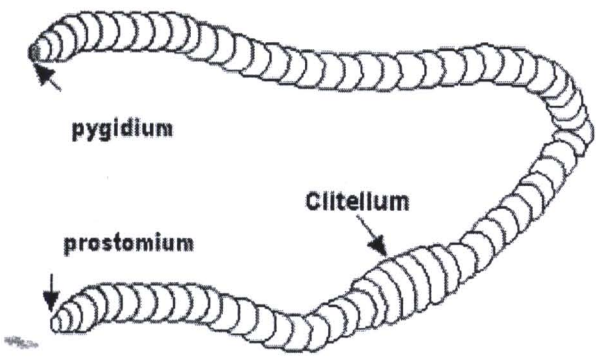
บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนดิน

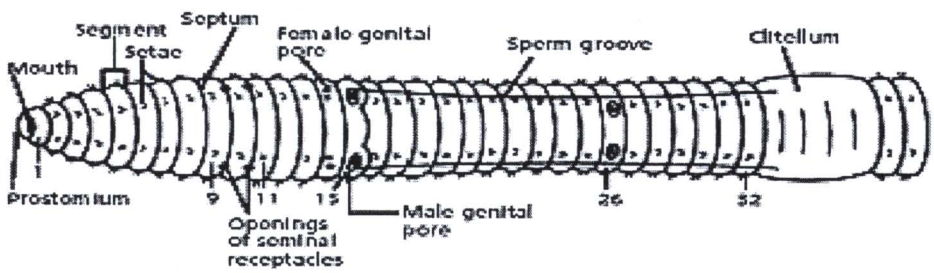
ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่พบได้ทั่วไปภายในดิน ใต้กองใบไม้ กองหญ้าหรือใต้กองมูลสัตว์ประเภทต่างๆ ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ในไฟลัมแอนเนลิดา (Phylum Annelida) ชั้นโอลิโกคีตา (Oligochaeta) ลักษณะเด่นของไฟลัมนี้คือ มีลำตัวสมมาตรครึ่งซีกและแบ่งลำตัวออกเป็นปล้องทั้งภายในและภายนอกร่างกาย มีช่องลำตัวที่แท้จริงแบบ Schizocoelomate ซึ่งเป็นซีลอม (Coelom) ที่เกิดจากเนื้อเยื่อชั้นกลางแยกออกเป็นช่อง และช่องนี้ขยายตัวออกจนเป็นซีลอม ผนังลำตัวชั้นนอกสุดเป็นคิวติเคิล (Cuticle) ที่ประกอบด้วยสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) และเจลาติน (Gelatin) ชั้นอิพิเดอร์มิส (Epidermis) มีเซลล์ต่อมชนิดต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่สร้างเมือก ทำให้ผิวลำตัวชุ่มชื้น ถัดไปเป็นกล้ามเนื้อวงกลม (Circular muscle) และกล้ามเนื้อตามยาว (Longitudinal muscle) และชั้นในสุดเป็นเยื่อบุช่องท้องแบ่งแยกระหว่างช่องลำตัวกับผนังร่างกาย มีขนแข็งสั้น (Setae) ที่เป็นสารจำพวกไคตินงอกออกมาบริเวณรอบลำตัวของแต่ละปล้อง ระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์คือมีปากและทวาร โดยมีลำไส้เป็นท่อตรงยาวตลอดลำตัว ระบบขับถ่ายคือ เนฟริเดียม (Nephridium) ตั้งอยู่บริเวณด้านข้างของลำตัวปล้องละ 1 คู่ ระบบหมุนเวียนโลหิตเป็นแบบปิด (Closed circulatory system) และรงค์วัตถุในน้ำเลือดประกอบด้วย ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ระบบแลกเปลี่ยนแก๊สใช้การแพร่ผ่านผนังลำตัว ระบบประสาทประกอบด้วยปมประสาทสมอง (Cerebral ganglion) ด้านหลังลำตัว ในบริเวณส่วนหัว 1 คู่ เส้นประสาทรอบคอหอย 1 คู่ ที่อ้อมรอบคอหอย และเส้นประสาทด้านท้อง (Ventral nerve cord) ทอดตามความยาวของลำตัวอีก 1 คู่ อวัยวะรับสัมผัสประกอบด้วย ปุ่มรับรส กลุ่มเซลล์รับแสง เป็นสัตว์ที่มีสองเพศอยู่ในตัวเดียวกัน หรือเพศรวม (Hermaphroditic animal) คือมีทั้งรังไข่และถุงอัณฑะ (บพิธ และนันทพร, 2541) ในปัจจุบันจัดจำแนกไส้เดือนดินทั่วโลกได้ 4,000 กว่าชนิด แต่มีสายพันธุ์ไส้เดือนดินที่นิยมนำมาใช้กำจัดขยะอินทรีย์ทางการค้าประมาณ 15 ชนิดเท่านั้น ส่วนใหญ่เป็นไส้เดือนดินชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่ม Megadrili ในวงศ์ Lumbricidea ซึ่งอาศัยอยู่ในขยะอินทรีย์ และในมูลสัตว์เป็นส่วนใหญ่ ไส้เดือนดินที่พบมากในแถบยุโรป และอเมริกาเป็นไส้เดือนดินชนิด *Lumbricus terrestris* ไส้เดือนในแถบอัฟริกา เช่น ไส้เดือนดินในวงศ์ Eudrilidae (Edwards, 1977) ส่วนไส้เดือนดินที่พบมากในประเทศไทยและในแถบเอเชียอาคเนย์ได้แก่ไส้เดือนดินสีแดง เช่น *Pheretima peguana* และไส้เดือนดินสีเทาเช่น *Pheretima posthuma* (อานัฐ, 2550)

2.2 ลักษณะภายนอกของไส้เดือนดิน

ลักษณะภายนอกของไส้เดือนดิน ดังภาพที่ 2-1 และ 2-2 ลักษณะการเป็นปล้องตั้งแต่หัวจนถึงส่วนท้ายของร่างกาย ไส้เดือนดินลำตัวเป็นปล้อง (Segment) มีรูปร่างทรง กระบอกยาว หัวท้ายเรียวแหลม ยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร เมื่อโตเต็มที่จะมี 120 ปล้อง มีช่องระหว่างปล้องคั่นแต่ละปล้องไว้ แต่ละปล้องมีเดือยเล็กๆ เรียงอยู่โดยรอบปล้องประมาณปล้องละ 56 อัน ไม่มีส่วนหัวที่ชัดเจน ไม่มีตา ไม่มีหนวดเหมือนตัวแม่เพรียง แต่มีไคลเทลลัม (Clitellum) เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ไคลเทลลัมจะเห็นได้ชัดเจนอยู่ตรงปล้องที่ 14-16 พรอสโตเมียม (Prostomium) มีลักษณะเป็นพูเนื้อที่ยืดหดได้ ติดอยู่กับผิวด้านบนของช่องปากซึ่งเป็นตำแหน่งหน้าสุดของไส้เดือนดิน ยังไม่ถือว่าเป็นปล้อง เพียงแต่ทำหน้าที่คล้ายริมฝีปากเท่านั้น เพอริสโตเมียม (Peristomium) ส่วนนี้นับเป็นปล้องแรกของไส้เดือนดินอยู่ถัดจาก Prostomium มีลักษณะเป็นเนื้อบางๆอยู่ล้อมรอบช่องปาก สามารถยืดหดได้ ช่องปาก (Buccal chamber) อยู่ในปล้องที่ 1-3 เป็นช่องทางผ่านของอาหารผ่านเข้าสู่ร่างกายโดยมีต่อมน้ำลายอยู่ในเยื่อบุช่องปากด้วย เดือยหรือขน (Setae) มีลักษณะเป็นขนแข็งสั้นเป็นพวกสารไคติน (Chitin) ที่งอกออกมาบริเวณผนังร่างกายชั้นนอก สามารถยืดหดขยายได้ โดยอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อยืด-หด มีหน้าที่ช่วยในการเกาะยึดและเคลื่อนที่ ช่องเปิดกลางหลัง (Dorsal Pore) เป็นช่องเปิดขนาดเล็กอยู่ในร่องระหว่างปล้องแนวกลางหลัง พบในไส้เดือนเกือบทุกชนิด มีหน้าที่ขับของเหลวหรือเมือกให้ความชุ่มชื้นกับผิว ป้องกันการระคายเคืองและทำให้เคลื่อนที่ได้ง่าย รูขับถ่ายของเสีย (Nephridiopore) ปล้องละคู่ เป็นรูที่มีขนาดเล็กมากและยากต่อการสังเกตเห็น เป็นทางออกของของเสียจากร่างกาย มีเกือบทุกปล้อง ยกเว้น 3-4 ปล้องแรก ช่องสืบพันธุ์เพศผู้ (Male Pore) เป็นช่องปล่อย Sperm จะมีอยู่ 1 คู่ อยู่บริเวณลำตัวด้านท้องหรือบริเวณด้านข้างท้อง ในปล้องที่ 18 ในสกุล *Pheretima* ลักษณะเป็นแอ่งคล้ายหลอดเล็ก ๆ, Spermathecal Pore เป็นช่องรับ Sperm จากไส้เดือนดินคู่ผสมอีกตัวหนึ่งขณะมีการผสมพันธุ์แลกเปลี่ยน Sperm ซึ่งกันและกัน ตำแหน่งจะต่างกันไปตามสายพันธุ์ ปุ่มยึดสืบพันธุ์ (Genital Papilla) เป็นอวัยวะที่ช่วยในการยึดเกาะขณะจับคู่ผสมพันธุ์ ช่องสืบพันธุ์เพศเมีย (Female Pore) เป็นช่องออกไข่โดยทั่วไปพบที่ปล้องถัดจากรังไข่ มี 1 คู่อยู่ในร่องระหว่างปล้อง ตำแหน่งจะต่างกันไปตามสายพันธุ์ ไคลเทลลัม (Clitellum) เป็นอวัยวะที่ใช้สร้างเมือกไข่ขาวหุ้มไข่ และสร้างเมือกโคคูน ทวารหนัก (Anus) เป็นรูเปิดที่ค่อนข้างแคบ เปิดออกในปล้องสุดท้าย ขับกากอาหาร (อานัฐ, 2550)



