บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินจัดอยู่ในไฟลัมแอนนีลิดา (Phylum Annelida) คลาสโอลิโกชีตา (Oligochaeta) จัดเป็นผู้บริโภค (consumer) ระดับสกาเวนเจอร์ (scavenger) คือเมื่อกินเข้าไปจะมีการย่อยภายใน มีลำตัวเป็นปล้อง ๆ (segmentation) มีเยื่อ (cuticle) คลุมผิวหนังที่มีลักษณะบางชื้นใช้ในการหายใจได้ เคลื่อนไหวโดยใช้เดือยรอบ ๆ ปล้อง (setae) ปล้องที่ 14, 15, 16 เรียกว่าไคลเทลลัม (clitellum) เป็นส่วนที่สร้างถุงไข่ (cocoon) เป็นกระเทยที่แท้จริง คือสามารถสร้างได้ทั้งไข่และอสุจิแต่ผสมกันในตัวเองไม่ได้ มีกึ๋น (gizzard) ช่วยในการย่อยอาหาร มีอวัยวะขับถ่ายเรียกว่าเนฟริเดีย (nephridia) ขับของเสียที่เป็นของเหลวออกทางรูผิวหนัง มีหัวใจเทียม (pseudo heart) อยู่ระหว่างปล้องที่ 8-13 มีเลือดสีแดง hemoglobin อยู่ในน้ำเลือด (plasma) มีเส้นประสาททางด้านท้อง (ventral nerve cord)

ลักษณะภายนอกของไส้เดือนดิน

ลำตัวของไส้เดือนดินเป็นทรงกระบอก ด้านท้องแบนเล็กน้อยและสีซีดกว่าด้านหลัง ลำตัวมีปล้องขนาดเท่ากัน มีร่องระหว่างปล้อง (intersegmented groove) ปลายด้านหน้ามีก้อนเนื้ออยู่คือ โปรสโตเมียม (prostomium) เป็นส่วนหัวซึ่งไม่ถือเป็นปล้อง ถัดจากโปรสโตเมียม เป็นลำตัวที่เป็นปล้อง ปล้องลำตัวปล้องแรกคือ เพอริสโตเมียม (peristomium) ปากอยู่ที่เพอริสโตเมียมใต้โปรสโตเมียม ปล้องลำตัวของไส้เดือนดินบางปล้องหนาขึ้นเป็นปลอกเนื้อ ที่เรียกว่าไคลเทลลัม (clitellum) จะเห็นได้ชัดเจนในตัวที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ตำแหน่งของไคลเทลลัมต่างกันในไส้เดือนดินแต่ละชนิด ไคลเทลลัมของ *Pheretima sp.* จะอยู่ที่ปล้องที่ 14-16 ส่วน *Lumbricus sp.* อยู่ที่ปล้องที่ 32-37 ปล้อง แต่ละปล้องของลำตัวยกเว้นปล้องแรกและปล้องท้ายมีเดือยอยู่ Pheretima มีเดือยเรียงเป็นระยะรอบปล้อง บริเวณกึ่งกลางปล้อง สำหรับ *Lumbricus sp.* มีเดือยเพียง 4 คู่ คือด้านข้าง ๆ ละ1 คู่ สองข้างของด้านท้องข้างละ 1 คู่

ลักษณะภายในของไส้เดือนดิน

เมื่อผ่าตัดไส้เดือนดินตามขวางจะพบผนังลำตัว (body wall) ซึ่งประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ เรียงตามลำดับดังนี้

ชั้นคิวติเคิล (cuticle) เป็นชั้นบาง ๆ อยู่ผิวนอกสุดของผนังลำตัว ประกอบด้วยสารต่าง ๆ ที่ไม่ใช่เซลล์ คือ โปรตีน โพลีแซคคาไรด์และเจลลาติน ผสมอยู่ในชั้นนี้ เมื่อกระทบแสงสว่างจะเกิดสีรุ้ง

อีพิเดอร์มิส (epidermis) เซลล์ชั้นนี้หนาเพียงชั้นเดียวเป็นเซลล์บุผิว รูปแท่งทรงกระบอก (columna) นอกนั้นมีเซลล์ชนิดอื่นแทรกอยู่ด้วย เช่น เซลล์ต่อม (gland cell) สำหรับสร้างเมือกทำให้ผิวหนังของไส้เดือนดินเปียกชุ่มและลื่นอยู่เสมอ เซลล์รับแสง (photoreception cells) ทำหน้าที่คล้ายลูกตารับความรู้สึกเกี่ยวกับแสงสว่าง นอกจากนั้นยังมีเซลล์รับความรู้สึก (sensory cells) ซึ่งอยู่กันเป็นกลุ่ม แทรกอยู่ในอีพิเดอร์มิสนี้ ทั้งเซลล์รับแสงและเซลล์รับความรู้สึก จะมีปลายเส้นประสาทไปเลี้ยง เมื่อได้รับความกระทบกระเทือนหรือมีแสงสว่างกระทบตัว จะเคลื่อนที่ถอยหลังหนีไปและนอกจากนี้แล้วเซลล์เหล่านั้นยังสามารถดมกลิ่นได้อีกด้วย

ชั้นกล้ามเนื้อ (muscles) อยู่ใต้อีพิเดอร์มิสลงไป ชั้นกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 2 ชั้น กล้ามเนื้อชั้นนอกอยู่ติดกับอีพิเดอร์มิสเป็นกล้ามเนื้อวงกลม (circular muscle) ส่วนกล้ามเนื้อชั้นในเป็นกล้ามเนื้อยาว (longitudinal) มีความหนามากกว่าชั้นกล้ามเนื้อวงกลม เซลล์กล้ามเนื้อยาวจะรวมตัวเป็นมัดเรียงตามยาว

ชั้นเยื่อบุช่องท้อง (peritoneum) เป็นชั้นของเซลล์ที่เจริญมาจากเนื้อเยื่อมีโซเดิร์ม (mesoderm) เรียงตัวติดกับกล้ามเนื้อยาวเยื่อบุช่องท้องนี้เรียกว่า เยื่อบุพาริทอล (parital peritoneum) (บพิธ และนันทพร, 2540)

ช่องตัว (Coelom)

ช่องตัวของไส้เดือนดินบุด้วยเพอริโตเนียมทั้งหมดอยู่ระหว่างผนังลำตัวและผนังลำไส้ (intestinal wall) โดยมีเยื่อบุช่องท้อง (peritoeum) บุทั้งสองด้าน ช่องตัวนี้จะมีเยื่อกั้น (septum) เริ่มจากปล้องที่ 4-5 ภายในช่องตัวมีของเหลว (coelomic fluid) อยู่ (บพิธ และนันทพร, 2540)

ระบบประสาท

ระบบประสาทของไส้เดือนดินประกอบด้วย ปมประสาทสมอง (suprapharyngeal ganglion) เป็นปมประสาท 2 ปม เชื่อมกันอยู่บนคอหอย ตรงหน้าสุดของปล้องที่ 3 จากปมทั้งสองนี้มีเส้นประสาทอ้อมรอบคอหอย ไปพบกันเป็นปมด้านล่างของคอหอย บริเวณด้านหลังของปล้องที่ 3 หรือด้านหน้าสุดของปล้องที่ 4 ปมที่พบนี้ เรียกว่าปมประสาทใต้คอหอย (subpharyngeal

ganglion) ซึ่งนับได้ว่า เป็นปมประสาทปมแรกของเส้นประสาทใหญ่ด้านท้อง (ventral nervecord) เส้นประสาทจากสมอง อ้อมคอหอยมานี้เรียกว่า circum pharyngeal commisure จากปมประสาทใต้คอหอยมีเส้นประสาทยาวตลอดตัวเรียกว่า เส้นประสาทใหญ่ด้านท้อง (ventral nervecord) เส้นนี้แท้จริงเป็น 2 เส้นคู่กัน แต่เชื่อมกันจนแลดูคล้ายกับว่า เป็นเส้นเดียว ตรงกลางปล้อง เส้นประสาทนี้จะพองออก เป็นปมประสาทตรง septum ลักษณะคอด ในปล้องหนึ่ง ๆ จะมีแขนงประสาท (lateral nerve) แยกออกไปยังผนังลำตัวและอวัยวะที่อยู่ใกล้เคียง ทั้งนี้ทุกปมประสาทจะมีเส้นประสาทเล็ก ๆ หลายเส้นโยงไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย นอกจากนี้ ไส้เดือนดินยังสามารถเกิด reflexarc แบบง่าย ๆ ได้อีกด้วย

