*, Clin Radiol. 60: 242-250.

[24] Chye, S.M., Lin, S.R, Chen, Y.L., Chung, L.Y. and Yen, C.M., 2004, Immuno-PCR for detection of antigen to *Angiostrongylus cantonensis* circulating fifth-stage worms, Clin Chem. 50: 51-57.

[25] Harinasuta, C., Setasuban, P. and Radomyos, P., 1965, Observations on *Angiostrongylus cantonensis* in rats and mollusks in Thailand, J. Med. Assoc. Thai 48: 158-172.

[26] Setasuban, P., Vairasthira, S. and Harinasuta, C., 1968, The preliminary observation on natural infection of rat lungworm (*Angiostrongylus cantonensis*) in rodents and intermediate host in Thailand, J. Med. Assoc. Thai 51: 156-157.

[27] Vitta, A., Polseela, R., Nateeworanart, S. and Tattiyapong, M., 2011, Survey of *Angiostrongylus cantonensis* in rats and giant African land snails in Phitsanulok province, Thailand, Asian Pacific J. Trop. Med. 4: 597-599.

[28] Qvarnstrom, Y., Bishop, H.S. and da Silva, A.J., 2013, Detection of rat lungworm in intermediate, definitive, and paratenic hosts obtained from environmental sources, Hawaii J. Med. Public Health 72: 63-69.

[29] Chotmongkol, V., Sawadpanitch, K., Sawanyawisuth, K., Louhawilai, S. and Limpawattana, P., 2006, Treatment of eosinophilic meningitis with a combination of prednisolone and mebendazole, Am. J. Trop. Med. Hyg. 74: 1122-1124.

[30] Chotmongkol, V., Kittimongkolma, S., Niwattayakul, K., Intapan, P.M. and Thavornpitaka, Y., 2009, Comparison of prednisolone plus albendazole with prednisolone alone for treatment of patients with eosinophilic meningitis, Am. J. Trop. Med. Hyg. 81: 443-445.

[31] Eamsobhana, P., Lim, P.E., Solano, G., Zhang, H., Gan, X. and Yong, H.S., 2010, Molecular differentiation of *Angiostrongylus taxa* (Nematoda: Angiostrongylidae) by cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene sequences, Acta. Trop. 116: 152-156.

[32] Tokiwa, T., Harunari, T., Tanikawa, T., Noriyuki, K., Nobuo, K., Kwong-Chung, T., Jun, S., Teruk, K., Nobuhiro, T., Takashi, K. and Nobuaki, A., 2012, Phylogenetic relationships of rat lungworm, *Angiostrongylus cantonensis*, isolated

from different geographical regions revealed widespread multiple lineages, Parasitol. Int. 61: 431-436.

[33] Eamsobhana, P., Lim, P.E., Zhang, H., Gan, X. and Yong, H.S., 2010, Molecular differentiation and phylogenetic relationships of three *Angiostrongylus* species and *A. cantonensis* geographical isolates based on a 66-kDa protein gene of *A. cantonensis* (Nematoda: Angiostrongylidae), Exp. Parasitol. 126: 564-569.

[34] Liu, C.Y., Zhang, R.L., Chen. M.X., Li, J., Ai, L., Wu, C.Y., Zhu, X.Q. and Lin, R.Q., 2011, Characterisation of *Angiostrongylus cantonensis* isolates from China by sequences of internal transcribed spacers of nuclear ribosomal DNA, J. Anim. Vet. Adv. 10: 593-596.

[35] Cross, J.H. and Chen, E.R., 2007, Angiostrongyliasis, pp. 263-290, In Murrell, K.D. and Fried, B., Food-Borne Parasitic Zoonoses, Springer, New York.