ภาพที่ 2-1 ลักษณะภายนอกของไส้เดือนดิน
ที่มา: Anonymous (2005)

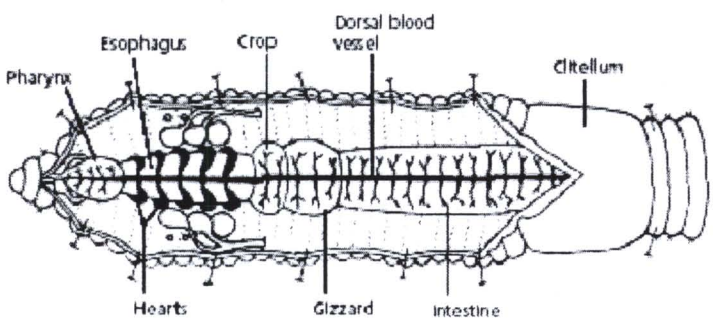


ภาพที่ 2-2 ลักษณะภายนอกที่พบช่องเปิดของอวัยวะต่าง ๆ ของ *Lumbricus sp.*
ที่มา: Massengale (2000)

2.3 ลักษณะภายในของไส้เดือนดิน

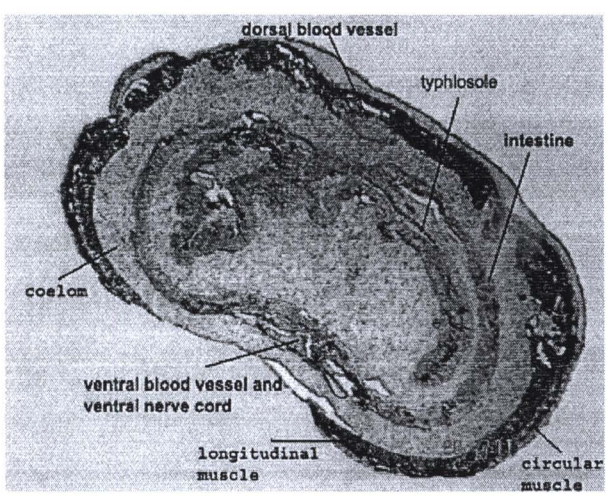
ทางเดินอาหารของไส้เดือนดินดังภาพที่ 2-3 มีรูปร่างเป็นหลอดตรงธรรมดาที่เชื่อมต่อออกจากปากในปล้องแรกยาวไปจนถึงทวารหนัก ประกอบด้วย ช่องปาก (Buccal chamber) คอหอย (Pharynx) ค่อนข้างหนาประกอบด้วยกล้ามเนื้อทำหน้าที่ดูดอาหาร มีต่อมสร้างสารละลายที่เป็นเมือกและเอนไซม์ หลอดอาหาร (Esophagus) เป็นท่อแคบและเล็ก ผนังของหลอดอาหารทั้งสองข้างมีส่วนที่โป่งออกเป็นต่อม Calaiferous gland ทำหน้าที่กำจัดแคลเซียมที่เข้าสู่ร่างกายมากเกินความจำเป็นในรูปผลึกแคลไซต์ไปกับกากอาหาร ตอนท้ายของหลอดอาหารแปรสภาพเป็นหลอดพักอาหาร (Crop) ทำหน้าที่เป็นถุงพักเก็บอาหาร กระเพาะบด (Gizzard) มีผนังกล้ามเนื้อบุด้วยคิวติเคิลที่หนากว่าหลอดพักอาหาร ทำหน้าที่บดย่อยอาหาร ไส้เดือนดินบางชนิดมีกระเพาะบด 2-10 กระเพาะ และบางชนิดไม่มีกระเพาะบด (Rupert et al., 2004) ลำไส้ (Intestine) เป็นท่อยาวตรงไปตลอดลำตัว ลำไส้ตอนหน้าสร้างสารคัดหลั่งและมีการย่อยอาหาร ส่วนลำไส้ตอนท้ายทำหน้าที่ดูด

ซับ ลำไส้ของไส้เดือนดินบางชนิดมีผนังลำไส้ด้านหลังที่เว้าเข้าไปภายใน lumen เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว เรียกว่า ไทโฟลซอล (Typholsole) (Kozloff, 1990) และทวารหนัก (Anus) ทำหน้าที่ขับถ่ายกากอาหารและมีการห่อหุ้มกากอาหารที่ไม่ถูกย่อยนั้นด้วยเมือกจากเยื่อบุผนังลำไส้ แล้วขับออกมาเป็นมูลของไส้เดือนดินซึ่งเป็นขุยดิน ลักษณะร่วนไม่เกาะตัวกันอยู่ตามพื้นดินเรียกว่า Cast หรือ Vermicast (สุพาภรณ์, 2549) ไส้เดือนดินมีบทบาทสำคัญต่ออินทรียวัตถุในดิน กินซากอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย (Scavenger) จุลินทรีย์และแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในของเสีย รวมทั้งดิน กรวด ทราย อาหารส่วนที่ถูกย่อยจะซึมผ่านลำไส้เข้าสู่เส้นเลือด ส่วนที่ไม่ถูกย่อยขับออกมาเป็นมูลของไส้เดือนดิน มีลักษณะร่วน ไม่เกาะตัวกันแน่น และมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพ เรียกว่า Vermicompost (Edwards, 1995; Werner, 2000) จัดเป็นปุ๋ยธรรมชาติที่สำคัญชนิดหนึ่งในดินที่ทำให้เกิดประโยชน์กับชั้นดินและต้นพืช



ภาพที่ 2-3 ท่อทางเดินอาหารของ *Lumbricus sp.*

ที่มา: Massengale (2000)



ภาพที่ 2-4 โครงสร้างของผนังชั้นต่าง ๆ ของไส้เดือนดิน

ที่มา: สุพาภรณ์ (2549)

2.4 การเคลื่อนที่ (Locomotion) ของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินเคลื่อนที่แบบลูกคลื่น (Peritaltic movement) ซึ่งเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยมีแรงดันของเหลว (Hydrostatic skeleton) ในช่องตัวช่วยในการเคลื่อนที่ การหดตัวของกล้ามเนื้อรอบวง (Circular muscle) ทำให้ลำตัวไส้เดือนดินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงและปล้องยาวออกเพื่อนใช้ในการคลาน ส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อตามยาว (Longitudinal muscle) ทำให้ลำตัวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้นและปล้องหดสั้นใช้ในการขุดและขยายรู (Stephenson and Harley, 2005) การจำแนกไส้เดือนดิน อาจจะแบ่งตามลักษณะ คือ ความยาว สีหรือแถบสีที่ลำตัว การเคลื่อนไหว ที่อยู่อาศัย หรืออาจตรวจดูตำแหน่งและจำนวนปุ่ม (Genital Papillae) สำหรับในการจัดกลุ่มตามนิสัยการกินอาหารสามารถแยกได้ 3 กลุ่มใหญ่ ๆ (Curry, 1994) ดังนี้คือ

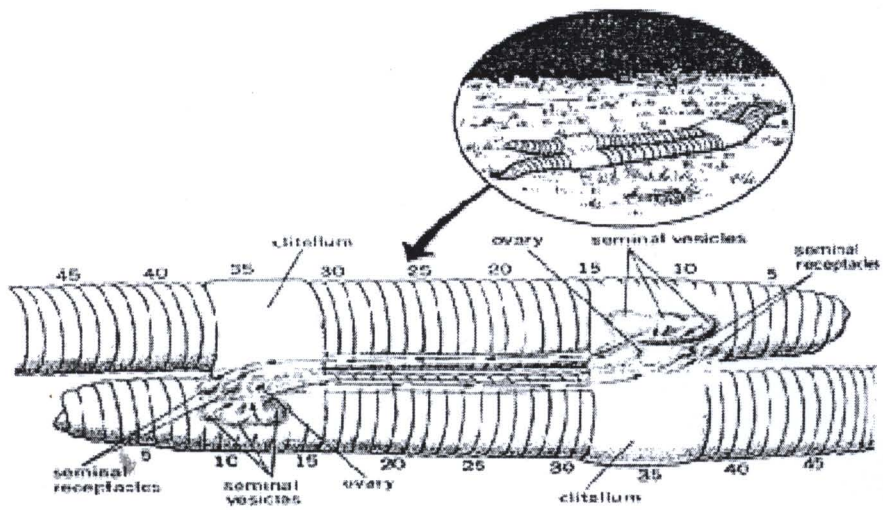
2.4.1 Epigeic กลุ่มนี้กินซากพืช มูลสัตว์บนหน้าดินไม่ขุดโพรง มีขนาดค่อนข้างเล็ก ขยายพันธุ์เร็ว ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างได้ดี มีความต้องการความชื้นที่เหมาะสมและแหล่งอาหารที่เพียงพอ เช่นกลุ่ม Manure Worm และ Red Worm ใช้กำจัดเศษพืชและผลิตปุ๋ยอินทรีย์

2.4.2 Endogeic กลุ่มนี้กินอาหารใต้ผิวดินหรือกินอาหารจากด้านล่างของกอง ขุดโพรงตื้นได้หลายทิศทาง อยู่ขนานกับผิวดิน ช่วยในการนำธาตุอาหารลงไปบริเวณราก เพิ่มช่องว่างในดิน ช่วยในการระบายน้ำ อาหารส่วนใหญ่คือดินที่มีอินทรียวัตถุสูง