โภชนาการและระบบย่อยอาหาร

บพิธ และนันทพร (2540) กล่าวว่า อาหารของไส้เดือนดินเป็นสารอินทรีย์ที่อยู่ในดิน แต่ปริมาณของสารอินทรีย์ในดินมีน้อย ไส้เดือนดินจึงกินเอาดินเข้าไปในปริมาณสูง ดังนั้นในทางเดินอาหารจึงมีดินอยู่มาก ไส้เดือนดินอาจกินพืชผักโดยตรงได้ ขณะที่กินอาหารจะยื่นส่วนของอุ้งปากออกมาดูดเอาอาหารเข้าไป ลำไส้ทำหน้าที่ย่อยและดูดซึมอาหาร ลำไส้ของไส้เดือนมีแขนงยื่นเข้าไปภายในแขนงใหญ่สุดอยู่ทางด้านหลังเรียกว่าไทโฟลโซล (typhlosole) เป็นส่วนที่เพิ่มพื้นที่ผิวในการย่อยอาหาร ไทโฟลโซลพบตั้งแต่ปล้องที่ 26 ลงไป ไทโฟลโซลของ *Pheretima sp.* เป็นเพียงแขนงขนาดเล็กยื่นเข้าไป แต่สำหรับ *Lumbricus sp.* เจริญเกือบเต็มท่อลำไส้ มีทวารหนัก (anus) เป็นช่องเปิดทรงกลมอยู่ท้ายสุดของลำตัว

การแลกเปลี่ยนกาซ

ไส้เดือนดินไม่มีอวัยวะในการหายใจ การแลกเปลี่ยนกาซเป็นการแลกเปลี่ยนที่ผนังลำตัวซึ่งบางใสและมีเส้นเลือดฝอยมาก เซลล์ต่อมที่ผิวและของเหลวจากช่องตัวทำให้ผิวตัวชุ่มชื้น ช่วยในการแลกเปลี่ยนกาซ ออกซิเจนแพร่เข้าสู่กระแสเลือดโดยตรงและคาร์บอนไดออกไซด์แพร่ออกจากเลือด ไส้เดือนดินจะแลกเปลี่ยนกาซได้ในขณะที่ผิวตัวชื้น แต่ถ้าหากมีน้ำท่วมตัวนาน ๆ จะแลกเปลี่ยนกาซไม่ได้และตายในที่สุด (บพิธ และนันทพร, 2540)

ระบบหมุนเวียนเลือด

ระบบหมุนเวียนเลือดของไส้เดือนดินเป็นระบบปิด คือมีการไหลเวียนไปทางเดียวกันและมีการไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา

ระบบขับถ่าย

อวัยวะขับถ่ายของไส้เดือนดิน คือ เนฟริเดียม (nephridium) เนฟริเดียม มี 3 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นกรวยรับของเสียคือ เนโฟรสโตม (nephrostome) ส่วนที่เป็นท่อ (nephridial tubule) และปลายเปิดของท่อคือ เนฟริดิโอพอร์ (nephridiopore) *Lumbricus sp.* มีเนฟริเดียมดังกล่าวปล้องละ 1 คู่ อยู่สองข้างของลำไส้ยกเว้นสามปล้องแรกและสามปล้องสุดท้ายของลำตัวเนโฟรสโตมและท่ออยู่ในช่องลำตัว เนฟริดิโอพอร์เปิดออกภายนอก ที่สองข้างของด้านท้อง

ระบบสืบพันธุ์

การผสมพันธุ์ ไส้เดือนดินมีเพศรวมแต่ปฏิสนธิข้ามตัวและเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้เจริญเต็มที่ก่อนไข่ ไส้เดือนดินมีอวัยวะสืบพันธุ์ทั้ง 2 เพศอยู่ใกล้กับไคเทลลัมมีลักษณะเป็นปลอกหนาบริเวณใกล้ ๆ หัวไส้เดือนดิน ซึ่งบริเวณหัวนี้จะมีช่องเปิดสำหรับรับอสุจิจากภายนอกมาเก็บไว้ รอจนกว่าไข่จะสุกพร้อมผสม จากนั้นไส้เดือนดินจะสร้างโคคูนที่ไคเทลลัมและบีบไข่ที่สุกแล้วไปไว้ภายในโคคูน แล้วขยับแบบถอยหลังส่วนของโคคูนที่มีไข่จะอยู่กับที่ ตัวไส้เดือนดินค่อย ๆ ถอยจากโคคูนในลักษณะคล้ายการถอดเสื้อออกทางหัว เมื่อส่วนหัวไส้เดือนดินตรงที่เป็นช่องเปิดของอสุจิตรงกับโคคูนจะมีการบีบอสุจิออกมาผสม แล้วไส้เดือนดินก็ถอยต่อไปจนหลุดจากโคคูน ทิ้งให้ตัวอ่อนเจริญเติบโตต่อไปในโคคูน เมื่อจะผสมพันธุ์ไส้เดือนดินจะขึ้นมาบนผิวดิน โดยผสมพันธุ์แบบข้ามตัว (xternal cross fertilization)

สายพันธุ์ไส้เดือนดินที่ทำการวิจัย

1. สายพันธุ์ไทย *Pheretima peguana* มีการปรับตัวดีมากในสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ จัดเป็นสายพันธุ์ที่มีความตื่นตัวสูง เมื่อจับตัวจะต่อสู้ดิ้นรนอย่างรุนแรง ลักษณะคล้ายงู มีพลังมาก ถิ่นฐานดั้งเดิมของสายพันธุ์นี้อยู่ในอินเดียและเอเชียตะวันออก มักใช้เป็นเหยื่อตกปลา พบทั่วไปตามดินชื้น ร่วนซุย ใต้กองขยะมูลฝอย เพิ่มปริมาณรวดเร็วในที่มีอินทรียวัตถุมาก

2. สายพันธุ์ *Lumbricus rubellus* เป็นไส้เดือนดินสีแดงสายพันธุ์ต่างประเทศ ที่อยู่ในกลุ่มแลมบริซิด เป็นสายพันธุ์ที่ถูกนำมาใช้เป็นการค้ามากที่สุด เนื่องจากมีลูกดก ลำตัวสีแดงและไม่มีกลิ่นเหม็น ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่หนาวจัดได้ดี นิยมใช้เป็นเหยื่อตกปลา เป็นสายพันธุ์ที่ย่อยขยะได้รวดเร็ว ชอบอยู่ในที่มีสารอินทรีย์สูง ๆ เมื่อนำไปใส่กองปุ๋ยหมักมูลสัตว์ จะช่วยทำการย่อยสลายให้กลายเป็นปุ๋ยหมักได้อย่างรวดเร็ว

3. สายพันธุ์ *Eisenia foetida* เป็นไส้เดือนดินสีแดงสายพันธุ์ต่างประเทศ มีขนาดยาว 2-5 นิ้ว ขนาดลำตัวเล็กกว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์อื่น ชอบของเน่าเสียจากสารอินทรีย์ กองขยะ กองปุ๋ยคอกที่มีสารอินทรีย์สูง ๆ มีลูกดก พบบริเวณริมแม่น้ำ เนื่องจากมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายกว่า มีกลิ่นเหม็นรุนแรง

4. สายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* เป็นไส้เดือนดินสีแดงสายพันธุ์ต่างประเทศ ที่มีขนาดยาว 2-12 นิ้ว ออกลูกดก ทนอยู่ในสภาพอากาศต่าง ๆ ได้ดี สามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้รวดเร็ว กินอาหารเก่ง ลำตัวเมื่อโตเต็มที่จะมีสีแดงออกดำ คืบคลานเร็ว (อานัฐ, 2543) ไม่ทนต่อความหนาว