[36] Rodpai, R., Intapan, P.M., Thanchomnang, T., Sanpool, O., Sadaow, L., Laymanivong, S., Aung, W.P., Phosuk, I., Laummaunwai, P. and Maleewong, W., 2016, *Angiostrongylus cantonensis* and *A. malaysiensis* broadly overlap in Thailand, Lao PDR, Cambodia and Myanmar: A molecular survey of larvae in land snails, PLoS ONE 11: 1-12.

[37] Vitta, A., Polsut, W., Fukruksa, C., Thanwisai, A. and Dekumyoy, P., 2016, Levels of infection with the lungworm *Angiostrongylus cantonensis* in terrestrial snails from Thailand, with *Cryptozona siamensis* as a new intermediate host, J. Heiminthol. 90: 737-741.

[38] Wade, C.M., Mordan, P.B. and Clarke, B., 2001, A phylogeny of the land snails (Gastropoda: Pulmonata), Proc. Biol. Sci. 268: 413-422.

[39] จิรศักดิ์ สุจริต และสมศักดิ์ ปัญหา, 2551, หอยบกในอุทยานแห่งชาติเขานัน, โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 62-81 น.

[40] Fontanilla, I.K.C., Sta. Maria, I.M.P., Garcia, J.R.M., Ghate, H., Naggs, F. and Wade, C.M., 2014, Restricted genetic variation in populations of *Achatina* (*Lissachatina*) *fulica* outside of East Africa and the Indian Ocean Islands points to the Indian Ocean Islands as the earliest known commons. PLoS ONE 9: 1-8.

[41] สมเกียรติ กล้าแข็ง, ดาราพร รินทะรักษ์, ปราสาททอง พรหมเกิด และ ปิยาณี หนูกาฬ, 2555, ศึกษาชีววิทยาหอยดักดาน *Cryptozona siamensis* (Pfeiffer), น. 2233-2237, รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555, สำนักงานวิจัยพัฒนาอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

[42] Abu-Bakar, S.B., Razali, N.M., Naggs, F., Wade, C., Mohd-Nor, S.A. and Aileen-Tan, S.H., 2014, The mitochondrial 16S

rRNA reveals high anthropogenic influence on land snail diversity in a preliminary island survey, Mol. Biol. Rep. 41: 1799-1805.

[43] Jørgensen, A., Kristensen, T.K. and Madsen, H., 2008, A molecular phylogeny of apple snails (Gastropoda, Caenogastropoda, Ampullariidae) with an emphasis on African species, Zoologica Scripta. 37: 245-252.

[44] อรภา นาคจินดา, 2552, การใช้ประโยชน์ของหอยน้ำจืดในประเทศไทย, น. 37-38, รายงานการประชุมระดมความคิดเห็นต่อร่างรายการชนิดพันธุ์สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มย่อย (mollusca), สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

[45] พีรพล รัตนไทย, 2553, การติดเชื้อตัวอ่อนพยาธิใบไม้ตับระยะเซอร์คาเรียของหอยน้ำจืดวงศ์ Thaiaridae ในภาคใต้ของประเทศไทย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

[46] Pariyanonda S. and Tesna S., 1990, Edible mollusc, the intermediate host of helminths in Khon Kaen Province, Thailandม Srinagarind Med. J. 5: 159-172.

[47] Thaewnon-ngiw, B., Klinbunga, S., Phanwichien, K., Sangduen, N., Lauhachinda, N. and Menaveta, P., 2004, Genetic diversity and molecular markers in introduced and Thai native apple snails (*Pomacea* and *Pila*), J. Biochem. Mol. Biol. 37: 493-502.

[48] Brito, F.C.D. and Joshi, R.C., 2016, The golden apple snail *Pomacea canaliculata*: A review on invasion, dispersion and control, Res. Gate 27: 157-163.

[49] Yang, Q., Liu, S., Song, F., Li, H., Liu, J., Liu, G. and Yu, X., 2016, The mitochondrial genome of *Pomacea maculata* (Gastropoda: Ampullariidae), Mitochondrial DNA A DNA Mapp. Seq. Anal. 27: 2895-2896.