2.4.3 Anecic กินอาหารระดับลึก ขุดโพรงได้ลึกเจาะในแนวดิ่งลงไปในดิน อาหารเช่น เศษพืชที่เน่าสลาย มูลสัตว์ อินทรียวัตถุ ช่วยในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ และปรับปรุงคุณภาพดิน ช่วยในการระบายน้ำ เพิ่มช่องว่างในดิน และการเจริญของราก

2.5 วงจรชีวิต และการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

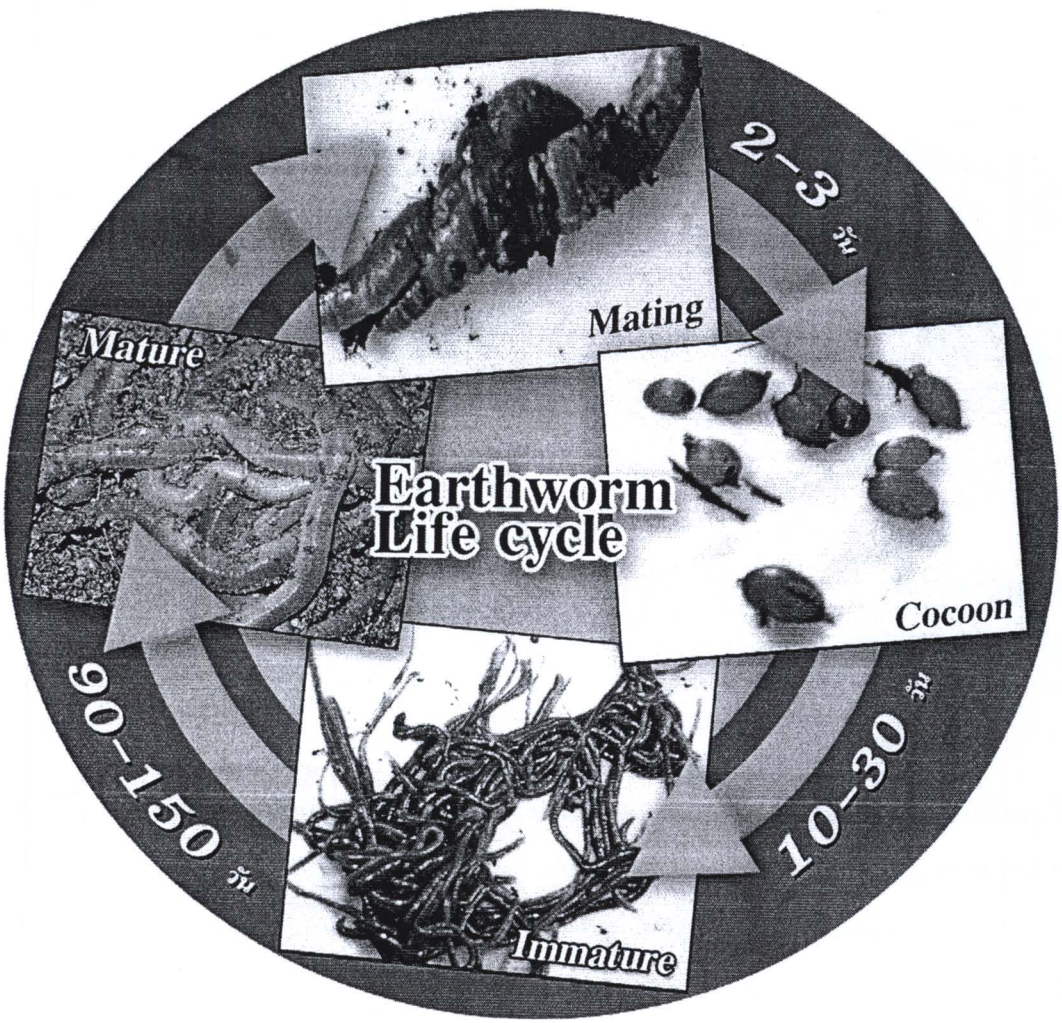
ไส้เดือนดินเกือบทุกชนิดสืบพันธุ์โดยการผสมข้าม Cross-Fertilization ไส้เดือนส่วนใหญ่จะจับคู่ผสมพันธุ์กันบริเวณผิวดิน บางชนิดจับคู่ผสมพันธุ์กันใต้ดิน จะจับคู่ผสมพันธุ์กันเป็นช่วง ๆ ตลอดทั้งปี สำหรับประเทศไทยพบไส้เดือนดินจับคู่ผสมพันธุ์กันบ่อยที่สุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่สภาพแวดล้อมเหมาะสม ทั้งความชื้นและอุณหภูมิ ผสมพันธุ์กันในเวลากลางคืน ไส้เดือนดินทั้งสองตัวจะมาจับคู่กันใช้ด้านท้องแนบกันและสลับหัวสลับหางกันดังภาพที่ 2-5



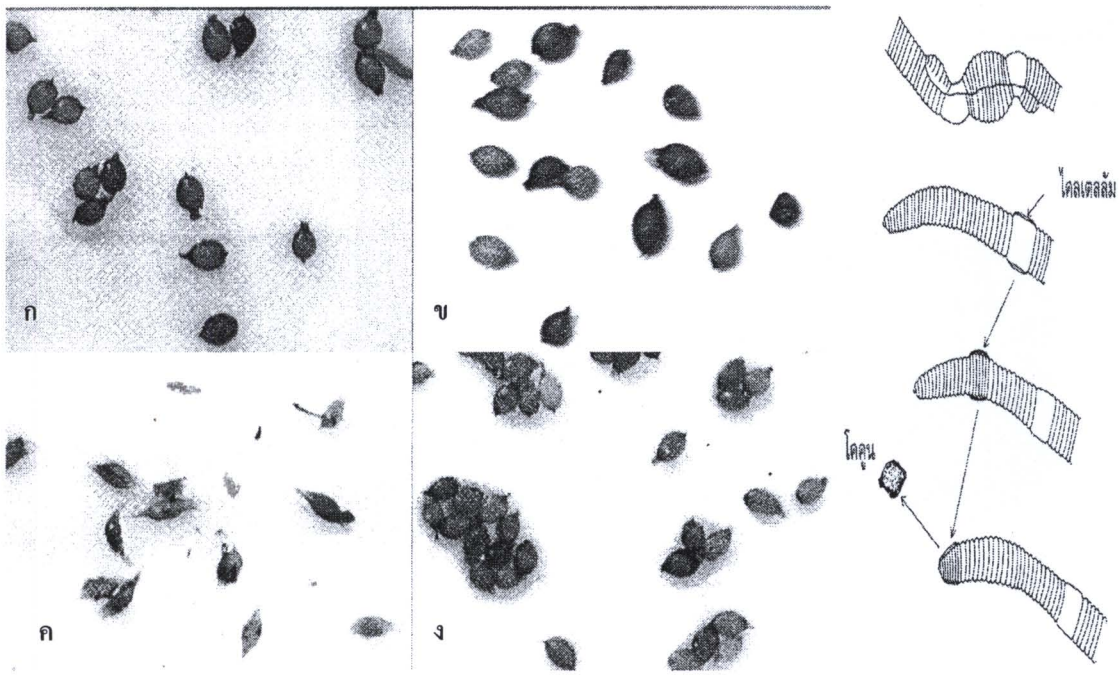
ภาพที่ 2-5 การจับคู่ของ *Lumbricus sp.*
ที่มา: Anonymous (1995)

ไส้เดือนดินในสกุล *Pheretima* ช่องสืบพันธุ์เพศผู้ของตัวหนึ่งจะแนบกับช่องสเปิร์มมาทีกา (Spermateca or Seminal receptacle) ของอีกตัวหนึ่ง โดยมีปุ่มสืบพันธุ์ (Genital papillae or Copulatory papillae) กับเมือกบริเวณไคลเทลลัมยึดซึ่งกันและกันไว้ ใช้เวลาในการจับคู่ประมาณ 1 ชั่วโมง จึงแยกออกจากกัน เมื่อไส้เดือนดินแยกออกจากกันนานประมาณ 2-3 วัน จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไคลเทลลัม เพื่อสร้างถุงหุ้มไข่ (Cocoon) ต่อมเมือกจะสร้างเมือก (Mucous cell) คลุมบริเวณไคลเทลลัมและต่อมสร้างโคคูน (Cocoon Secreting Gland) จะสร้างเปลือกของโคคูน ซึ่งเป็นสารคล้ายไคติน (Chitin) สารนี้จะแข็งตัวเมื่อถูกอากาศกลายเป็นแผ่นเหนียวๆ ต่อมาต่อมจะสร้างไข่ขาว (Albumin Secreting Gland) จะขับสารอัลบูมิน (Albumin) ออกมาอยู่ในเปลือกของโคคูน สกุล *Pheretima* ซึ่งมีช่องสืบพันธุ์เพศเมียอยู่ที่ไคลเทลลัม จะปล่อยไข่เข้าไปอยู่ในโคคูน หลังจากนั้นโคคูนจะแยกตัวออกจากผนังตัวของไส้เดือนดินคล้ายกับเป็นปลอกหลวมๆ เมื่อไส้เดือนหดตัวและเคลื่อนตัวถอยหลัง โคคูนจะเคลื่อนไปข้างหน้า เมื่อเคลื่อนผ่านช่องเปิดของถุงเก็บสเปิร์ม (Seminal vesicle) จะรับสเปิร์มเข้าไปในโคคูน และจะมีการปฏิสนธิภายในโคคูน เมื่อโคคูนหลุดออกจากตัวไส้เดือนดิน ปลายสองด้านของโคคูนจะปิดสนิท เป็นถุงรูปไข่เป็นสีเหลืองอ่อนๆยาวประมาณ 2-2.4 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 1.5-2 มิลลิเมตร ภายในโคคูนอาจมีเอ็มบริโออยู่หลายตัว บางชนิดมากถึง 25 ตัว ถุงไข่แต่ละถุงจะใช้เวลา 8-10 สัปดาห์จึงฟักออกมา ไส้เดือนดิน *Pheretima peguana* สามารถฟักเป็นตัวอ่อนได้มากถึง 30 ตัว/ถุง ตัวอ่อนของไส้เดือนดินที่อยู่ในไข่ก็จะเจริญและพัฒนาร่างกายในส่วนต่าง ๆ โดยใช้สารอาหารที่อยู่ในถุงไข่ ซึ่งระหว่างที่ตัวอ่อนเจริญเติบโตและพัฒนาอยู่ภายในถุงไข่นั้น ผนังของถุงไข่