ตาราง 1 แสดงข้อแตกต่างของไส้เดือนดินแต่ละชนิด

ลักษณะ	*Pheretima peguana*	*Lumbricus rubellus*	*Eisenia foetida*	*Eudrilus eugeniae*
จำนวนปล้อง (ประมาณ)	120	90-150	75-150	-
ความยาวลำตัว	10-20 ซม.	7-15 ซม.	5-15 ซม.	5-30 ซม.
จำนวนตัว/กิโลกรัม	1,200-1,300	2,400	5,400	1,700
ไคลเตลลัม	ปล้องที่ 14-16	ปล้องที่ 27-32	ปล้องที่ 24, 25,26-32	-
female pore	ปล้องที่ 14	ปล้องที่ 15	-	-
male pore	1 คู่ ปล้องที่ 18	1 คู่ ปล้องที่ 16	-	-
spermathecal pore	ที่ 6/7, 7/8, 8/9	10/11	10/11 (dorsal)	-
genital papillae	17/18 และ 18/19	-	-	-

ที่มา: อานัฐ ตันโช (2547)

ไส้เดือนดินสายพันธ์ *Pheretima peguana* มีน้ำหนักตัวมากที่สุด (ขนาดของลำตัวที่สุด) รองลงมา คือ *Eudrilus eugeniae, Lumbricus rubellus* และ *Eisenia foetida* ที่ขนาดลำตัวเล็กที่สุด (อานัฐ, 2549)

Edwards (1998) รายงานว่า อัตราการฟักตัวของไส้เดือนดิน โดยทั่วไปมักจะพบตัวอ่อนที่ฟักออกมา มีชีวิตรอดแค่ 1-2 ตัว แต่ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* สามารถฟักตัวอ่อนได้มากกว่า 1 ตัว จาก 1 ถุงไข่

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน

อุณหภูมิ (temperature) ไส้เดือนดินสามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 29.5-30 องศาเซลเซียส (85-90 องศาฟาเรนไฮน์) แต่มีบางชนิดที่มีชีวิตอยู่ได้ในที่ชื้นและมีร่มเงา ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 37 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮน์) ไส้เดือนดินจะตายที่จุดเยือกแข็ง

ความชื้น (moisture) ไส้เดือนดินต้องการความชื้นเล็กน้อยในการเจริญเติบโตและต้องไม่กระทบกับแสงแดดที่ร้อนแรงโดยตรง การศึกษาระดับความชื้นของวัสดุเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretima peguana* พบว่า ไส้เดือนดินสามารถเจริญเติบโตได้ทุกระดับความชื้นตลอดการทดลอง 90 วัน แต่การเปลี่ยนแปลงทางด้านน้ำหนักตัวที่ระดับความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนตัวรวมมากกว่าระดับความชื้นอื่น ๆ (Ghabbour, 1975) พบว่า *L. rubellus* ที่อาศัยในกองปุ๋ยหมัก ชอบความชื้นมากกว่าที่อาศัยในดิน

การระบายอากาศ (aeration) ไส้เดือนดินสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ในที่ซึ่งมีกาซออกซิเจน (oxygen) ค่อนข้างต่ำและกาซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) สูง และสามารถอยู่ได้ในบริเวณน้ำท่วม ซึ่งมีกาซออกซิเจนละลายอยู่ อย่างไรก็ตามถ้าไม่มีกาซออกซิเจนเลยไส้เดือนดินก็อาจจะตายได้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไส้เดือนดินจะเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 4.2-8.0 แต่จะดีที่สุดเมื่อความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 7.0 หรือที่ระดับความเป็นกลาง การศึกษาระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretima peguana* โดยการพิจารณาด้านการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเมื่อเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ปรากฏผลดังนี้ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 4.5 ไส้เดือนดินไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ส่วนที่ระดับความเป็นกรด-ด่างอื่น ๆ ที่ทดสอบไส้เดือนดินสามารถมีชีวิตอยู่ได้ตลอดการทดลอง แต่มีแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงทางด้านจำนวน น้ำหนักตัวที่ลดลง ที่ระดับความเป็นกรดด่าง 7.5 และ 8.0 แสดงว่าที่ระดับความเป็นกรดด่างที่เป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0 ถึง 8.0) เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน เศษซากอินทรีย์ที่อยู่บนดิน เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญตามธรรมชาติของไส้เดือนดิน การใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นการเพิ่มแหล่งอาหารให้แก่ไส้เดือนดินได้เป็นอย่างดี (วรางคนา, 2526)

ไส้เดือนดินสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในดินกรดที่ไม่เป็นกรดจัดมากนัก แต่ก็ชอบดินที่มีความเป็นกลางจนถึงด่างอ่อน ๆ ได้มีรายงานการค้นพบไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus terrestris* ในดินที่มี pH 5.4 รวมถึงสายพันธุ์ *Allolobophora caliginosa* ในดินที่มี pH 5.2-5.4 ในขณะที่พบไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* ในดินที่มี pH ช่วง 7.0-8.0 เช่นเดียวกับสายพันธุ์

Lumbricus rubellus ที่ใช้เป็นสายพันธุ์ทางการค้าเช่นกัน pH มีอิทธิพลต่อไส้เดือนดินโดยทางอ้อม เนื่องจากความเป็นกรดมีผลต่อปริมาณแคลเซียมในดินที่เป็นธาตุที่สำคัญ ในการช่วยให้ไส้เดือนดินย่อยอาหารได้ดี ความเป็นกรดจะลดปริมาณแคลเซียม ที่จะเป็นประโยชน์ต่อไส้เดือนดินลง ดังจะเห็นได้จากคำแนะนำให้พ่นแคลเซียมในถังที่เลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อกำจัดขยะอินทรีย์และเศษอาหารจากบ้านเรือนนาน ๆ ครั้ง เพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับไส้เดือนดิน ในสภาพที่มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (อานัฐ, 2543)

การจำแนกไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินจะถูกจำแนกอย่างหยาบ ๆ ได้ตามความยาว สีหรือแถบสีที่ลำตัวโดยจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ไส้เดือนดินสีแดง และไส้เดือนดินสีเทา การเคลื่อนไหว เช่น ไส้เดือนดินสีแดงจะเคลื่อนไหวได้เร็ว และชอบอาศัยในที่ที่มีอินทรียวัตถุสูง ในกองมูลสัตว์ กองเศษพืชในช่วงแรกของการสลายตัว โดยชอบอยู่ใกล้ผิวดินมากกว่าไส้เดือนดินสีเทา แต่พบว่ามูลของไส้เดือนดินสีเทาจะมีเปอร์เซ็นต์แร่ธาตุสูงกว่า (อานัฐ, 2543)

การแบ่งแยกพฤติกรรมในเชิงนิเวศของไส้เดือนดิน

1. ไส้เดือนดินกลุ่ม Epigeic ไส้เดือนดินในกลุ่มย่อยนี้อาศัยอยู่ในชั้นดินพื้นผิวและกินอาหารจากซากพืชที่เน่าเปื่อยแล้ว ไส้เดือนดินกลุ่มนี้จึงมีขนาดเล็กและขยายพันธุ์ได้เร็ว

2. ไส้เดือนดินกลุ่ม Endogeic ไส้เดือนดินกลุ่มนี้อยู่ชั้นใต้พื้นผิวดิน โดยอยู่ในอุโมงค์ดิน (burrow) แนวราบซึ่งมีแขนงแตกไปทั่ว กินดินเป็นจำนวนมาก และชอบดินที่มีอินทรียวัตถุสูง จึงส่งผลโดยตรงต่อการย่อยสลายซากพืชที่ตายแล้ว แต่ไม่สำคัญในการกำจัดซากพืชที่มีอยู่บนผิวดิน