ก็จะเปลี่ยนสีด้วย โดยถุงไข่ที่ออกมาจากตัวไส้เดือนดินใหม่ๆจะมีสีจาง และเมื่อมีเวลาผ่านไปสีของถุงไข่จะมีสีเข้มขึ้นตามลำดับ และฟักเป็นตัวในเวลาต่อมา (อานัฐ, 2550) วงจรชีวิตไส้เดือนดินดังภาพที่ 2-6



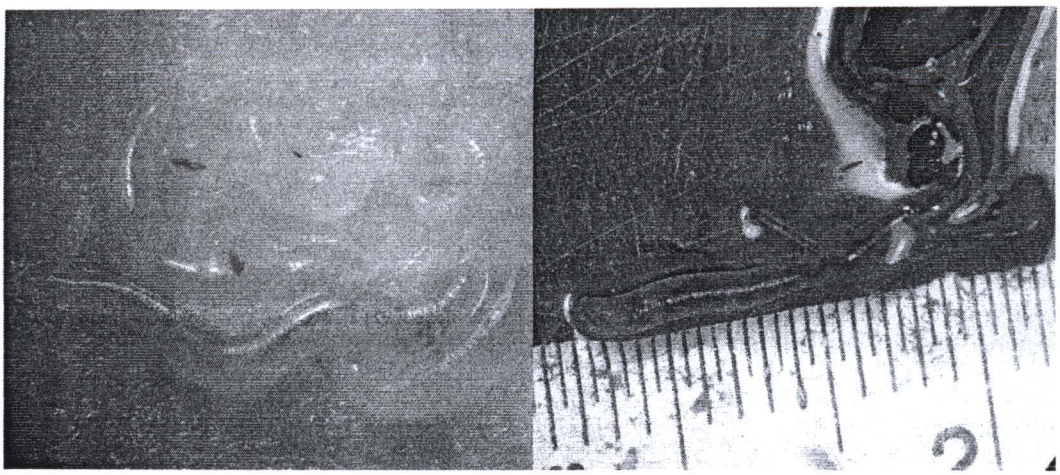
ภาพที่ 2-6 วงจรชีวิต และการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน



ภาพที่ 2-7 ไส้เดือนดินชนิดที่ต่างกันจะให้ถุงไข่ (Cocoon) ที่มีรูปร่างต่างกัน
ก. ถุงไข่ของไส้เดือนดิน *Lumbricus rubellus* ข. ถุงไข่ของไส้เดือนดิน *Pheretima peguana*
ค. ถุงไข่ของไส้เดือนดิน *Eisenia foetida* ง. ถุงไข่ของไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae*
ที่มา: อานัฐ (2550)

ภายในถุงไข่มีตัวอ่อนอยู่หลายตัว แต่มีแนวโน้มว่าไส้เดือนที่ตัวใหญ่ที่สุดภายในถุงไข่จะฟักออกมาจากถุงไข่เป็นตัวแรก ไส้เดือนดินตัวเล็กเมื่อออกจากไข่จะไม่มีสี แต่ระบบหมุนเวียนของเลือดที่มีรงค์วัตถุอยู่ในน้ำเลือด ทำให้เห็นเป็นเส้นสีแดงตลอดความยาวของตัวมัน ดังภาพที่ 2-8 เมื่อฟักออกจากถุงแล้ว ไส้เดือนก็จะกินอาหารต่างๆในบริเวณนั้นเพื่อการดำรงชีวิตและเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่อไป ซึ่งการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินนั้นเป็นแบบ Sigmoid Curve คือ ในระยะตัวอ่อนไส้เดือนดินจะมีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า และอัตราการเจริญเติบโตก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงไส้เดือนดินตัวเล็กเป็นตัววัยรุ่นจนกระทั่งโตเต็มวัย และหลังจากโตเต็มวัยอัตราการเจริญเติบโตก็จะคงที่และค่อยๆลดลงตามลำดับ ไส้เดือนดินที่ฟักออกมาจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาภายนอกเพียงเล็กน้อยในขณะการเจริญเติบโตคือ มีขนาดตัวที่ขยายขนาดใหญ่ขึ้นและมีสีเข้มขึ้น จนกระทั่งเจริญเติบโตเต็มวัยจะปรากฏในส่วนของอวัยวะสืบพันธุ์หรือไคลเทลลัมที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งเมื่อไส้เดือนดินเติบโตเต็มวัยแล้วอาจพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนปล้องเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเจริญเติบโต (อานัฐ, 2550) ไส้เดือนดิน *Eisenia foetida* ที่ฟักออกจากถุงไข่ใหม่ๆพบว่า จะมีจำนวนปล้องบนลำตัวโดยเฉลี่ยเท่ากับตัวเต็มวัย ซึ่งเขาสรุปว่าไส้เดือนดินจะเพิ่ม

จำนวนปล้องเฉพาะขณะที่เจริญอยู่ในถุงไข่เท่านั้น และเมื่อฟักจากถุงไข่จะมีการเพิ่มขนาดของปล้องหลายครั้งในขณะที่ตัวโตขึ้นเรื่อยๆแต่พบว่าจำนวนปล้องก็ยังคงเท่าเดิม (Moment, 1953a, 1953b)



ภาพที่ 2-8 ตัวอ่อนไส้เดือนดินในถุงไข่ และไส้เดือนดินที่ฟักออกมาจากถุงไข่เริ่มดูดกินอาหาร

2.6 ชนิดของไส้เดือนดินที่นิยมใช้ในทางการค้า

ไส้เดือนดินที่นิยมใช้ในทางการค้ามีหลายชนิด ดังนี้คือ

2.6.1 *Pheretima peguana*

ชื่อท้องถิ่น ขี้ตาแร่ เป็นไส้เดือนดินสีแดงที่มีลำตัวกลมขนาดปานกลาง พบได้ทั่วไปแถบเอเชียและประเทศไทย มีขนาดใกล้เคียงกับไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* ขนาดลำตัว 130-200 x 5-6 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีน้ำตาลแดงเข้ม สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ จับคู่ผสมพันธุ์บริเวณผิวดิน สร้างถุงไข่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 24-40 ถุง/ตัว/ปี ใช้เวลาในการฟักตัวประมาณ 25-30 วัน โดยเฉลี่ยฟัก 10 ตัว/ถุงไข่ ใช้เวลาในการเติบโตเต็มวัย 5-6 เดือน อาศัยอยู่บริเวณผิวดินในบริเวณที่มีอินทรียวัตถุสูง เช่น ใต้กองมูลสัตว์ ใต้กองมูลวัวในโรงเลี้ยงวัวนม ใต้เศษหญ้าที่ตัดทิ้ง กินเศษซากอินทรียวัตถุที่เน่าสลาย และมูลสัตว์เป็นอาหาร โดยจะอาศัยอยู่บริเวณผิวดินไม่ขุดรู มีอายุยืนยาว 2-4 ปี ลักษณะพิเศษของไส้เดือนดินชนิดนี้ คือ มีความตื่นตัวสูงมาก เมื่อจับถูกตัวจะดิ้นอย่างรุนแรงและเคลื่อนที่รวดเร็วมาก นอกจากนี้ยังนำมาใช้กำจัดขยะอินทรีย์พบว่า ไส้เดือนดินชนิดนี้สามารถกินขยะอินทรีย์จำพวกเศษผัก ผลไม้ และเศษอาหารหมดอย่างรวดเร็ว ในอัตราส่วนน้ำหนักไส้เดือนดินต่อขยะเท่ากับ 2 :1 ปรากฏว่าขยะอินทรีย์ที่เป็นเศษผัก ผลไม้ ย่อยหมดภายในเวลา 2 วัน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 05 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 219081
เลขเรียกหนังสือ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

และขยะที่เป็นเศษอาหารย่อยหมดภายในเวลา 3 วัน ความเร็วในการย่อยขยะของไส้เดือนดินชนิดนี้ค่อนข้างเร็ว กินขยะเก่งและมีอัตราการแพร่ขยายพันธุ์สูงมาก (อานัฐ, 2550)

2.6.2 *Pheretima posthuma*

ชื่อท้องถิ่น ขี้คู้ เป็นไส้เดือนดินสีเทา มีลำตัวกลม ขนาดใหญ่กว่าไส้เดือนดินสีแดง *Pheretima peguana* ขนาดลำตัว 200-250 x 6-10 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีเทาผิวมันวาว สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ อาศัยอยู่บริเวณผิวดิน พบอยู่ใต้ดินภายในสวน สนามหญ้า หรือพื้นดินในป่า ในฤดูฝนกินซากอินทรียวัตถุที่เน่าเปื่อย และฤดูร้อนหรือฤดูหนาวจะอาศัยอยู่ในดินที่ลึกลงไป จะเข้าสู่สภาพการหยุดนิ่งในช่วงที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม มีอายุยืนยาวหลายปี ลักษณะพิเศษของไส้เดือนดินชนิดนี้ คือ เมื่อจับจะดิ้นอย่างรุนแรง และเคลื่อนไหวได้รวดเร็ว แพร่พันธุ์และเจริญเติบโตได้น้อย อยู่ในดินค่อนข้างลึก และจะขุดรูแบบชั่วคราว จากนิสัยดังที่กล่าวไส้เดือนดินชนิดนี้ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ย่อยสลายขยะอินทรีย์ (อานัฐ, 2550) ทุกฤดูหนาวของทุกปีชาวบ้าน บ้านตาล ต.นาหว้า อ.นาหว้า จ.นครพนม นิยมนำไส้เดือนดินชนิดนี้ผ่าท้องตากแห้งส่งขายให้กับประเทศไต้หวัน และร้านยาจีนที่เยาวราช กรุงเทพฯ ประเทศไทย

2.6.3 *Eisenia foetida*

มีชื่อสามัญ Tiger worm ขนาดเล็ก ขนาดลำตัว 35-130x3-5 มิลลิเมตร ลำตัวตัวกลม สีแดงสด สามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว และมีกลิ่นตัวรุนแรง ความทนทานต่อช่วงอุณหภูมิที่กว้าง และสามารถดำรงชีวิตอยู่ในขยะอินทรีย์ที่มีความชื้นได้หลายระดับ จึงนำมากำจัดขยะอินทรีย์ได้ดี (อานัฐ, 2550) ประเทศออสเตรเลียนิยมเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้ (Sherman, 1998)

2.6.4 *Eudrilus eugeniae*

มีชื่อสามัญ African Night Crawler ขนาดลำตัว 130-250 x 5-8 มิลลิเมตร (อานัฐ, 2550)ขนาดค่อนข้างใหญ่ ลำตัวแบน สีม่วงอมเทา และปล้องทางตอนท้ายเรียวเล็ก จำนวนปล้องทั่วไปประมาณ 140-211 ปล้อง เดือยหรือหรือซีตี้ 8 แท่งต่อปล้องหนึ่ง และไม่มีรูหลัง (Dorsal pore) (Edwards and Lofty, 1972) อาศัยอยู่บนดินไม่ขุดโพรง (Epigeic) เจริญเติบโตและสืบพันธุ์บริเวณหน้าดิน วัฏจักรชีวิตของไส้เดือนดินชนิดนี้ เริ่มเข้าสู่ระยะวัยหนุ่มสาวเมื่ออายุ 5 สัปดาห์ เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C ผลิตโคคูนได้สูงสุด 3.6 โคคูนต่อสัปดาห์ เจริญเติบโตได้ดีในมูลวัว จำนวนลูกไส้เดือนที่ฟักจากโคคูนคิดเป็นร้อยละ 81 จำนวนของลูกไส้เดือนที่ฟักออกมาเฉลี่ย 2.3 ตัว/โคคูน จำนวนวันตั้งแต่ฟักจากโคคูนเข้าสู่ระยะสมบูรณ์พันธุ์ใช้เวลาประมาณ 47 วัน (Jorge et al., 2001) มีถิ่นกำเนิดจากทางตอนกลางของทวีปอาฟริกา และเป็นชนิดเดียวที่มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง เนื่องจากการนำเข้าเพื่อเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และหลายประเทศในยุโรปและเอเชีย (Umesh et al., 2003) มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็น

โปรตีนสำหรับสัตว์ เพราะลำตัวมีขนาดใหญ่ และมีอัตราการแพร่พันธุ์สูงมาก ความสามารถในการย่อยสลายขยะในปริมาณมากได้รวดเร็ว (อานัฐ, 2550) ในฟิลิปปินส์พบว่าไส้เดือนดินชนิดนี้เป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้บำบัดของเสีย (Edwards and Burrows, 1988) ในประเทศออสเตรเลียเริ่มมีการเลี้ยงไส้เดือนชนิดนี้มากขึ้นเนื่องจากพบว่า *Eudrilus eugeniae* สามารถกินอาหารได้มาก และเจริญเติบโตได้เร็วกว่าไส้เดือนดินชนิด *Eisenia foetida* (Sherman, 1998)

2.6.5 *Lumbricus rubellus*

ชื่อสามัญ Red Worm เป็นไส้เดือนดินสีแดง ลำตัวแบน ขนาดปานกลาง ขนาดลำตัว 60-150 x 4-6 มิลลิเมตร มีขนาดใหญ่กว่าไส้เดือนดินชนิด *Eisenia foetida* แต่เล็กกว่าไส้เดือนดินชนิด *Eudrilus eugeniae* ทนทานต่อสภาพอุณหภูมิและความชื้นในช่วงกว้าง อยู่ในที่มีความชื้นสูงมาก ไม่เคลื่อนไหวมาก กินเศษซากอินทรียวัตถุได้มากและเร็ว เป็นไส้เดือนดินที่มีความเหมาะสมและนิยมนำมาใช้ย่อยสลายขยะอินทรีย์เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมักในต่างประเทศ (อานัฐ, 2550) มีลูกดกไม่มีกลิ่นเหม็น ทนต่ออุณหภูมิได้สูง และสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี มีอายุได้ถึง 3 ปี ตัวเต็มวัยอายุ 179 วัน วางไข่ 79-106 ฟองต่อปี (นิพนธ์, 2547) ตัวอ่อนในโคคูนสามารถฟักออกมาได้ 25-30 ตัว ระยะเวลาการการผลิตโคคูน 7 วัน (พล, 2548)

2.6.6 *Lumbricus terrestris*

ชื่อสามัญ Night crawler ขนาดลำตัว 90-300 x 6-10 มิลลิเมตร บริเวณท้องสีเทาขุ่น ด้านหลังสีเทา อยู่ในรูถาวร ลึก 2.4 เมตร กินซากใบไม้ที่เน่าเปื่อยที่อยู่ใต้ดินและดินบางส่วนเป็นอาหาร (อานัฐ, 2550)

2.6.7 *Polypheretima elongata*

ในประเทศอินเดียใช้ไส้เดือนชนิดนี้ในการทำปุ๋ยหมักทางการค้าที่สะดวกและได้ผลดีโดยสามารถย่อยสลายขยะที่เป็นกากได้ 8 ตัน/วัน ไส้เดือนดินชนิดนี้พบได้เฉพาะในเขตร้อนและไม่สามารถดำรงชีวิตได้ในเขตหนาว (อานัฐ, 2550)

2.6.8 *Dendrobaena veneta*

มีลำตัวขนาดใหญ่ เจริญเติบโตช้า แพร่พันธุ์ช้า มีศักยภาพพอสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน แต่ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ (อานัฐ, 2550)

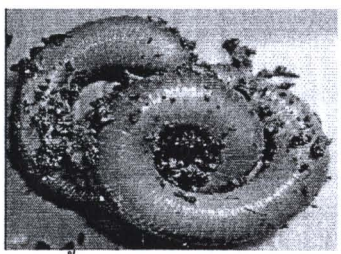
2.6.9 *Perionyx excavatus*

ชื่อสามัญ Indian blue หรือ Blue worm ขนาดเล็ก ลำตัวแบน เป็นไส้เดือนดินสีแดงมีสีส้มอมม่วง เป็นไส้เดือนดินในเขตร้อน ขยายพันธุ์รวดเร็วและเลี้ยงง่ายเหมือนกับไส้เดือนดิน *Eisenia foetida* อยู่ในที่มีความชื้นสูงมาก การเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือแยกไส้เดือนดินออกจากปุ๋ยหมัก

ง่าย แต่มีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมในเขตหนาว แต่ในสภาพเขตร้อนจะเหมาะสมมากในการเลี้ยงเนื่องจากเป็นพันธุ์พื้นเมืองที่พบได้ทั่วไปในเอเชีย (อานัฐ, 2550) ไส้เดือนดินชนิดนี้ถูกนำมาใช้ย่อยสลายอินทรียวัตถุ และทำปุ๋ยหมักในประเทศอินเดีย (Jambhekar, 1995)

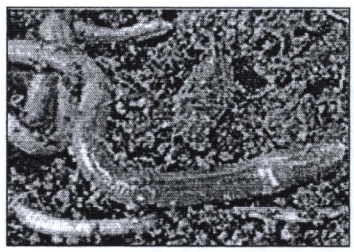
ขี้ตาแร่

(*Pheretima peguana*)



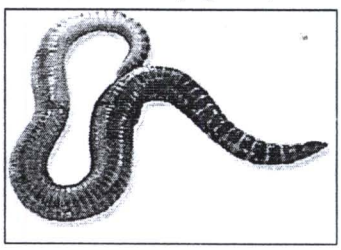
ขี้ตู้

(*Pheretima posthuma*)



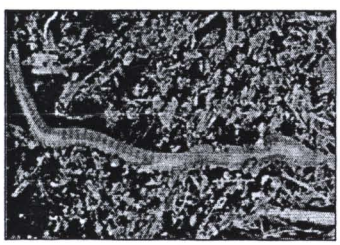
African Night Crawler

(*Eudrilus eugeniae*)



Red worm

(*Lumbricus rubellus*)



Tiger worm

(*Eisenia foetida*)

Blue worm

(*Perionyx excavatus*)

ภาพที่ 2-9 ชนิดของไส้เดือนดิน

ที่มา: ผู้เลี้ยงไส้เดือนดินแห่งประเทศไทย (2553)