3. ไส้เดือนกลุ่ม Anecic ไส้เดือนกลุ่มนี้สร้างอุโมงค์ในแนวดิ่งลึกลงไปในดินและกลับขึ้นมาผิวดินอีกครั้งหนึ่งเพื่อกินมูลสัตว์ ใบไม้และวัตถุธาตุอื่น ๆ ไส้เดือนดินในกลุ่มนี้ เช่น nightcrawler (*Lumbricus terrestris* และ *Aporrectodea longa*) เป็นไส้เดือนดินที่ส่งผลต่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุและการสร้างดิน (formation of soil)

การทำปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดินช่วยย่อยสลาย

การใช้ไส้เดือนดินในขบวนการผลิตปุ๋ยหมัก นับว่าเป็นวิธีการหมักปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง เพื่อย่อยสลายเศษซากพืชให้กลับกลายเป็นธาตุอาหารที่มีประโยชน์กับพืช ผลจากการกินและขับถ่ายของไส้เดือนดินทำให้ได้เศษซากขนาดเล็ก โดยไม่เกิดความร้อนและกลิ่นเหม็นเหมือนการหมักทั่วไป ปุ๋ยที่ได้จากการหมักโดยใช้ไส้เดือนดินช่วยย่อยสลาย (vermicompost) จะมีลักษณะร่วนซุย เป็นเม็ดสีดำสนิท มีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่าปุ๋ยหมักทั่วไป และมีธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่าย รวดเร็ว เมื่อใช้ผสมกับดินจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินให้มากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงดินที่มีประสิทธิภาพดีอีกวิธีหนึ่ง (ทัศนีย์, 2540)

ภาวนา (2542) กล่าวว่า ลักษณะของวัสดุเหลือทิ้งมีความผันแปรมาก ในด้านปริมาณวัตถุที่ใช้ทำแต่ละครั้ง ผันแปรตามช่วงเวลา สภาพดินฟ้าอากาศ และวิธีการทำปุ๋ยหมัก ดังนั้นจึงส่งผลทำให้วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักที่ได้ผันแปรไปด้วย นอกจากนี้ธรรมชาติของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักไม่เป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้ภายในกองปุ๋ยหมักไม่สม่ำเสมอ รวมทั้งภาชนะที่ใช้ในการทดลองก็อาจทำให้เกิดความผันแปรได้

ทัศนีย์ และคณะ (2542) กล่าวว่า ไส้เดือนดินที่สามารถนำมาใช้ผลิตปุ๋ย มักมีขีดจำกัดในการทนต่อสารเคมี และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในเศษซากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งต้องมีความเหมาะสมเท่านั้น

การเขตกรรมที่ลึกมักเป็นอันตรายต่อไส้เดือนดิน โดยสามารถทำให้ไส้เดือนดินตายทันที จากการแตกของอุโมงค์ ความชื้นในดินลดลงและทำให้ซากพืชผิวดินมีน้อย เมื่อเทียบกับการเขตกรรมที่ตื้นกว่าหรือการยกสันดิน (ridge tillage) และการจัดการซากพืชจะเห็นว่าวิธีการในกลุ่มหลังทำให้กิจกรรมของไส้เดือนดินเกิดเพิ่มขึ้น ไส้เดือนดินชอบซากใบไม้ที่มีอัตราส่วน C/N ต่ำ และชอบซากพืชตระกูลถั่วหรือโคลเวอร์มากกว่าซากของหญ้า ดังนั้นซากพืชที่เหลือไว้เพื่อคลุมดิน (mulch) จึงมีประโยชน์มากในการเพิ่มจำนวน (density) ของไส้เดือนดิน

ประโยชน์ของไส้เดือนดิน

ด้านการศึกษา เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่ใช้ประโยชน์ในการสอนวิชาชีววิทยา

ด้านนิเวศวิทยา ช่วยทำให้พืชเจริญเติบโตจากมูลไส้เดือนดิน ซึ่งมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและจากการชอนไชไปในดินเพื่อหาอาหารของไส้เดือนดิน ทำให้ดินเป็นรูพรุนช่วยให้น้ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวกเหมาะแก่การเจริญเติบโตของรากพืช

ด้านการเกษตร ไส้เดือนดินมีประโยชน์ต่อการเกษตรในกรณีต่อไปนี้

1. ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์โดยธรรมชาติ ไส้เดือนดินเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินจากการถ่ายมูลที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืชที่ใดก็ตามที่มีไส้เดือนดินอาศัยอยู่มาก ๆ แสดงว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ในระบบเกษตรยั่งยืนไส้เดือนดินช่วยลดการพังทลายของดินและเพิ่มความชื้นให้กับดิน

2. ช่วยปรับปรุงดินเสื่อมโทรม ได้มีการใช้ไส้เดือนดินเป็นตัวการสำคัญในการปรับปรุงดินหลายแห่ง แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยอินทรียวัตถุที่เป็นของเหลือทิ้ง เช่น กากอาหาร ของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น เพราะไส้เดือนดินอาศัยสิ่งเหล่านี้เป็นอาหารแล้วถ่ายมูลเป็นปุ๋ยแก่พืช พร้อมทั้งทำให้ดินมีรูพรุนและมีอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น

3. ช่วยผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณค่าต่อพืช โดยที่มูลของไส้เดือนดินมีธาตุอาหารที่พืชต้องการ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ครบบริบูรณ์และอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ดี จึงเป็นประโยชน์ทันที ไม่เป็นอันตรายต่อพืช

4. เป็นอาหารสัตว์อย่างดี ไส้เดือนดินเหมาะเป็นอาหารของปลา กุ้ง กบ ไก่ เป็ด หมู และอื่น ๆ แม้แต่มนุษย์ก็เริ่มสนใจทำอาหารและยาจากไส้เดือนดิน

ด้านการกำจัดขยะและสิ่งปฏิกูล ปัจจุบันได้มีการใช้ไส้เดือนดินช่วยกำจัดขยะและสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ของทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อุจจาระและสิ่งขับถ่ายทั้งของมนุษย์และสัตว์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากไส้เดือนดินช่วยกัดกินขยะและสิ่งปฏิกูลเหล่านี้อย่างรวดเร็ว (ศรี, 2538)

ไส้เดือนดินเป็นสิ่งมีชีวิตที่มักพบเสมอ ๆ ในที่ดินที่มีความชุ่มชื้นและมีอินทรียวัตถุมาก ไส้เดือนดินจัดเป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังจะอยู่ในดินที่ไม่ปนเปื้อนสารพิษจำพวกสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือธาตุโลหะหนักชนิดต่าง ๆ จากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจัดเป็นบทบาทใหม่ของไส้เดือนดินในการเป็นดัชนีที่มีชีวิต (bio-index) ในการบ่งชี้การปนเปื้อนสารพิษต่าง ๆ ในดิน เนื่องจากไส้เดือนดินมีไขมันมากที่สามารถดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางกลุ่มที่จะนำมาวิเคราะห์ได้ภายหลัง ประกอบกับจำนวนที่ลดลงในดินที่ศึกษาก็จะเป็นข้อบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี ซึ่งในที่นี้รวมถึงดินทราย ดินเหนียวจัดที่ระบายน้ำไม่ดี แปลงปลูกที่มีสัตว์เข้าเหยียบย่ำจนเกิดเลนหรือมีรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่เข้าทำการเตรียมพื้นที่บ่อย ๆ หรือดินที่มีการพ่นสารเคมีกำจัดแมลงและวัชพืชมาก ๆ อีกด้วย (อานัฐ, 2543)

ปัญหาของเกษตรเคมี

เกษตรกรรมเคมีนั้นมุ่งแต่ผลกำไรทางเศรษฐกิจ โดยไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยทางนิเวศวิทยาและสังคม ในทัศนะทางนิเวศวิทยาแล้ว มันเป็นการทำลายและต่อต้านธรรมชาติโดย