2.7 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อไส้เดือนดิน

2.7.1 ความชื้น

น้ำเป็นสาเหตุให้อาหารของไส้เดือนดินเน่าเปื่อยอย่างรวดเร็ว เป็นปัจจัยชักนำให้เชื้อราเจริญเติบโต นอกจากนี้ความชื้นที่มากเกินไปจะทำให้วัสดุที่ใช้เลี้ยงเกาะติดกับผิวตัวของไส้เดือนดินอย่างหนาแน่น ส่งผลต่อการหายใจของไส้เดือนดิน (William et al., 2000) สำหรับประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน ดังนั้น ไส้เดือนดินส่วนใหญ่ที่กระจายตัวอยู่ในประเทศไทย จะเป็นไส้เดือนที่อาศัยอยู่ในสภาพความชื้นที่ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะไส้เดือนดินพันธุ์สีแดงที่อาศัยอยู่ริมแม่น้ำ ในนาข้าว ใต้กองมูลสัตว์หรือกองปุ๋ยหมัก เช่นไส้เดือนดิน *Pheretima peguana* ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง และบางครั้งพบว่าพวกมันสามารถอาศัยอยู่บริเวณที่มีน้ำท่วมขังได้ ความชื้นที่เหมาะสมต่อไส้เดือนดินพันธุ์ดังกล่าวคือ ประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ และในวัสดุ

เลี้ยงความชื้นที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนตัวของไส้เดือนดินชนิดนี้คือ ความชื้นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ (นิรันดร์, 2547) ไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* ชอบความชื้นแต่ต้องไม่มากเกินไป ความชื้นสัมพัทธ์ของ Bedding ที่เหมาะสมคือประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ (Henares, 2003)

2.7.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลอย่างมากต่อกิจกรรมของไส้เดือนดินหลายด้าน ทั้งในด้านกระบวนการ เมตาบอลิซึม การเจริญเติบโต การหายใจ และการสืบพันธุ์ของไส้เดือนดิน โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับความชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับไส้เดือนดินแต่ละชนิดในแต่ละท้องถิ่นมีความแตกต่างกัน ไส้เดือนดินจำพวกที่อาศัยอยู่ในกองขยะ กองปุ๋ยหมักหรือมูลสัตว์จะมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าไส้เดือนดินที่อาศัยดินในสวน สนามหญ้า หรือใต้กองใบไม้ในป่า เนื่องจากกองปุ๋ยหมักจะมีการทำงานของจุลินทรีย์จำนวนมากในการย่อยสลายเศษซากพืชต่างๆ แล้วจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปความร้อน ทำให้อุณหภูมิในกองขยะ กองปุ๋ยหมักหรือมูลสัตว์ สูงกว่าในดินทั่วไป ไส้เดือนดิน *Pheretima peguana* อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ ประมาณ 18-25 °C (อานัฐ, 2550) ไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* มีถิ่นกำเนิดจากเขตร้อนจึงค่อนข้างมีความทนทานต่ออุณหภูมิอบอุ่นหรือร้อน (Steve, 1998) อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการใช้ชีวิตและกิจกรรมของไส้เดือนสายพันธุ์นี้คือ 22.7-27.3 °C (Umesh et al., 2003) อุณหภูมิ 25 °C เป็นอุณหภูมิที่ดีที่สุดในการเพิ่มรังไข่/สัปดาห์ และการฟักไข่/สัปดาห์ ทำให้ไส้เดือนมีน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้น และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 280 มก. /สัปดาห์ (Dominguez et al., 2001) หากอุณหภูมิต่ำกว่า 16 °C หรือสูงกว่า 30 °C เป็นเวลานานทำให้อัตราการตายสูง และอุณหภูมิต่ำกว่า 7 °C และสูงกว่า 35 °C จะทำให้ไส้เดือนชนิดนี้ตายทันที (William et al., 2000)

2.7.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลในการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ไส้เดือนดินหลายชนิดมีความทนทานต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงกว้างได้ แต่โดยทั่วไปไส้เดือนดินเกือบทุกชนิดจะชอบอาศัยอยู่ที่มีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลาง ประมาณ 7 ไส้เดือนดิน *Pheretima peguana* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงค่า pH ประมาณ 7.0-8.0 (นิรันดร์, 2547) แต่จะสามารถทนทานต่อค่า pH ในช่วง 4.8-8.7 ได้ ซึ่งถ้าค่า pH ต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้จะทำให้ไส้เดือนดินย้ายหนี อ่อนแอและอาจถึงตายได้ ในการเลี้ยงไส้เดือนดินควรใส่ใจเรื่อง pH พอสมควร เนื่องจากเป็นการเลี้ยงในบ่อจะทำให้การสะสมของกรดที่มากับอาหารเพิ่มขึ้นได้ง่าย ดังนั้นอาจใช้ปูนขาวเจือจางน้ำพ่นลงไปในบ่อเพื่อปรับค่า pH ได้ในกรณีที่มีค่า pH ลดต่ำลงมาก (อานัฐ, 2550) ไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* สามารถทนต่อสภาพความเป็นกรด-ด่างได้ประมาณ 6-6.5 (สุพาภรณ์, 2549)

2.7.4 การระบายอากาศและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายตัวของไส้เดือนดินด้วยเช่นกัน บางชนิดจะแพร่กระจายจำกัดอยู่เฉพาะบางพื้นที่ที่มีการระบายอากาศดีเท่านั้น และจะหลบหนีออกจากชั้นของขยะอินทรีย์ที่อยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเกี่ยวข้องกับศักยภาพของการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในดิน (Eh) โดยในดินที่มีค่า Eh เท่ากับ 174 mV จะพบว่ามีไส้เดือนดินอาศัยอยู่น้อยมาก (Satchell, 1980) สำหรับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลต่อการแพร่กระจายของตัวไส้เดือนดินในแนวดิ่งน้อย ในดินทั่วไปจะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 0.01-11.5เปอร์เซ็นต์ และไส้เดือนดินโดยทั่วไปสามารถจะมีชีวิตอยู่ได้ในความเข้มข้นที่มากกว่านี้และสามารถทนต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้สูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Russell, 1950) อย่างไรก็ตามไส้เดือนดินโดยทั่วไปอาจเคลื่อนย้ายหนีจากบริเวณที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้นมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่มักเกิดขึ้นโดยทั่วไปในบริเวณพื้นดินตามท้องที่ต่าง ๆ ที่มีน้ำท่วมขัง (Shiraishi, 1954)

2.7.5 ชนิดและโครงสร้างของดิน

ในการนำเดือนดินมาเลี้ยงควรเตรียมดินที่มีเนื้อดินที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัยของไส้เดือนดินแต่ละชนิดที่นำมาเลี้ยง เพื่อให้ไส้เดือนดินสามารถปรับตัวได้ง่าย ไส้เดือนดิน *Pheretima peguana* ดินที่นำมาใช้เป็นที่อยู่ควรเป็นดินร่วน ผสมกับมูลวัว และควนหลีกเลี่ยงไม่นำเอาดินที่มีส่วนผสมของกรวดทราย หรือดินเหนียวในสัดส่วนที่มากมาใช้ในการทำเป็นที่อยู่ เนื่องจากดินที่มีกรวดทรายมากจะทำให้ผิวหนังของไส้เดือนดินเกิดการระคายเคืองทำให้ไส้เดือนเกิดการขับเมือกออกมาเป็นจำนวนมาก สำหรับดินเหนียวจะทำให้ไส้เดือนเคลื่อนที่ได้ลำบากและตัวผอมลีบเนื่องจากกินอาหารได้น้อยและที่สำคัญที่สุดคือ การแยกไส้เดือนดินออกจากดินเหนียวเป็นเรื่องค่อนข้างยากและอาจทำให้ตัวไส้เดือนดินตัวขาดได้ในขณะที่ทำการแยก (อานัฐ, 2550)

2.7.6 อาหารของไส้เดือนดิน

นอกจากไส้เดือนดินจะกินดิน และอินทรียวัตถุต่างๆเป็นอาหารแล้วบางครั้งก็พบว่ากินโปรโตซัว สัตว์ขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ไส้เดือนฝอย แบคทีเรีย เชื้อรา หรือจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆเป็นอาหารด้วย ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้อาจถูกกินเข้าไปพร้อมกับอินทรียวัตถุที่กินเข้าไป อาหารที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปไม่ได้มีประโยชน์เฉพาะต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินเท่านั้น แต่รวมถึงการสืบพันธุ์ด้วย เช่น อาหารที่อุดมด้วย ไนโตรเจน จะมีผลทำให้ไส้เดือนดินสร้างถุงไข่ได้จำนวนมากและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งมูลสัตว์เป็นอาหารที่ทำให้ไส้เดือนดินเจริญเติบโตได้ดีมาก นอกจากชนิดของอาหารแล้วขนาดของอาหารก็มีส่วนต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนด้วยยิ่งชิ้นเล็กยิ่งดี ไส้เดือนส่วนใหญ่ชอบเศษอินทรียวัตถุในสภาพสดมากกว่าในสภาพแห้ง (อานัฐ, 2550)

ขยะอินทรีย์ที่ใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดิน ได้แก่เศษผัก เศษผลไม้ เปลือกแอปเปิล แอปเปิล เปลือกกล้วย แคนตาลูป และเปลือกไข่ ควรฝังกลบขยะอินทรีย์เพื่อป้องกันแมลงวันผลไม้ (Edwards, 1997) การให้อาหารขยะอินทรีย์ประเภทเศษผลไม้ ไส้เดือนสายพันธุ์ *Pheretima peguana* และ *Eisenia foetida* มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด หากให้มูลวัวเป็นอาหาร ไส้เดือนทั้งสองชนิดจะสามารถเพิ่มจำนวนตัวได้มากที่สุดและให้ปุ๋ยที่มีคุณภาพดีที่สุด (สุมา, 2549) การเลี้ยงไส้เดือนดินในสกุล *Pheretima* ในดินผสมมูลวัวหรือดินผสมมูลม้าไส้เดือนมีการอยู่รอดและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าที่เลี้ยงในดินผสมใบไม้ เมื่อเลี้ยงในภาชนะปิดฝาในดินที่มีใบไม้ผสมด้วย ไส้เดือนดินมีแนวโน้มที่จะมีอัตราการอยู่รอดสูงกว่าที่เลี้ยงในดินที่ไม่มีใบไม้เป็นส่วนผสม ไส้เดือนดินที่เลี้ยงในภาชนะขนาดใหญ่และเปิด ในดินผสมกับใบไม้มีแนวโน้มที่จะมีอัตราการอยู่รอดสูงกว่า (ปริศนา, 2533) ไส้เดือนดินในสกุล *Pheretima* สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในเศษซากพืช และย่อยสลายให้เป็นปุ๋ยหมักได้รวดเร็ว ถ้ามีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ในการกองอาหารไว้บนพื้นดินไส้เดือนดินจะกินและถ่ายไว้บนชั้นบนสุดของกองปุ๋ย การใช้ไส้เดือนดินจำนวนมากจะสามารถย่อยสลายให้เป็นปุ๋ยหมักได้รวดเร็วกว่าการใช้ไส้เดือนจำนวนน้อย หากเติมเศษซากพืชหรือเศษซากพืชที่แห้งเกินไปไส้เดือนจะผอมและว่องไวน้อยลง ไส้เดือนจะชอบส่วนผสมที่มีขี้วัวอยู่ ไส้เดือนสามารถย่อยต้นกล้วยเน่าได้ดี แต่มีปัญหาเรื่องมดเข้ามารบกวน (ฟิลิป, 2542) ไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae*สามารถกินสารอินทรีย์หลากหลายแบบ ทั้งมูลสัตว์ เศษพืช เศษอาหาร ผักผลไม้ที่มีเปลือกค่อนข้างแข็ง เปลือกไข่ กระดูก (Clemente, 1981; Sinha et al., 2003) หากให้อาหารที่เป็นมูลไก่ผสมอยู่ใน Bedding 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการเปลี่ยนเป็นปุ๋ยหมักดีที่สุด แต่การให้มูลไก่ผสมอยู่ใน Bedding 40 เปอร์เซ็นต์ทำให้ไส้เดือนดินชนิดนี้ตอบสนองด้านการเจริญเติบโต และการนำไปทำ ปุ๋ยหมักต่ำลง (ธิตินันท์, 2546) ไส้เดือนดิน *Perionyx excavatus* มีอัตราการเจริญเติบโต และการแพร่พันธุ์มากที่สุด ในอาหารขี้วัวผสมฟาง และขี้วัวผสมใบไผ่ ในทางตรงกันข้ามไส้เดือนเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์น้อยที่สุดในขี้วัวผสมกับเศษอาหาร และน้อยกว่าอาหารที่เป็นขี้วัวอย่างเดียว (Chuadhuri and Bhattacharjee, 2002) การใช้ใบยางในการเป็นอาหารของไส้เดือนดิน พบว่าสามารถนำมาเลี้ยงไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae, Eisenia foetida* และ *Perionyx excavatus* ได้ โดยจะมีความเหมาะสมกับ *Eudrilus eugeniae>Eisenia foetida >Perionyx excavatus* ตามลำดับ (Chaudhuri et al., 2003) ไส้เดือนดิน *Lumbricus rubellus Hoffmeister* หากให้อาหารพวกเปลือกแตงโมผสมกับมะละกอจะทำให้ให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวม จำนวนตัว และปริมาณสารคาร์โรทีนอยด์ในตัวไส้เดือนดินสูง (ดวงนภา, 2549)

2.7.7 แอมโมเนียและเกลืออนินทรีย์

สภาพที่มีแอมโมเนียสูงกว่า 0.5 มิลลิกรัม/Bedding 1 กรัม และเกลืออนินทรีย์มากกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสภาพเป็นพิษต่อไส้เดือนดินได้ (Edwards, 1977)

2.7.8 ปริมาณอินทรียวัตถุ

มีไส้เดือนดินเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น สามารถมีชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของอินทรียวัตถุสูงและสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยทั่วไปแล้วไส้เดือนที่มีขนาดใหญ่และขุดโพรงลึก ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ เนื่องจากมีอัตราการขยายพันธุ์ต่ำไม่สามารถที่จะผลิตอินทรียวัตถุในปริมาณมากได้ และเป็นผู้ใช้มากกว่าจะเป็นผู้ผลิตอินทรียวัตถุ (อัมพร, 2545)

2.7.9 อัตราการปล่อยไส้เดือนดิน

การเลี้ยงไส้เดือน *Eisenia foetida* พบว่า อัตราการปล่อยไส้เดือนดินที่ความหนาแน่นของไส้เดือน 1.6 กิโลกรัม/1ตารางเมตร และอัตราการให้อาหาร 1.25 กิโลกรัม/ไส้เดือน1 กิโลกรัม/วัน มีผลทำให้ไส้เดือนเปลี่ยนอาหารไปเป็นน้ำหนักตัวได้มากที่สุด และที่ความหนาแน่นไส้เดือน 1.6 กิโลกรัม/1ตารางเมตรและอัตราการให้อาหาร 0.75 กิโลกรัม/ไส้เดือน 1 กิโลกรัม/วัน ทำให้การหมักมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Ndegwa et al., 2000)

2.8 การใช้ไส้เดือนดินเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์

วิธีการในการผลิตอาหารจากโปรตีนจากไส้เดือนดิน มีทั้งวิธีการผลิตในรูปอาหารเปียกและอาหารป่น สามารถนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ แต่วิธีการต่างๆดังกล่าวจะได้ผลผลิตแห้งที่มีความแปรปรวนโดยวิธีการฆ่าไส้เดือนดินในน้ำร้อนแล้วอบให้แห้งในตู้อบ จะได้มวลแห้งของไส้เดือนต่ำสุดเท่ากับ 11.6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด และในวิธีการผลิตแบบวิธีการแช่เย็น จะได้ผลผลิตแห้งเท่ากับ13.5เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด และการฆ่าไส้เดือนดินในอะซิโตนแล้วอบแห้งจะได้มวลแห้ง 12.8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด สำหรับวิธีอบแห้งไส้เดือนดินในตู้อบจะได้มวลแห้งที่ดีที่สุดเท่ากับ 15.2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด ไส้เดือนป่นมีโปรตีน 60-70 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7-10 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 8-20 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุ 2-3 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 4,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งระดับโภชนะของไส้เดือนป่นจะแตกต่างกันไปตามวิธีการซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหารสัตว์ (Edwards , 1985) นอกจากนั้นไส้เดือนยังมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) เช่นไลซีน และกรดอะมิโนกลุ่มซัลเฟอร์อยู่ในปริมาณมากดังตารางที่ 6 และมีวิตามิน เช่น ไนอาซีน (niacin) ไรโบฟลาวิน (riboflavin) และวิตามินบี 12 ซึ่งจำเป็นสำหรับอาหารสัตว์ รวมทั้งยังอุดมไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวโซ่ยาว เช่น ลิโนเลอิค

(linoleic) อะราชิโดนิค (arachidonic) ซึ่งจำเป็นสำหรับอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวมาก เนื่องจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ (อานัฐ, 2550)

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบทางเคมีของไส้เดือนป่นจากงานทดลองต่าง ๆ

องค์ประกอบทางโภชนะ (%)	Sugimura et al. (1984)	Yoshida and Hoshii (1978)	Taboga (1980)
ชนิด	*Eisenia foetida*	*Eisenia foetida*	-
วิธีการ	อบให้แห้ง	แช่แข็ง, ทำให้แห้ง	ไม่ทำให้แห้ง
วัตถุแห้ง	91.20	92.60	-
เถ้า	7.80	8.80	-
โปรตีน	65.70	61.00	62.00-71.00
ไขมัน	12.00	8.50	2.30-4.50

ตารางที่ 2-2 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในไส้เดือนป่นจากงานทดลองต่าง ๆ

กรดอะมิโน เปอร์เซ็นต์	Yoshida and Hoshii (1978)	Mekada et al. (1979)	Taboga (1980)
อาร์จีนีน	0.69	0.45	0.73
ซีสทีน	0.08	-	0.18
ฮีสทีดีน	0.43	0.16	0.38
ไอโซลูซีน	0.47	0.43	0.53
ลูซีน	0.87	0.50	0.62
ไลซีน	0.87	0.59	0.73
เมทไธโอนีน	0.16	0.19	0.20
เฟนิลอะลานีน	0.44	0.34	0.51
ทรีโอนีน	0.52	0.69	0.60
ทริปโตเฟน	0.13	-	0.21
ไทโรซีน	0.44	0.27	0.46
แวลีน	0.51	0.51	0.44