สิ้นเชิง เทคโนโลยีทางการเกษตรเช่นนี้ก่อให้เกิดปัญหาเป็นผลพวงตามมาหลายประการเช่น ดินเสื่อมโทรม ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ปัญหาศัตรูพืช ปัญหาสุขภาพ มลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากพิษของสารเคมี คุณภาพอาหารที่ด้อยลง ในปัจจุบันเกษตรกรและผู้คนจำนวนมากเริ่มจะตระหนักถึงความร้ายแรงของปัญหานี้แล้ว (ซิมเป, 2542)

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดมีความเป็นพิษต่อไส้เดือนดิน ตั้งแต่ปานกลางจนถึงเป็นพิษอย่างรุนแรงโดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ถูกกล่าวหาว่าเป็นตัวการที่ทำให้จำนวนไส้เดือนดินในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทยลดลงเป็นอย่างมาก โดยตัวอย่างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเหล่านั้นได้แก่ อัลดีคาร์ป (aldicarb) เบนโนมิล (benomyl) บีเอสซี (BSC) คาร์บาริล (carbaryl) คาร์โบฟูราน (carbofuran) คลอร์เดน (chlordan) เอนดริน (endrin) เฮปตาคลอร์ (heptachlor) มาลาไธออน (malathion) พาราไธออน (parathion) เป็นต้น (อานัฐ, 2543) และสารเคมีสำหรับรมดินเกือบทุกชนิด สารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้ในอัตราปกติไม่ก่อให้เกิดอันตรายโดยตรงแก่ไส้เดือนดินนัก แต่ปุ๋ยเคมีบางชนิดสามารถก่อให้เกิดปัญหากับจำนวนประชากรของไส้เดือนดินมาก โดยเฉพาะแอมโมเนียมซัลเฟต ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะคุณสมบัติความเป็นกรดของสารเคมีนั่นเอง Lanno, et al. (1997) ศึกษาความรุนแรงของสารเคมี diazinon และ pentachlorophenol ในการเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus terrestris* โดยใช้ดิน 3 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย ความรุนแรงของสารเคมีที่มีผลต่อไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus terrestris* จะแตกต่างกันคือในดินเหนียวจะมีผลของสารเคมีต่อไส้เดือนดินน้อยที่สุด รองลงมาคือดินร่วนและดินทรายตามลำดับ

เนื่องจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการอย่างครบถ้วน รวมทั้งจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ และค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลาง จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในระบบการผลิตพืช ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกบร็อคโคลีมาทำการทดลอง

บล็อคโคลี (Broccoli)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck, BRASSICACEAE (CRUCIFERAE)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกสองปี สูง 40-75 เซนติเมตร ลักษณะทั่วไปคล้ายกะหล่ำดอกต่างกันตรงที่บล็อกโคลีมีช่อดอกอ่อนสีเขียวหรือม่วงและเกาะตัวกันหลวม ๆ สามารถ

แยกออกจากกันเป็นดอกเดี่ยวๆ ได้ มีทั้งชนิดพันธุ์เบา พันธุ์หนัก พันธุ์ดอกสีเขียว และพันธุ์ดอกสีม่วง

ถิ่นกำเนิด : ตอนใต้ของทวีปยุโรป

การกระจายพันธุ์ : แพร่หลายไปสู่ทวีปอเมริกา

สภาพนิเวศน์ : ชอบอากาศเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 18-27 องศาเซลเซียส

การขยายพันธุ์ : เพาะเมล็ดแล้วย้ายต้นกล้าปลูกระยะปลูกประมาณ 50 x 6 เซนติเมตร

ไฉน (2542) การใส่ปุ๋ย ปุ๋ยที่เหมาะสมกับบร็อคโคลี คือ ปุ๋ยสูตร 10-10-20 หรือ 13-13-21 อัตรา 50-150 กิโลกรมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมไนเตรท เป็นปุ๋ยเสริมแบบโรยข้างอัตราประมาณ 20-25 กิโลกรัม/ไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ แรกใส่ในระยะ 7-10 วัน หลังจากย้ายปลูกและครั้งที่ 2 ใส่เมื่ออายุได้ 30-40 วัน หลังจากย้ายปลูก เพื่อเร่งให้ดอกสมบูรณ์ดียิ่งขึ้นและช่วยกระตุ้นให้แตกแขนงเร็ว หลังจากเก็บเกี่ยวดอกประธาน (central head) ไปแล้ว

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Aide, et al. (1995) วิจัยเรื่องไส้เดือนดินในทุ่งหญ้าทิ้งร้างในเขตร้อนชุ่มชื้น พบว่า ลำดับการเกิดของพืชในชุมชน (succession) เปลี่ยนแปลงปริมาณและสภาพทางเคมีของสารอินทรีย์ในดิน ความแตกต่างของสารอินทรีย์ที่เพิ่มลงไปในดินนี้ ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและกิจกรรมของสัตว์ (fauna) ต่าง ๆ ในดิน เมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นของไส้เดือนดินและโครงสร้างชุมชนในลำดับการเกิดของชุมชนพืชในทุ่งหญ้าทิ้งร้างในเขตร้อนชื้นของปัวโตริโก้ (Puerto Rico) พบว่า ลำดับการเกิดของชุมชนพืชคือ หญ้า-ไม้เถา-เฟิร์น ไม้พุ่ม-ไม้เล็ก และป่าไม้ ปริมาณความหนาแน่นของไส้เดือนดินพบมากที่สุดในทุ่งหญ้า (81 ตัวต่อตารางเมตร ในดินบน 0.25 เมตร) และลดลงในลำดับการเกิด (succession) ที่สองและมีปริมาณไส้เดือนดินน้อยสุดในป่าไม้ (32 ตัวต่อตารางเมตร) ทั้งนี้ โดยพบสายพันธุ์ที่กินดินเพียงอย่างเดียว (*Pontoscolex corethrurus*) ในชุมชนพืชที่เป็นทุ่งหญ้า-ไม้เถา-เฟิร์น พบไส้เดือนดินที่กินทั้งดินและซากอินทรียวัตถุในชุมชนพืชที่เป็นไม้พุ่ม-ไม้เล็ก และป่าไม้ ปริมาณสารอินทรีย์บนดินสัมพันธ์ ในเชิงลบกับความหนาแน่นของไส้เดือนดิน น้ำในดินมีปริมาณแตกต่างกันไปบ้างในลำดับการเกิดชุมชนพืชต่างกัน แต่ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างในปริมาณความหนาแน่นของไส้เดือนดินในพื้นที่ทุ่งหญ้าทิ้งร้าง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ไม่แตกต่างกันมากในลำดับการเกิดชุมชนพืช ผลที่ได้นี้ชี้ให้เห็นว่าการลดลงของความหนาแน่นไส้เดือนดินและมีความหลากหลายของไส้เดือนดินมากขึ้น

ในลำดับการเกิดชุมชนพืชที่ 2 อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงบริเวณและคุณสมบัติทางเคมีของอินทรียวัตถุที่มีมากกว่าเกิดจากคุณสมบัติของดิน จึงสรุปว่าลำดับการเกิดของชุมชนพืชจากทุ่งหญ้าที่มีหญ้าเป็นหลักไปสู่ป่าไม้ที่มีต้นเป็นหลักนั้น ลดความหนาแน่นของไส้เดือนดินและเพิ่มความหลากหลายของโครงสร้างชุมชนของไส้เดือนดินในดินเขตร้อนชื้น