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การนำไส้เดือนดินมาเป็นอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ ไส้เดือนดินจะถูกนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ เช่นเป็นเหยื่อตกปลา นอกจากนี้ยังมีการนำไส้เดือนดินมาเลี้ยงลูกปลาแซลมอล พบว่าปลาแซลมอลที่กินไส้เดือนดินจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาแซลมอลที่กินตัวไหม ตับวัว และกุ้ง (Akiyama et al., 1984) และปลาเทร้าที่กินไส้เดือนดินชนิด *Allolobophra longa* และ *Lumbricus terrestris* มีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาเทร้าที่กินอาหารสำเร็จรูป (Tacon et al., 1983) การนำไส้เดือนดินมาเป็นอาหารสัตว์ปีกเช่น ไก่เนื้อ พบว่าเมื่อให้อาหารที่ทำจากไส้เดือนดินในปริมาณ 75-215 กรัม/ น้ำหนักไก่ 1 กิโลกรัม ไก่จะเจริญเติบโตดี และมีน้ำหนักต่อหน่วยอาหารดีขึ้น (Fisher, 1988) และไก่จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเร็วกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ทำจากปลา ถึงแม้ไก่จะกินอาหารน้อย แต่ไก่มีกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Jin-you et al., 1982a) การใช้ไส้เดือนดินเป็นแหล่งโปรตีนเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนที่ได้จากเนื้อ นำมาเลี้ยงไก่พบว่า การเจริญเติบโตของไก่ไม่แตกต่างกัน (Harwood and Sabine, 1978) ในประเทศไทยมีการใช้ไส้เดือนดินในการเป็นอาหารบำรุงไก่ชนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงก่อนนำไปชน และมีเกษตรกรบางรายเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อใช้เป็นโปรตีนเสริมในฟาร์มไก่ สามารถลดต้นทุนการซื้ออาหารไก่ลงได้บางส่วน (อานัฐ, 2550) การนำไส้เดือนดินมาเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารลูกสุกรพบว่า ลูกสุกรมีการเจริญเติบโตเร็ว สามารถให้ลูกได้เร็วกว่า ลดการเกิดอาการท้องร่วง และยังพบว่าลูกสุกรมีความต้านทานต่อโรคเพิ่มขึ้น (Jin-you et al., 1982b)

การผลิตโปรตีนจากไส้เดือนดินทางการค้าในต่างประเทศ ผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพดีหากตัวไส้เดือนดินที่นำมาใช้ในการผลิตได้มาจากฟาร์มเลี้ยงไส้เดือนขนาดใหญ่ที่ใช้มูลจากสัตว์ปริมาณมากในการเลี้ยงไส้เดือนดิน มูลสัตว์เหล่านี้ทำให้ไส้เดือนดินสามารถเพิ่มประชากรได้มาก และเจริญเติบโตสูง ทำให้ตัวไส้เดือนดินมีโปรตีนสูง นอกจากนี้หลักเกณฑ์การผลิตไส้เดือนดินที่สำคัญในการผลิตเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วย การคัดแยกไส้เดือนดินออกจากมูลไส้เดือนต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก สิ้นเปลืองแรงงานและต้นทุนการผลิตสูง เป็นอุปสรรคสำคัญในการผลิตโปรตีนไส้เดือนดินทางการค้าทำให้ไม่ประสบความสำเร็จ (อานัฐ, 2550) แต่ปัจจุบันสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้โดยใช้เครื่องคัดแยกไส้เดือนที่มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถคัดแยกไส้เดือนดินออกจากมูลไส้เดือนดินได้รวดเร็วและใช้แรงงานคนน้อย (Fieldson et al., 1985) การคำนวณราคาเปรียบเทียบอาหารประเภทโปรตีนสัตว์พบว่าการใช้เนื้อผลิตเป็นอาหารโปรตีนเลี้ยงสัตว์ปีกทางการค้าในประเทศออสเตรเลีย มีราคา 7,680 บาท/ตัน แต่ถ้าใช้ไส้เดือนดินในจำนวนที่เท่ากัน พบว่า มีราคาสูงถึง 9,440 บาท/ตัน และอาจสูงถึง 12,000 บาท /ตัน ซึ่งเป็นราคาต้นทุนที่สูงกว่าหลายเท่าตัว อาจไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้โปรตีนจากไส้เดือนดินในการเลี้ยงสัตว์ในเชิงการค้า ในประเทศแคนาดา การใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* เป็นแหล่งอาหารโปรตีนเลี้ยงสัตว์ ต้นทุน 840 บาท/กก. (840,000 บาท/ตัน)

และการใช้เนื้อสันในวัว ต้นทุน 640 บาท/กก. (640,000 บาท/ตัน) หากคำนวณโดยใช้ฐานของปริมาณ กรดอะมิโน แร่ธาตุ พลังงาน และสารอาหารอื่นๆ ที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อไส้เดือนดินมาเปรียบเทียบกับปริมาณของสารอาหารที่ได้จากอาหารโปรตีนสำหรับเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตได้จากเนื้อวัว พบว่า การใช้ไส้เดือนดินปริมาณมากในการผลิตโปรตีนจะมีราคาต้นทุนในการผลิตสูงมาก (Sabine, 1983) ในประเทศอังกฤษปี 1983 พบว่าอาหารที่ผลิตจากไส้เดือนดินมีราคาประมาณ 9,200 บาท/ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผลิตจากเนื้อและกระดูกป่นซึ่งมีราคาประมาณ 6,400 บาท/ตัน และอาหารที่ทำจากเนื้อปลาราคา 9,200 บาท/ตัน จากราคาดังกล่าว พบว่า การผลิตอาหารโปรตีนจากไส้เดือนดินเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ในเชิงการค้ายังไม่สามารถทำได้เต็มที่ในทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสัตว์ที่ผลิตจากเนื้อสัตว์อื่นๆทางการค้า (Satchell, 1983)

2.9 การใช้ไส้เดือนดินเป็นยาบำรุงและยารักษาโรคในมนุษย์

ในตำราแพทย์แผนไทย ไส้เดือนดินเป็นเครื่องยาอีกชนิดหนึ่ง บางตำราเรียกไส้เดือนดินว่า รากดินหรือไส้ดิน ตำราสรรพคุณยาโบราณได้กล่าวว่าไส้เดือนดินแห้ง มีรสเย็น คาว ต้มน้ำดื่ม หรือทำเป็นเม็ด มีสรรพคุณแก้ไข้พิษ ระงับความร้อน แก้อาการเกร็ง แก้ตาแดง แก้อัมพาตครึ่งซีก แก้คอพอก แก้เจ็บปวดตามข้อ และใช้ส่วนขี้เถ้าที่ได้จากการเผาตัวไส้เดือนดินซึ่งมีรสเย็น เค็ม มีสรรพคุณแก้ไข้ แก้ร้อนใน กระหายน้ำ แก้ปากคอเปื่อย แก้ทอลซิลอักเสบ แก้ฝีในคอ แก้ปวดกระดูก (ชยันต์ และวิเชียร์, 2546) ในประเทศจีน เกาหลี เวียดนาม และในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการนำไส้เดือนดินมาทำยารักษาโรคหลายชนิด โดยนำไส้เดือนดินมาตากแห้ง บดให้เป็นผงผสมในสูตรยาต่างๆ เป็นยาบำรุงหรือยารักษาโรค ไส้เดือนดินสกุล *Lumbricus* ถูกนำมาใช้รักษาโรคมานานหลายพันปีมาแล้ว จึงเรียกไส้เดือนดินว่า Earth dragon ในประเทศเกาหลีเชื่อว่าไส้เดือนดินสามารถนำมากินบำรุงสุขภาพและป้องกันโรคต่างๆ (El-Kamali, 2000) ในประเทศเวียดนาม ไส้เดือนดินเป็นส่วนผสมหลักในการเป็นยารักษาโรคแบบดั้งเดิม เรียกว่า Miracle medicine สามารถช่วยชีวิตคนได้ภายใน 60 นาที มีการศึกษาอย่างแพร่หลายเกี่ยวกับการใช้ไส้เดือนดินในประเทศเวียดนาม แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการใช้ไส้เดือนดิน ในด้านเป็นตัวส่งเสริมภูมิต้านทานและสุขภาพหัวใจและหลอดเลือด ตัวไส้เดือนดินมีธาตุอาหารที่มาจากดินจำนวนมากจึงมีคุณสมบัติช่วยต้านอนุมูลอิสระ (Mihara et al., 1996) มีการทดลองสกัดแยกเอนไซม์ Lumbrokinase ที่ได้จากไส้เดือนป่นนำมาทำเป็นอาหารเสริม (Gao and Qin, 1999) Glycolipoprotien (G-90) เป็นส่วนผสมที่ได้จากการทำ Homogenate เนื้อเยื่อของไส้เดือนดิน *Eisenia foetida* ซึ่งมีคุณสมบัติ anti-bacterial (Popovic et al., 2005) และมีคุณสมบัติ anti-fungal ได้คือสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Candida albicans* ได้ (Abdullah and Kaminie, 2011) G-90 ประกอบด้วย macromolecules

สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับยา และสามารถประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ได้ โดยมีหน้าที่หลากหลาย เกี่ยวกับการเป็น Growth factor เช่น กระตุ้นให้เซลล์มีจำนวนเพิ่มขึ้น, มี Insulin like growth factor (IGF like), มีสารที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันของร่างกายคือ Immunoglobulin like growth factor (IgFG-like), มี Serine peptidase กับ Tyrosine code และมี Epidermal growth factor (EGF) นอกจากทำตัวเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตแล้ว G-90 ยังทำสามารถให้เอนไซม์ Fibrinolytic ทำงานดีขึ้นโดยไปต้านการแข็งตัวของเลือดไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน คุณสมบัติทั้งสองของ G-90 จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ G-90 ด้วย กิจกรรมการต้านการแข็งตัวของเลือดจะขึ้นอยู่กับชนิดของ Anticoagulants (G-90, PI, PII) G-90 สามารถเป็นตัว Antioxidant ครอบคลุมถึงการเป็น Antimicrobial ทั้งในหลอดทดลอง (in vitro) และในตัวสัตว์ (in vivo) (Cooper et al., 2004)