Tian, et al. (1995) ได้วิจัยการย่อยสลายซากพืชที่มีคุณสมบัติทางเคมีต่างกันในสภาพร้อนชื้น โดยไส้เดือนดินและกิ้งกือ ผลการวิจัยพบว่า ผลของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และกิ้งกือ (Spirostreptidae) ต่อการย่อยสลายซากพืช *(Acioa barteri, Gliricidia sepium* และ *Leucaena leucocephala)* ที่ตัดแต่งไว้ ต้นข้าวโพดและฟางข้าว ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกันในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น พบว่า การเพิ่มปริมาณของไส้เดือนดิน ช่วยย่อยสลายข้าวโพดได้เร็วขึ้น ขณะที่กิ้งกือช่วยการย่อยสลายของต้นข้าวโพดและฟางข้าว เมื่อเพิ่มปริมาณทั้งไส้เดือนดินและกิ้งกือก็เพิ่มปริมาณการย่อยสลายมากขึ้น ในระยะเวลา 10 สัปดาห์ ไส้เดือนดินและกิ้งกือช่วยย่อยสลายซากพืชไปเฉลี่ย 10.4 เปอร์เซ็นต์ และ 28.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กิ้งกือและไส้เดือนดินช่วยย่อยสลายซากพืชคุณภาพต่ำ (ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงและมีส่วนประกอบของลิกนินและโพลีฟีนอลสูง) มากกว่าการย่อยสลายของซากพืชคุณภาพสูง สรุปได้ว่าการย่อยสลายพืชโดยใช้สัตว์ (fauna) ในดิน ช่วยนั้น มีผลแตกต่างกันไปต่อธาตุอาหารในดิน ทั้งนี้โดยขึ้นอยู่กับคุณภาพของซากพืชเหล่านั้น

Butt, et al. (1992) ได้ศึกษาการผลิต *Lumbricus terrestris* เพื่อการปรับปรุงดิน ผลการวิจัยพบว่า ประโยชน์ของการใช้ไส้เดือนดินเพื่อปรับปรุงสภาพดินนั้น เป็นที่รู้กันทั่วไป แต่ปัญหาคือจะหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมให้เพียงพอโดยใช้ต้นทุนไม่มากจะทำได้อย่างไร ขณะนี้วิธีการที่ทำได้คือรวบรวมไส้เดือนดินเหล่านี้จากพื้นที่ธรรมชาติ ซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและใช้เวลานาน งานวิจัยที่ Open University จึงพยายามหาวิธีผลิต *L. terrestris* ตลอดปี ผลการวิจัยพบว่า การปรับอุณหภูมิและอาหารให้เหมาะสม สายพันธุ์ *L. terrestris* สามารถเจริญจากถุงไข่ (cocoon) เข้าสู่ขั้นตัวเต็มวัยได้ โดยใช้เวลาเพียงครึ่งเดียวของที่มีอยู่ในธรรมชาติและสามารถผสมพันธุ์ได้ในอัตราเร็วกว่า การวิจัยอื่นถึง 2 เท่า แม้ว่าจะมีความหนาแน่นมากกว่าที่พบในธรรมชาติก็ตาม จึงสรุปได้ว่า *L. terrestris* สามารถผลิตได้ต่อเนื่องเพื่อใช้เป็นแหล่งไส้เดือนดินเพื่อพัฒนาคุณภาพดิน

Muys, et al. (1992) ได้วิจัยการทำรายการชุมชนไส้เดือนดินและการย่อยสลายอินทรียวัตถุในป่าไม้ ใน Flanders ประเทศเบลเยี่ยมและการนำไปใช้ในการจัดการป่าไม้ ผลการสำรวจรายการกิจกรรมของไส้เดือนดินในตัวแทนป่าไม้ 25 แห่ง เพื่อทราบปริมาณการย่อยสลายอินทรียวัตถุและสถานภาพทางธาตุอาหาร (nutrient status) พบว่า ต้นไม้ที่เป็นไม้เด่นในป่าไม้นั้นเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าโครงสร้างเนื้อดินและสภาพภูมิอากาศที่จะบอกให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์

ทางชีววิทยาและทางเคมีของป่า ทั้งนี้การเปลี่ยนสายพันธุ์ต้นไม้หรือการใส่ปูนขาวเพิ่ม ก็ไม่ช่วยทำให้ดินเสื่อมคุณภาพกลับฟื้นคืนสภาพมาได้จำเป็นต้องอาศัยวิธีการผสมผสาน โดยเลือกสายพันธุ์ต้นไม้ที่เหมาะสม ปรับแก้ปัญหาธาตุอาหาร (โดยใส่ปูนขาวหรือใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มเติม) และใช้ไส้เดือนดินเข้ามาร่วมด้วยในการปรับสภาพดินร่วนปนทรายที่เสื่อมสภาพแล้ว สำหรับในสภาพดินทราย การสะสมซากพืชและสัตว์จะสามารถช่วยเป็นยุทธศาสตร์ในการอนุรักษ์ที่ดี

Ruz Jerez, et al. (1992) ได้ทดลองประเมินธาตุอาหารที่ปลดปล่อยมาจากดิน ทุ่งหญ้าที่ได้รับเศษหญ้าหรือโคลเวอร์ ที่มีไส้เดือนดิน *Lumbricus rubellus* หรือ *Eisenia foetida* พบว่า การทดลองประเมินธาตุอาหารที่ปลดปล่อยจากซากพืช (หญ้าไรน์หรือโคลเวอร์) ในระบบชีววิทยาที่มีหรือไม่มีอินทรีย์ขนาดใหญ่ (macroorganism) ซึ่งได้แก่ไส้เดือนดิน (*L. rubellus* Hoff. หรือ *E. foetida* Savisny) โดยพิจารณาค่าไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากซากพืช พบว่าเมตาโบลิซึมของดินและไนโตรเจนที่มีใช้ประโยชน์ในดินได้มีค่ามากกว่าเมื่อดินนั้นมีไส้เดือนดิน ไม่ว่าจะเป็นซากพืชชนิดใด หรืออุณหภูมิเท่าไร (15 องศาเซลเซียส หรือ 22.5 องศาเซลเซียส) การใช้ออกซิเจน (O_2) และการหมุนเวียนของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มเป็น 39 เปอร์เซ็นต์ และ 26 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มีไส้เดือนดินอยู่ (รวมทั้งมีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนมากกว่าในดินที่ไม่มีไส้เดือนดินถึง 50 เปอร์เซ็นต์)

ในขณะที่มีไส้เดือนดินอยู่ยังพบว่าจุลินทรีย์มีน้อยกว่าและมีเครื่องชี้ให้เห็นว่าไส้เดือนดินนั้นเป็นต้นเหตุของการหายใจในระบบที่มีประชากรพืชสัตว์ต่าง ๆ ผสมกันถึง 50 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ ที่หมุนเวียนอยู่ในระหว่างการบ่ม (incubation) นั้น มีความสัมพันธ์สูงกับไนโตรเจนในดินที่มีอยู่ภายหลังสิ้นกระบวนการบ่ม ($r = 0.84$) ทั้งนี้ เมื่อศึกษาต่อในฤดูปลูกถัดมา โดยใช้ดินที่บ่มแล้วเป็นวัสดุปลูกสำหรับหญ้าไรน์ ก็สามารถเห็นอิทธิพลของไส้เดือนดินอย่างชัดเจนเช่นเดียวกัน โดยพบว่า ดินที่มีไส้เดือนดินเข้ามาอยู่ มีค่าความเจริญเติบโตของพืชและการดูดใช้ไนโตรเจน (N-uptake) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่หมุนเวียนในการบ่มช่วงแรก (initial) มีสหสัมพันธ์สูง ($r = 0.85$) กับการดูดไนโตรเจนของพืช (N–uptake) เราทราบดีว่าความเชื่อมโยงระหว่างคาร์บอนที่มีสะสมอยู่และไนโตรเจนที่มีอยู่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสถียรของอินทรีย์ไนโตรเจนในดิน ในการออกแบบการทดลองครั้งนี้ ได้กำจัดอิทธิพลอื่น ๆ เช่น อิทธิพลต่อการผสมหรือโครงสร้างไปแล้ว จึงสรุปได้ว่า คาร์บอนออกซิเดชั่น (carbon oxidation) ที่กระตุ้น (enhanced) จากไส้เดือนดิน เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีไนโตรเจนปลดปล่อยจากสารอาหารอินทรีย์มากขึ้น ผลที่ได้เหล่านี้ ทำให้ได้ภาพรวมใหม่ของสมดุลระหว่างการใช้แร่ธาตุ (mineralization) และการตรึงแร่ธาตุ (immobilization) ในระบบของดินและพืช และการหมุนเวียนของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ที่ตั้งอยู่ในอินทรียสาร

ดินและพืช และการหมุนเวียนของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ที่ตั้งอยู่ในอินทรียสาร ความเข้าใจที่ดีขึ้นของความสัมพันธ์เหล่านี้ อาจช่วยทำให้เราสามารถจัดการเคลื่อนไหวของอินทรียสารในดินในระบบนิเวศเขตอากาศเย็น (temperate) ของทุ่งหญ้าได้

Muyima, et al. (1994) ได้วิจัยเรื่องความชื้นที่ *Dendrobaena veneta* (Oligochaeta) ต้องการ ผลการวิจัยพบว่า *Dendrobaena veneta* ซึ่งเป็นไส้เดือนดินสายพันธุ์ยุโรป มีศักยภาพที่จะกำจัดของเสียจากอินทรียสารและสร้างโปรตีนขึ้นมาใหม่ได้ การทดลองนี้สนใจผลของความชื้นระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต การโตเต็มวัย (maturation) และการผลิตไข่ (cocoon production) โดยใช้หอความชื้นทรงกระบอกบรรจุด้วยมูลวัวที่บดให้เป็นอนุภาคขนาดระหว่าง 500-100 ไมครอน โดยให้มีค่าความชื้นที่แตกต่าง (moisture gradient) หลังจากปล่อยไส้เดือนดินเข้าไปอยู่ในขวดรูปชมพู่ที่ใส่มูลวัวไว้และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ไส้เดือนดินสร้าง clitellum มีจำนวนมากสุด เมื่อความชื้นอยู่ระหว่าง 77.9-78.7 เปอร์เซ็นต์ (ชอบความชื้นระหว่าง 67.4-84.3 เปอร์เซ็นต์) จำนวนไข่ (cocoon) ที่มีมากสุดพบระหว่างความชื้น 73.1-79.9 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับไส้เดือนดินตัวอ่อนคือ 15 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองนี้เองชี้ให้เห็นว่าสายพันธุ์ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้สามารถกำจัดของเสียที่เป็นอินทรียสารซึ่งมีความชื้นสูงได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นที่ช่วยย่อยสลาย (vermicomposting) โดยดูจากความสามารถในการขยายพันธุ์และเวลาในการโตเต็มวัยแล้วดูเหมือน *D. veneta* จะด้อยกว่าบ้าง

Orozco, et al. (1996) ได้วิจัยการย่อยสลายปุ๋ยหมักของไส้เดือนดิน (vermicomposting) ในเยื่อหุ้มเมล็ดของกาแฟ โดยไส้เดือนดิน *Eisenia foetida* ที่มีผลต่อส่วนประกอบ คาร์บอน ไนโตรเจน และธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์เยื่อหุ้มเมล็ดของกาแฟในประเทศโคลัมเบียมีสูงถึง 1 ล้านตัน เมื่อนำเอาเยื่อหุ้มเมล็ดเหล่านี้มาทำปุ๋ยหมัก โดยการกลับกองซึ่งได้ผลิตผลที่มีคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีที่ไม่ดีนัก มีผู้เสนอแนะให้เปลี่ยนเยื่อหุ้มเมล็ดเหล่านี้เป็นปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดิน (vermicomposting) จึงมีการประเมินความสามารถของไส้เดือนดิน *E. foetida* ในการเปลี่ยนเยื่อหุ้มเมล็ดให้เป็นปุ๋ยหมัก ทั้งนี้โดยศึกษาถึงอิทธิพลของความลึกและเวลาที่ใช้ต่อสัดส่วนของคาร์บอน ไนโตรเจนและธาตุอาหารที่ใช้ประโยชน์ได้ ผลการศึกษาพบว่า คาร์บอนและไนโตรเจนไม่ได้รับผลจากความลึกของแปลงหมักปุ๋ย แต่ได้รับอิทธิพลจากเวลาที่ใช้หมัก ในขณะเกิดกระบวนการ vermicomposting ค่าสัดส่วน Fractionation (ซึ่งคำนวณจากคาร์บอนในปริมาณที่เล็กกว่า 100 ไมครอน เป็นค่าเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในตัวอย่างทั้งหมด) และค่าของสารที่มีคุณสมบัติคล้ายฮิวมัส พบว่า ภายหลังการย่อยสลายเยื่อหุ้มเมล็ดโดยไส้เดือนดินแล้วมีค่า ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม สูงขึ้นแต่ค่าโพแทสเซียมลดน้อยลง

กิจกรรมการไชชอน (burrowing) และกินดินเข้าไปพร้อมกับซากพืช แล้วจึงขับถ่ายออกมา เมื่อสิ่งขับถ่ายเหล่านี้แห้งลงก็กลายเป็นก้อนอนุภาคของดินที่มีสารประกอบอินทรีย์ยึดกันไว้ ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินลดอันตรายจากกษัยการและช่วยให้ยังมีธาตุอาหารคงอยู่ในดินแทนที่จะถูกชะล้างไป

ไส้เดือนดินเป็นเพียงส่วนเดียวของสิ่งมีชีวิตที่รู้จักกันว่าเป็นผู้ย่อยสลาย (decomposer) ในระบบนิเวศเกษตร ผู้ช่วยสลายอื่น ๆ ได้แก่ แมลงหางดีด (Springtail: collembola) ไส้เดือนฝอย แบคทีเรีย โปรโตซัวและฟังไจต่าง ๆ

ไส้เดือนดินกับการทำปุ๋ยหมักการถ่ายเทของเสียจากบ้านเรือน ระบบเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจมากขึ้น ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนาของเสียดังกล่าว ได้แก่ สิ่งโสโครกต่าง ๆ เช่น ขยะจากอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์และกระดาษ ขยะจากร้านค้าและร้านอาหาร มูลของเป็ด ไก่ โค กระบือ ม้า เศษวัสดุจากอุตสาหกรรม ด้านพืชสวนและเห็ด (Edwards, 1997) ซึ่งถ้าหากขยะเหล่านี้ไม่มีการกำจัดอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพแล้วก็จะทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การปนเปื้อนของน้ำและการระบาดของโรคได้

การใช้ไส้เดือนดินในขบวนการทำปุ๋ยหมัก บางครั้งเรียกว่า vermicomposting และไส้เดือนดินที่เลี้ยงบนซากพืชซากสัตว์เรียกว่า vermiculture ไพฑูรย์ และบุญศรี (2535) ตรวจพบว่ามีไส้เดือนดินปะปนกับสัตว์ไร้กระดูกสันหลังอีกหลายชนิดในกองปุ๋ยหมัก Lee (1985) กล่าวว่า มีไส้เดือนดินเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น ที่สามารถมีชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของอินทรียวัตถุสูงและสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยทั่วไปแล้วไส้เดือนดินที่มีขนาดใหญ่และขุดโพรงลึก ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ เนื่องจากมีอัตราการขยายพันธุ์ต่ำ ไม่สามารถจะผลิตอินทรียวัตถุในปริมาณมากได้และเป็นผู้ใช้มากกว่าที่จะเป็นผู้ผลิตอินทรียวัตถุ การนำไส้เดือนดินใส่กองปุ๋ยหมักจะช่วยให้การย่อยสลายของปุ๋ยได้ดี แต่ไส้เดือนดินมักจะตายในช่วงเวลากลาง ๆ ของการหมักปุ๋ยซึ่งความร้อนจะเพิ่มสูงขึ้น

Edwards, et al. (1995) กล่าวว่า ในการย่อยอินทรียวัตถุที่เป็นของเสีย ไส้เดือนดินที่ใช้ทำปุ๋ยหมักจะกินจุลินทรีย์ ซึ่งเจริญเติบโตบนของเสียเป็นอาหารและในขณะเดียวกันก็ช่วยเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ Khambata and Bhatt (1957) รายงานว่า แยกจุลินทรีย์ได้ 343 ชนิด จากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretima sp.*ที่พบในท้องถิ่น ดังนั้นมูลของไส้เดือนดินจึงร่วนไม่เกาะตัวและมีจุลินทรีย์มาก ขบวนการย่อยอาหารของไส้เดือนดินจึงเป็นพื้นฐานของขบวนการทำปุ๋ยหมักดังกล่าว

Edwards (1997) รายงานว่า ไส้เดือนดินที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักชีวภาพมีการดำเนินโครงการวิจัยต่าง ๆ เพื่อทดสอบความสามารถของไส้เดือนดินหลายชนิด ในการหมักปุ๋ยแบบอุตสาหกรรมและหาสายพันธุ์ของไส้เดือนดินที่มีความเหมาะสมในสภาพต่าง ๆ โดยทั่วไปแล้วชนิดของไส้เดือนดินที่นำมาใช้ได้และประสบความสำเร็จคือ *Eisenia foetida* (The tiger worm) อยู่ในวงศ์ Lumbricidae นอกจากนี้ก็มี *Eisennia andrei* (Red tiger worm) *Eudrilus eugeniae* (African night crawler) และ *Lumbricus sp.* เป็นต้น พบว่า *Eiseniafoetida* มีอัตราการขยายพันธุ์สูงสุดต่อสัปดาห์ 10.4 ซึ่งคำนวณได้จากการผลิต cocoons (3.8 ต่อสัปดาห์) เปอร์เซ็นต์การฟักไข่ (83.2 เปอร์เซ็นต์) และจำนวนการฟักไข่ต่อ cocoons (3.3) ช่วงวงจรชีวิตของไส้เดือนดินมีความสำคัญต่อการกำหนดการสร้างผลผลิตในแต่ละสายพันธุ์เช่น *Eiseniafoetida* ใช้เวลา 85-104 วัน จากที่เป็นถุงไข่จนเป็นตัวเต็มวัยพร้อมที่จะสืบพันธุ์ ในขณะที่ *Perionyx excavatus* ใช้เวลาเพียง 44-71 วัน (Edwards, 1997) ชนิดของไส้เดือนดินที่นำมาใช้ในการทำปุ๋ยหมักนั้น ต้องมีคุณสมบัติทนทานต่อสารเคมีและสภาพแวดล้อมในเศษซากอินทรียวัตถุ แต่ไส้เดือนดินก็มีขีดจำกัด ดังนั้นสภาพที่เหมาะสมเท่านั้นจึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

Edwards (1997) กล่าวว่า การทำให้ได้ผลผลิตสูงสุดต้องเป็นสภาพที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ มีระดับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม ต้องหลีกเลี่ยงสภาพที่มีแอมโมเนียและเกลือมากเกินไป ถ้ามีปริมาณของแอมโมเนียมากกว่า 0.5 มิลลิกรัม และเกลืออนินทรีย์มากกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ก็จะเป็นพิษได้ ไส้เดือนดินชอบสภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.00 วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก จะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ไม่มีออกซิเจนได้ถ้ามีสภาพไม่เหมาะสม เช่น มีอากาศไม่เพียงพอ สภาพเช่นนี้พบได้เสมอเมื่อมีความชื้นมากเกินไป

มีข้อเสนอแนะหลายประการ เกี่ยวกับความชื้นที่เหมาะสมของสารอินทรีย์ Edwards (1997) รายงานว่า ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับ *Eisenia sp.* คือ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Purakayastha and Bhatnager (1997) บอกว่า 50-60 เปอร์เซ็นต์ Jambhekar (1995) กล่าวว่า 40-50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับไส้เดือนดินชนิดเดียวกัน อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับชนิดของไส้เดือนดินที่นำมาใช้ แม้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับไส้เดือนดินส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 15-25 องศาเซลเซียส (Edwards, 1997) ไส้เดือนดินเขตร้อน เช่น *Perionyx excavatus* และ *Polypheretima elongata* จะได้รับผลกระทบในช่วงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำได้ ถ้าสภาพแวดล้อมของวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักไม่เหมาะสม ไส้เดือนดินก็จะย้ายไปยังสภาพที่มีความเหมาะสมกว่าหรืออาจจะย่อยสลายปุ๋ยหมักได้อย่างช้า ๆ หรือตายไป Edwards, et al. (1995) ยืนยันว่าไส้เดือนดินไม่มีศัตรูธรรมชาติ โรคและแมลงตัวห้ำเลย แม้ว่า Clemente (1981) จะรายงานไว้ว่า กบและทากเล็กเป็นปัญหาต่อการทำปุ๋ยหมักในประเทศฟิลิปปินส์

ศัตรูธรรมชาติ โรคและแมลงตัวห้ำเลย แม้ว่า Clemente (1981) จะรายงานไว้ว่า กบและทากเล็กเป็นปัญหาต่อการทำปุ๋ยหมักในประเทศฟิลิปปินส์

ปริมาณความชื้นของเศษอินทรียวัตถุเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกิจกรรมของไส้เดือนดินและการย่อยสลายปุ๋ยหมัก การใส่ฟางข้าวลงบนกองวัสดุเป็นชั้นบาง ๆ จะสามารถเก็บความชื้นได้ ช่วยให้ไส้เดือนดินสามารถย่อยสลายเศษวัสดุที่ใส่ลงไปในแต่ละครั้ง การรดน้ำมากเกินไปหรือฝนตกโดยไม่มีที่กำบัง ทำให้เศษวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งเป็นพิษต่อไส้เดือนดิน (Edwards, 1997)

มูลวัวและฟางข้าวเป็นวัสดุที่หาง่ายสำหรับการทำปุ๋ยหมัก โดยใช้ไส้เดือนดินในการย่อยสลาย ซึ่งไส้เดือนดินสามารถย่อยสลายได้ง่าย เมื่อใส่เป็นชั้นบาง ๆ ในชั้นบนสุด (Edwards, et al., 1995) ฟางข้าวสดสามารถนำมาให้ไส้เดือนดินกินได้ ถ้าแช่น้ำให้มีความอ่อนนุ่ม ฟางข้าวยังช่วยเพิ่มช่องอากาศภายในกองปุ๋ยหมัก ต้นข้าวโพดอ่อนทั้งสดและแห้งสามารถนำมาผสมมูลวัวแล้วเก็บไว้ 1 สัปดาห์ ก่อนที่จะนำมาให้ไส้เดือนดินกิน (ทัศนีย์ และคณะ, 2542)
ในประเทศไทยมีงานวิจัยของ

อัมพร (2545) รายงานเกี่ยวกับการผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพโดยใช้ไส้เดือนดินเปรียบเทียบระหว่างไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ คือ *Pheretima peguana* และ *Lumbricus rubellus* ให้อาหารขยะอินทรีย์ 2 ประเภท คือ เศษผัก และเศษมันฝรั่ง พบว่าไส้เดือน สายพันธุ์ *Lumbricus rubellus* ที่ให้เศษผักเป็นอาหารมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตปุ๋ยหมักมากกว่า

สามารถ (2546) ศึกษาระดับไนโตรเจนที่มีผลต่อการผลิตปุ๋ยหมักที่ผลิตจากมูลไส้เดือนดิน โดยใช้เศษฟางข้าวผสมมูลไก่แห้งและเศษฟางข้าวผสมปุ๋ยยูเรีย ที่ปรับระดับไนโตรเจนให้แตกต่างกันที่ 90 วัน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในรูปมูลไก่แห้ง 0.25 เปอร์เซ็นต์ ที่เพิ่มให้กับฟางข้าว สามารถเพิ่มจำนวนของไส้เดือนดินสูงสุด ในขณะที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนในรูปมูลไก่แห้งสามารถเพิ่มน้ำหนักทั้งหมดเฉลี่ยของไส้เดือนดินสูงสุด

นิรันดร์ (2547) วิจัยเรื่องศักยภาพจากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Pheretima peguana* ในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่เกิดจากอาคาร บ้านเรือน ชุมชน ฟาร์มสัตว์เลี้ยงและการผลิตปุ๋ยหมักในสภาพเลียนแบบธรรมชาติ และศึกษาถึงระดับความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น ที่เหมาะสม พบว่าระดับความเป็นกรด-ด่าง ที่เป็นกลาง-ด่างอ่อน (pH 7.0-8.0) ความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน