รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ตุลาคม 2562

กิตติกรรมประกาศ

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้อง ดังนี้

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ศึกษาวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง องค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน จังหวัดกาญจนบุรี องค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เทศบาลตำบลสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ เทศบาลเมืองศรีสะเกษ เทศบาลตำบลกำแพง จังหวัดสตูล เทศบาลเมืองสระบุรี เทศบาลตำบลสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา เทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย เทศบาลตำบลเวียงฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และ เทศบาลเมืองสุโขทัยธานี จังหวัดสุโขทัย

ดร. อานัช ตันโช ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาไส้เดือนดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ไส้เดือนดินสายพันธุ์ขี้ตาแร่และตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อใช้ในการศึกษา

เทศบาลตำบลโคกกรวด จังหวัดนครราชสีมา และ ชุมชนหนองห้า อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อใช้ในการศึกษา

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค สำนักงานเกษตรจังหวัด สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ท้องถิ่นจังหวัด องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษาวิจัย ที่เข้าร่วมการรับฟังผลการศึกษาสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและร่วมหารือแนวทางการแก้ไขปัญหาสารตกค้างดังกล่าว

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสถานการณ์ของสารอันตรายที่ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน และ การประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายที่ตกค้างในวัสดุดังกล่าว

การวิเคราะห์สารตกค้างของสาร 2 กลุ่ม ได้แก่ สารกำจัดศัตรูพืช จำนวน 133 ชนิด และโลหะหนัก จำนวน 4 ชนิด ในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก จากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรและแหล่งอื่น ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2560 ถึง เมษายน 2561 จำนวน 25 ตัวอย่าง พบว่าทุกตัวอย่างมีการปนเปื้อนของสารอันตรายทั้ง 2 กลุ่ม โดยชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบนั้นแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาของวัสดุที่นำมาใช้ผลิตวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก เช่น ในพื้นที่ที่มีวัสดุและซากพืชจากการเกษตรเป็นแหล่งหลักของขยะชุมชน จะพบว่ามีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินมากกว่าในพื้นที่อื่น และตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ได้จากแหล่งอื่นที่ไม่ปะปนกับขยะชุมชนจะมีชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างน้อยกว่าตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินที่ได้จากขยะชุมชน

สารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบได้ จำนวน 35 ชนิด แบ่งเป็นสารกำจัดวัชพืช จำนวน 10 ชนิด สารกำจัดแมลง จำนวน 16 ชนิด และสารกำจัดโรคพืช จำนวน 9 ชนิด พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชที่พบบ่อยที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ พาราควอต (Paraquat), ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin), อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid), ไกลโฟเสท (Glyphosate), คาร์เบนดาซิม (Carbendazim), คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos) , ทูโฟดี (2,4-D), ไดฟีโนโคนาโซล (Difenoconazole) , อามีทรีน (Ametryn) และ ไบเฟนทริน (Bifentrin) ซึ่งสามารถตรวจพบได้ร้อยละ 92.31, 73.08, 50.00, 42.31, 38.46, 34.62, 30.77, 23.08, 23.08 และ 23.08 ตามลำดับ ซึ่งแหล่งที่มาของสารเหล่านี้อาจได้มาจากทั้งทางการเกษตร สาธารณสุข (ในบ้านเรือน) และการใช้ทั่วไปโดยหน่วยงานท้องถิ่นและอื่น ๆ

โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และ ปรอท (Hg) พบว่าสารทั้ง 4 ชนิด มีการปนเปื้อนในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะชุมชนมากกว่าตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่มาจากแหล่งอื่น ทั้งชนิดและปริมาณ และตรวจพบตัวอย่างที่มีค่าแคดเมียมและปรอทสูงกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2547 1.6-5.1 และ 0.5-2.8 เท่า ตามลำดับ

การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปรับปรุงดินตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าวัสดุปรับปรุงดินส่วนใหญ่มีค่าองค์ประกอบของสารอินทรีย์และค่าธาตุอาหารผ่านเกณฑ์ ในขณะที่ค่าการ

ย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์ ชี้ให้เห็นว่าหากมีการหมักขยะที่ย่อยสลายได้ให้เป็นไปตามกระบวนการอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ รวมถึงการกำจัดสารอันตรายออกจากขยะเหล่านี้ได้ ก็จะสามารถนำวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่ได้จากศูนย์กำจัดขยะมาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชได้เป็นอย่างดี และเป็นการนำทรัพยากรมาใช้ได้อย่างยั่งยืนและคุ้มค่า

การทดสอบการประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินเพื่อลดปริมาณสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล โดยผสมวัสดุปรับปรุงดินกับมูลวัวที่แช่น้ำแล้วตากแห้งในอัตราส่วน ร้อยละ 30:70 โดยน้ำหนัก จำนวน 30 กก. แล้วแช่น้ำ 1 คืน ในอ่างทดสอบพลาสติกทรงรี ที่จัดวางขวดพลาสติกเจาะรูเพื่อระบายความร้อน และใช้ไส้เดือนดินในอัตรา 1 กก. พบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF (African night crawler, *Eudrilus eugeniae*) จะย่อยสลายสารพาราควอตได้ร้อยละ 37 ไส้เดือนดินสายพันธุ์ขี้ตาแร่ (*Perionix* sp.) จะย่อยสลายสารพาราควอตได้ร้อยละ 36.26 ภายใน 20 วัน

แนวทางการลดผลกระทบจากปริมาณสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร สรุปได้ดังนี้

1. การรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และให้ความรู้กับประชาชนในด้านการตกค้างของสารอันตรายในวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อให้เกิดการคัดแยกขยะต้นทางตามหลัก 3 Rs โดยเฉพาะขยะอันตราย โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทุกแห่งดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บขยะอันตรายมากขึ้นด้วย
2. การปรับปรุงกระบวนการผลิตปุ๋ยจากขยะชุมชนให้เป็นไปตามข้อกำหนด เช่น การให้ความชื้น การเติมอากาศ การเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ด้วย EM เพิ่มระยะเวลาการหมักที่เหมาะสม รวมไปถึงการจัดสรรงบประมาณเพื่อตรวจวัดระดับสารปนเปื้อนในวัสดุปรับปรุงดินเป็นประจำ
3. การกำหนดให้มีการติดข้อความบนวัสดุปรับปรุงดินที่จะนำไปแจกจ่าย หรือ ขายให้กับประชาชน โดยให้ระบุแหล่งที่ผลิต ข้อควรระวัง และ ข้อจำกัดในการใช้ เช่น ห้ามใช้กับพืชที่นำมาบริโภค ห้ามใช้ในพื้นที่สวนหย่อม พื้นที่สันทนาการ เพื่อป้องกันการหลุดรอดและปนเปื้อนของสารอันตรายไปในสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ
4. การปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น การนำเข้าสารเคมี เพื่อตัดปัญหาตั้งแต่ต้นทาง
5. ส่งเสริมให้มีการนำไส้เดือนดินไปใช้ในการบำบัดสารตกค้างทั้งในสภาพไร่ และการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

Abstract

Most of municipal solid waste treatment centers, built in the last two decades, in Thailand has produced soil amendment and fertilizer from composted organic waste, which generally consisted of residual food waste and plant residue, including agricultural waste. These organic soil amendment and fertilizers were supposed to be distributed to people for plant growing purposes in agricultural farming, recreation areas, and even in public green spaces. However, toxic materials have usually combined with municipal waste, hence contributed to product properties.

Therefore, this study was aimed to (i) determine the current status of toxic substances polluted in organic soil amendment and fertilizers derived from municipal solid waste of Thailand and (ii) apply bio-decontamination of toxic substances polluted in those organic fertilizers using earthworm.

Twenty five samples of organic soil amendment and fertilizer were collected, during November 2018 to April 2019, and analyzed for 2 groups of toxic substances, which were 133 pesticides and 4 heavy metals. The samples were collected mostly from municipal solid waste treatment centers. Some samples were general composts of segregated agricultural waste and segregated food waste. The results showed that all samples have been contaminated of both 2 toxic substance groups. The toxic concentrations varied upon source of waste. Higher pesticide concentration was found in the area that agricultural waste was the major component. Samples from municipal waste have posed higher concentrations of toxic substances than composts of segregated agricultural waste and segregated food waste.

The 35 detected pesticides composed of 10 herbicides, 16 insecticides and 9 fungicides. Top 10 most often found pesticides were paraquat (92.31%), cypermethrin (73.08%), imidacloprid (50.00%), glyphosate (42.31%), carbendazim (38.46%), chlorpyrifos (34.62%), 2,4-D (30.77%), difenoconazole (23.08%), ametryn

(23.08 %) and bifentrin (23.08%), respectively. This implied that major sources of contamination might be agriculture, public health, and local authority activities.

All 4 heavy metals, i.e. arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb) and mercury (Hg), in samples from municipal waste were higher than samples from other sources, i.e. agricultural and food waste, especially Cd and Hg which exceeded standard values of Thailand organic fertilizer for 1.6-5.1 and 0.5-2.8 times, respectively.

According to Thailand organic fertilizer standard, most of samples have qualified organic matters and major nutrient values, while complete decomposition rates were below standard. The results indicated that proper and complete fermentation process together with less toxic contamination would provide better quality of organic soil amendment and fertilizers for plant cultivation and lead to sustainable and valuable uses of natural resources.

Efficacy testing of earthworm on reducing paraquat herbicide contaminated in organic soil amendment was conducted at Kumpang Municipality Solid Waste Treatment Center, La-ngu district, Satun province. Thirty kilograms of worm's bedding, a mixture of organic soil amendment and soaked dried cow dung (at 3:7 ratio by weight), was soaked overnight prior to experiment. Two species of earthworm, *Eudrilus eugeniae* and *Perionix* sp., were used for comparing. One kilogram of each earthworm was released on the experiment day. Bedding samples were collected before worm releasing. Vermicasting samples were collected after 20 days of experiment. Four replications were conducted. Paraquat residues in samples were analyzed and calculated for decreasing rate. The results showed that *Eudrilus eugeniae* and *Perionix* sp. has reduced paraquat for 37% and 36.26%, respectively, in 20 days.

Minimizing toxic effects from organic soil amendment and fertilizers derived from municipal solid waste could be considered as follows:

I. Public awareness

- Raising awareness to people on toxic residues in organic soil amendment.
- Promoting source separation of waste according to 3 Rs (reduce, reuse, recycle) concept, especially hazardous waste, as well as, enhancing effective collecting for hazardous waste by local authorities.
- Promoting earthworm utilization both for field residue treatment and vermicompost production

II. Responsible production

- Improving organic fertilizer production process subjecting to code of practice, for example, moisturizing and aeration control, microorganism added, and appropriate fermenting period.
- Providing budgets for regular analyses of toxic residues would enhance product safety.
- Product labeling control with safety information, including source of production, cautions, and restrictions (i.e. avoid using in food plants or recreation area in order to minimizing risk from toxic contamination in non-target areas).

III. Laws and regulations

- Relating and specific laws and regulations should be taken into consideration, for example, discontinuing of toxic chemicals importation.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**(1)**
บทคัดย่อ	**(2)**
สารบัญ	**(7)**
สารบัญตาราง	**(9)**
สารบัญภาพ	**(12)**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 สถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย	3
2.2 นโยบาย แผนระดับประเทศ และกฎหมายที่เกี่ยวกับการจัดการมูลฝอย	8
2.3 เทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน	18
2.4 การใช้ไส้เดือนดินในการจัดการสิ่งแวดล้อม	38
2.5 การใช้ไส้เดือนดินในการจัดการสิ่งแวดล้อม	39
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	48
3.1 การวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก	48
3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายภายในห้องปฏิบัติการ	56
3.3 การประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	59
3.4 การรายงานผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้าง และหารือแนวทางการแก้ไขการลดปริมาณสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร	64
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	**67**
4.1 ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก	67
4.2 ผลการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	86
4.3 ผลการประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	89

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 แนวทางการแก้ไขผลกระทบจากสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร	94
บทที่ 5 บทสรุป	97
เอกสารอ้างอิง	99
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจร	104
ภาคผนวก ข การรายงานผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก	135
ภาคผนวก ค การรายงานผลการศึกษาและสาธิตการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายในการกำจัดขยะ	141
ภาคผนวก ง การส่งเสริมและสาธิตการใช้ไส้เดือนในการกำจัดเศษอาหารให้ชุมชนในพื้นที่อำเภอละงู	143
ประวัติผู้วิจัย	**145**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ปริมาณและอัตราขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 - 2561	4
2-2	การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 – 2561	5
2-3	สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยดำเนินการแบบถูกต้องที่เปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2561	7
2-4	สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยดำเนินการแบบไม่ถูกต้องที่เปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2561	8
2-5	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์	24
3-1	รายละเอียดตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรและจากแหล่งอื่น	50
3-2	สารอันตรายที่ทำการวิเคราะห์ในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักโดย บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด	51
3-3	คุณสมบัติของวัสดุตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำการวิเคราะห์ โดย สำนักพัฒนาที่ดินเขต 1 จังหวัดปทุมธานี	54
3-4	การวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างและคุณภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์	55
3-5	กรรมวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการย่อยสลายสารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชนในห้องปฏิบัติการ	58
3-6	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล และพื้นที่บริเวณใกล้เคียง	61
3-7	รายละเอียดการรายงานผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร	65 65
4-1	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี	69
4-2	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง	70
4-3	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย	70
4-4	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลเวียงฝาง จังหวัดเชียงใหม่	71
4-5	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลกำแพง จังหวัดสตูล	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-6	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	72
4-7	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดจากเทศบาลเมืองสระบุรี	73
4-8	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา	73
4-9	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลโคกกรวด จังหวัดนครราชสีมา	74
4-10	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลสตึก จังหวัดบุรีรัมย์	74
4-11	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลเมืองศรีสะเกษ	75
4-12	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากองค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน จังหวัดกาญจนบุรี	76
4-13	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดจากองค์การบริหารส่วน จังหวัดระยอง	76
4-14	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์จากมหาวิทยาลัยแม่โจ้	77
4-15	สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ของเกษตรกร	77
4-16	สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก	79
4-17	ผลการวิเคราะห์โลหะหนักตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก	82
4-18	ผลวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์	85
4-19	สารเคมีที่ตรวจพบในวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ทดสอบ	87
4-20	ร้อยละเฉลี่ยของสารคาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	88
4-21	ร้อยละเฉลี่ยของสารไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	88
4-22	ร้อยละเฉลี่ยของสารพาราควอต (Paraquat) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-23	ร้อยละเฉลี่ยของ แคดเมียม (Cadmium) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	88
4-24	ร้อยละเฉลี่ยของ ตะกั่ว (Lead) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	89
4-25	ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในการทดสอบรูปแบบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชนในห้องปฏิบัติการ	90
4-26	ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างจากศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล	91
4-27	ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างจาก พื้นที่บริเวณใกล้เคียงศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล	92
4-28	ผลการทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการลดสารพาราควอตตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล	93

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ปริมาณและอัตราขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 – 2561	4
2-2	การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 – 2561	5
2-3	เตาเผาชนิดมีแผงตะกรับ	26
2-4	เตาเผาชนิดใช้ตัวกลางนำความร้อน	26
2-5	เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้	27
2-6	วิธีฝังกลบบนพื้นราบ	30
2-7	วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง	30
2-8	วิธีฝังกลบแบบหุบเขา	30
2-9	การเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบเดิมกับเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร (ISWM)	32
2-10	ภาพรวมของเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร (ISWM)	33
2-11	กระบวนการบำบัดขยะด้วยวิธีการแบบเชิงกล-ชีวภาพ (MBT) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	37
3-1	ขั้นตอนการผลิตวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน	48
3-2	การเก็บตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรและจากแหล่งอื่น	49
3-3	การเลี้ยงไส้เดือนในอ่างพลาสติกทรงรี	56
3-4	การทดสอบการหนีของไส้เดือน	57
3-5	การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการย่อยสลายสารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	58
3-6	จุดเก็บตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดิน ดินและน้ำ ในบริเวณพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล	62
3-7	จุดเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และดินตะกอน บริเวณนอกพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล	63
3-8	การทดสอบรูปแบบและประสิทธิภาพของไส้เดือนในการบำบัดสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินโดยเน้นการมีส่วนร่วมของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-9	การรายงานผลการวิเคราะห์สารตกค้างในวัสดุประบปรุงดินจากขยะชุมชนและหารือแนวทางการแก้ไข	66
4-1	จำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก	78
4-2	สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 10 อันดับแรกที่มีการตรวจพบบ่อยที่สุด	80
4-3	ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ในบ้านเรือน	81
4-4	ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนู (Arsenic, As) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์จากขยะชุมชน	83
4-5	ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม (Cadmium, Cd) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์จากขยะชุมชน	83
4-6	ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว (Lead, Pb) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์จากขยะชุมชน	84
4-7	ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท (Mercury, Hg) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์จากขยะชุมชน	84

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทยที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับ ส่งผลให้รัฐบาลมีความจำเป็นต้องจัดให้มีระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมุ่งเน้นความร่วมมือของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกำหนดมาตรการด้านต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้การจัดการเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ มาตรการด้านการกระตุ้นให้ประชาชนมีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาจากขยะชุมชน และ การใช้หลัก 3R เพื่อลดปริมาณขยะตั้งแต่ต้นทาง มาตรการด้านการส่งเสริมและสนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีศักยภาพในด้านการกำจัดขยะมูลฝอย เช่น การก่อสร้างสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบศูนย์รวม และใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสาน เน้นการแปรรูปเป็นพลังงานหรือทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงมาตรการด้านกฎหมาย เช่น การปรับอัตราการจัดเก็บค่าบริการการเก็บ ขน และ กำจัดขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้น และการกระจายอำนาจให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดการขยะ เป็นต้น

ระบบกำจัดขยะชุมชนแบบผสมผสาน (ครบวงจร) โดยส่วนใหญ่จะจัดการขยะที่ย่อยสลายได้จากชุมชนด้วยวิธีหมักแบบเติมอากาศ เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน และจะได้ปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อนำไปแจกจ่ายให้กับประชาชนเพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืช จากการศึกษาก่อนหน้านี้ ผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุคงเหลือจากการกำจัดขยะชุมชนของเทศบาลตำบลท่าวังผา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน พบว่ามีการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช (สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดแมลง และ สารกำจัดโรคพืช) 6 ชนิด คือ ไกลโฟเสท (glyphosate) 0.11 มก./กก. พาราควอต (paraquat) 0.35 มก./กก. ไดโคโฟล (dicofol) 0.02 มก./กก. คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) 0.11 มก./กก. ไตรอะโซฟอส (triazophos) 0.1 มก./กก. ไซเปอร์เมทริน (cypermethrin) 0.02 มก./กก. คาร์เบนดาซิม (carbendazim) 0.01 มก./กก. และ โลหะหนัก 2 ชนิด คือ แคดเมียม (Cadmium) 0.433 มก./กก. และ ตะกั่ว (Lead) 45.620 มก.กก. ดังนั้นหากมีการนำวัสดุคงเหลือที่มีการปนเปื้อนของสารอันตรายเหล่านี้ไปแจกจ่ายให้กับประชาชนนำไปใช้ ก็จะเป็นต้นเหตุของการแพร่กระจายสารอันตรายไปเป็นวงกว้าง จึงจำเป็นต้องมีการบำบัดสารอันตรายที่ตกค้างในวัสดุคงเหลือเหล่านั้นก่อนนำไปใช้

มีรายงานการศึกษาวิจัยพบว่าไส้เดือนดินสามารถกำจัดสารตกค้างประเภทสารกำจัดศัตรูพืชและโลหะหนักได้ และเนื่องจากไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่เพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ได้ง่ายและไม่ยุ่งยาก จึงควร

มีการศึกษาการนำมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในวัสดุคงเหลือจากการกำจัดขยะชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาระดับการปนเปื้อนของสารอันตรายที่ตกค้างในวัสดุคงเหลือจากการกำจัดขยะชุมชนในประเทศไทย

2. ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการนำไส้เดือนดินไปใช้บำบัดสารอันตรายตกค้างในวัสดุคงเหลือจากการกำจัดขยะชุมชน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยวิธีการดำเนินงานใน 2 ส่วน หลัก ได้แก่ 1) การดำเนินการทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้น และ 2) การดำเนินการด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมในการศึกษาทดสอบภาคสนาม โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. การสำรวจข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษาในด้านที่เกี่ยวข้องกับสารอันตรายปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และ ในวัสดุคงเหลือจากกระบวนการกำจัดขยะชุมชน

2. การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ไส้เดือนดินเพื่อบำบัดสารตกค้างที่ตรวจพบ

3. การทดสอบวิธีการประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารตกค้างในพื้นที่จริง โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อหารือและวางแผนการศึกษาร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่สนใจ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถนำวัสดุคงเหลือที่บำบัดแล้วไปแจกจ่ายให้กับประชาชนได้อย่างปลอดภัย

2. องค์ความรู้จากผลการศึกษาสามารถนำไปถ่ายทอดให้กับประชาชน เพื่อให้เกิดความตระหนักในการกำจัดขยะตั้งแต่ต้นทาง โดยเฉพาะขยะอันตราย

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย [1]

2.1.1 ขยะมูลฝอยชุมชน ปี พ.ศ. 2551-2561

กรมควบคุมมลพิษรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2561 ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยต่าง ๆ ประมาณ 27.93 ล้านตัน หรือประมาณ 76,529 ตัน/วัน เมื่อเทียบกับปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 23.93 ล้านตัน หรือประมาณ 68,301 ตัน/วัน เช่นเดียวกับอัตราการเกิดขยะมูลฝอยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับเช่นกัน โดยอัตราการเกิดขยะมูลฝอยในปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 1.15 กก./คน/วัน ในขณะที่ ปี พ.ศ. 2551 เท่ากับ 1.03 กก./คน/วัน ทั้งนี้อัตราเฉลี่ยของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในรอบทศวรรษที่ผ่านมา เท่ากับ 0.4 ล้านตัน/ปี และอัตราเฉลี่ยของการเกิดขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในรอบทศวรรษที่ผ่านมา เท่ากับ 0.012 กก./คน/วัน (ตารางที่ 2-1 และ ภาพที่ 2-1) โดยสาเหตุของแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของขยะมูลฝอยในประเทศไทยนั้นเกิดเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การบริโภคที่เพิ่มมากขึ้น การขยายตัวของชุมชนเมือง และการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมืองในหลายพื้นที่

การบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยในทศวรรษที่ผ่านมา พบว่า ขยะมูลฝอยชุมชนได้ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้องประมาณร้อยละ 22-43 ถูกนำกลับไปใช้ประโยชน์ประมาณ ร้อยละ 14-35 และถูกนำไปจัดการอย่างไม่ถูกต้อง เช่น การเทกอง การเผากำจัดกลางแจ้ง การเผากำจัดในเตาเผาขนาดเล็กที่ไม่มีการบำบัดมลพิษทางอากาศ และการลักลอบทิ้งในพื้นที่ต่าง ๆ ประมาณ 26-62 (ตารางที่ 2-2 และ ภาพที่ 2-2) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแนวโน้มการบริหารจัดการขยะมูลฝอยนั้นพบว่ามีแนวโน้มการจัดการที่ดีขึ้น เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายและมาตรการต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้การบริหารจัดการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือ

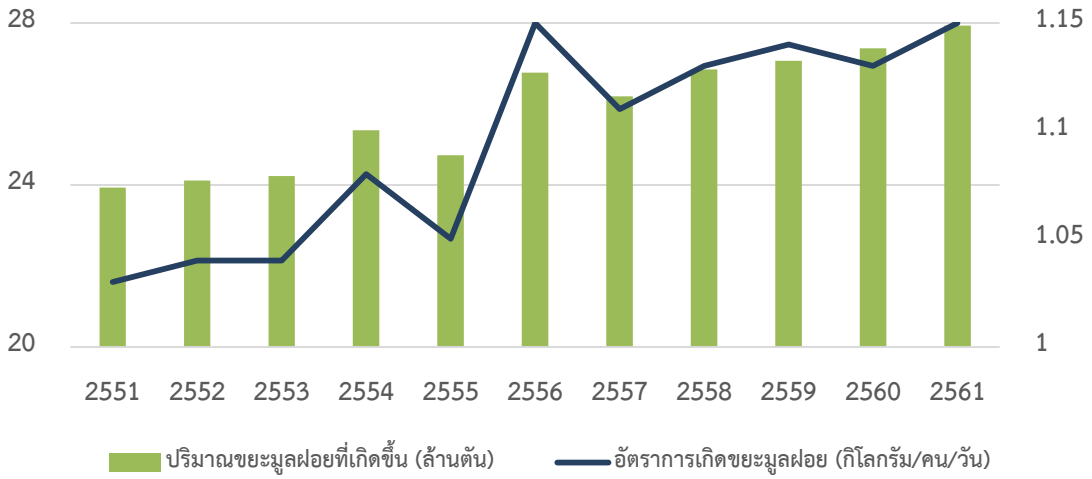
ขยะมูลฝอยที่ถูกนำมากำจัดอย่างถูกต้อง พบว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการไม่ถูกต้องเดิมมีการปรับปรุงการดำเนินงานจากการเทกอง (open dump) ให้กลายเป็นการเทกองควบคุม (controlled dump) การเก็บขน และส่งขยะมูลฝอย

ที่เก็บขนได้ที่ เข้าสู่สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการได้อย่างถูกต้องมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น รวมถึง

ตารางที่ 2-1 ปริมาณและอัตราขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 - 2561

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ล้านตัน)	ปริมาณขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้น (ล้านตัน)	อัตราการเกิดขยะมูลฝอย (กิโลกรัม/คน/วัน)	อัตราการเกิดขยะมูลฝอยที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม/คน/วัน)
2551	23.93	-	1.03	-
2552	24.11	0.18	1.04	0.01
2553	24.22	0.11	1.04	0
2554	25.35	1.13	1.08	0.04
2555	24.73	-0.62	1.05	-0.03
2556	26.77	2.04	1.15	0.1
2557	26.19	-0.58	1.11	-0.04
2558	26.85	0.66	1.13	0.02
2559	27.06	0.21	1.14	0.01
2560	27.37	0.31	1.13	-0.01
2561	27.93	0.56	1.15	0.02
เฉลี่ย		0.4		0.012

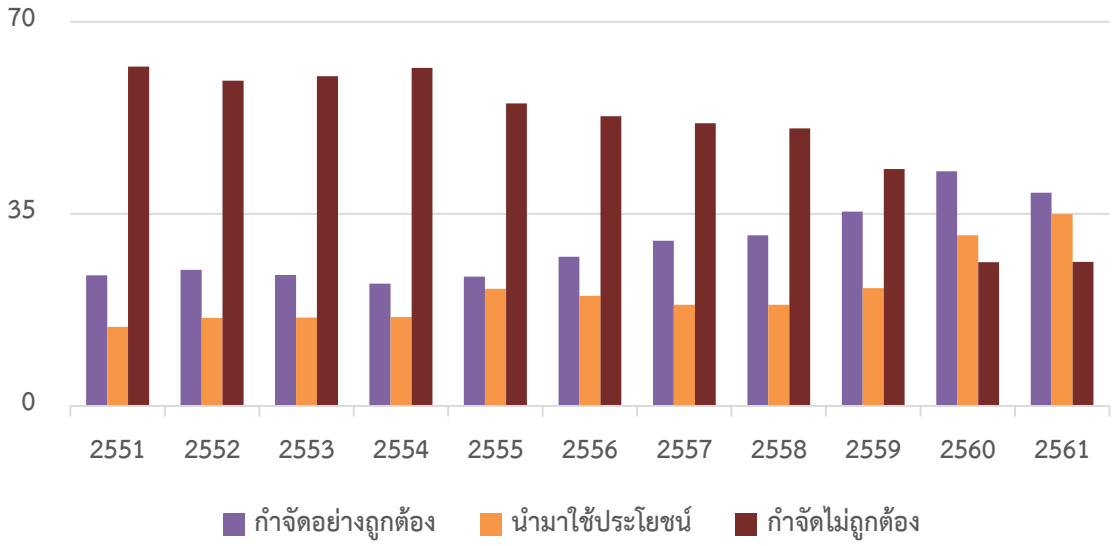
หมายเหตุ : ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 – 2555 ได้จากการคาดการณ์ และข้อมูลปี พ.ศ. 2556 - 2560 ได้จากการสำรวจข้อมูลจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด และการประเมินปริมาณขยะมูลฝอยจากจำนวนประชากร โดยกรมควบคุมมลพิษ[1]



ภาพที่ 2-1 ปริมาณและอัตราขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2561
(ที่มา: รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561. http://infofile.pcd.go.th/Waste/Wst2018.pdf)

ตารางที่ 2-2 การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 – 2561

ปี พ.ศ.	ปริมาณรวม (ล้านตัน)	กำจัดอย่างถูกต้อง		นำมาใช้ประโยชน์		กำจัดไม่ถูกต้อง	
		ปริมาณ (ล้านตัน)	ร้อยละ	ปริมาณ (ล้านตัน)	ร้อยละ	ปริมาณ (ล้านตัน)	ร้อยละ
2551	23.93	5.69	24	3.45	14	14.79	62
2552	24.11	5.97	25	3.86	16	14.28	59
2553	24.22	5.77	24	3.9	16	14.55	60
2554	25.35	5.64	22	4.1	16	15.61	62
2555	24.73	5.83	24	5.28	21	13.62	55
2556	26.77	7.27	27	5.37	20	14.13	53
2557	26.19	7.88	30	4.82	18	13.49	52
2558	26.85	8.34	31	4.94	18	13.57	51
2559	27.06	9.57	35	5.81	21	11.68	43
2560	27.37	11.69	43	8.51	31	7.17	26
2561	27.93	10.85	39	9.76	35	7.32	26



ภาพที่ 2-2 การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทยระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 – 2561 (ร้อยละ)
(ที่มา: รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561. http://infofile.pcd.go.th/Waste/Wst2018.pdf)

ปัจจุบันสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย 1 แห่ง อาจมีระบบในการบำบัด/กำจัดขยะมูลฝอยที่หลากหลายเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปบำบัด/กำจัดเพิ่มมากขึ้น

การใช้ประโยชน์ของขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมาตรการด้านการส่งเสริมกระบวนการ 3R และส่งเสริมให้ประชาชนตระหนักถึงการลดปริมาณการใช้ การนำมาใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ที่เพิ่มมากขึ้น ของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงมหาดไทย เป็นต้น จึงส่งผลให้กระแสการลด และใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอยในแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยที่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อขยะมูลฝอยถูกนำมากำจัดอย่างถูกต้องและนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้นจึงทำให้ขยะมูลฝอยที่นำไปสู่การกำจัดอย่างไม่ถูกต้องลดลงไปในที่สุด

อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาด้านการกำจัดอย่างถูกต้อง เนื่องจากสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ดำเนินการถูกต้องบางแห่งมีปริมาณขยะมูลฝอยเกินขีดความสามารถในการรองรับขยะมูลฝอยของตนเอง และไม่สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้อง จึงใปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้องลดลง

2.1.2 สถานที่และระบบกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน

ปัจจุบันรูปแบบการบำบัด/กำจัดขยะมูลฝอยมีความหลากหลายมากขึ้น มีการนำเอาเทคโนโลยีในการบำบัด/กำจัดขยะมูลฝอยเพื่อลดหรือเปลี่ยนรูปของขยะมูลฝอย และลดภาระของบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยเข้ามาใช้มากมาย รวมถึงการนำเทคโนโลยีเพื่อแปรรูปขยะมูลฝอยเพื่อเตรียมเป็นเชื้อเพลิงจากขยะด้วย ดังนั้นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแต่ละแห่ง จึงอาจมีระบบบำบัด/กำจัดขยะมูลฝอยมากกว่า 1 ระบบได้

การสำรวจสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและเอกชนทั่วประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2561 พบว่ามีสถานที่กำจัด/ขนถ่ายขยะมูลฝอยทั่วประเทศ จำนวน 3,206 แห่ง แต่ยังคงเปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 2,789 แห่ง ได้แก่

- สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยซึ่งดำเนินการอย่างถูกต้อง จำนวน 595 แห่ง โดยแบ่งเป็นสถานที่ดำเนินการโดยหน่วยงานของรัฐบาล จำนวน 466 แห่ง และดำเนินการโดยเอกชน จำนวน 129 แห่ง

ประกอบด้วยระบบกำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้อง ได้แก่ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) การกำจัดขยะมูลฝอยแบบการฝังกลบเชิงวิศวกรรม (Engineer Landfill) การฝังกลบแบบเทกองควบคุม (Controlled Dump) ขนาดไม่เกิน 50 ตัน/วัน เตาเผาที่มีระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ เตาเผาเพื่อผลิตพลังงาน (WTE) การหมักทำปุ๋ย (Compost) การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกล-ชีวภาพ (MBT) และการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอย (RDF) (ตารางที่ 2-3)

- สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยซึ่งดำเนินการไม่ถูกต้อง จำนวน 2,171 แห่ง โดยแบ่งเป็นสถานที่ดำเนินการโดยหน่วยงานของรัฐบาล จำนวน 1,925 แห่ง และดำเนินการโดยเอกชน จำนวน 246 แห่ง ประกอบด้วย การเทกอง (Open dump) การเผากลางแจ้ง (Open burn) การใช้เตาเผาขนาดเล็กที่ไม่มีระบบบำบัดมลพิษอากาศ โดยเป็นของรัฐบาล จำนวน 12 แห่ง และเอกชน จำนวน 11 แห่ง (ตารางที่ 2-4)

- สถานีขนถ่ายขยะมูลฝอย (Transfer station) จำนวน 23 แห่ง โดยเป็นของรัฐบาล จำนวน 12 แห่ง และเอกชน จำนวน 11 แห่ง

ตารางที่ 2-3 สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยดำเนินการแบบถูกต้องที่เปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2561

ประเภท	รัฐบาล (แห่ง)	เอกชน (แห่ง)
การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล/ การฝังกลบเชิงวิศวกรรม	91	16
การฝังกลบแบบเทกองควบคุม ขนาดน้อยกว่า 50 ตัน/วัน	327	85
เตาเผาผลิตพลังงาน (WTE)	0	6
เตาเผาที่มีระบบกำจัดมลพิษทางอากาศ	16	11
หมักทำปุ๋ย	10	3
การกำจัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกล–ชีวภาพ	15	1
เชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอย (RDF)	7	7
รวม	**466**	**129**

ตารางที่ 2-4 สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยดำเนินการแบบไม่ถูกต้องที่เปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2561

ประเภท	รัฐบาล (แห่ง)	เอกชน (แห่ง)
การฝังกลบแบบเทกองควบคุม ขนาดมากกว่า 50 ตัน/วัน	-	1
เทกอง	1,811	233
เผากลางแจ้ง	66	6
เตาเผาที่ไม่มีระบบกำจัดมลพิษทางอากาศ	48	6
รวม	1,925	246

2.2 นโยบาย แผนระดับประเทศ และกฎหมายที่เกี่ยวกับการจัดการมูลฝอย[2] - [16]

2.2.1 แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2564

รัฐบาลของพลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา ได้ให้ความสำคัญกับปัญหาเรื่องขยะ เนื่องจากขยะเป็นปัญหาระดับประเทศ หากไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการและแก้ไขอย่างเร่งด่วนจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพประชาชน จึงกำหนดนโยบายให้เป็นวาระแห่งชาติ เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2557 และจัดทำ Road Map การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย และวางระบบการบริหารจัดการขยะอย่างยั่งยืนในอนาคต ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1) การจัดการขยะมูลฝอยตกค้างในพื้นที่วิกฤต (ขยะเก่า)
2) สร้างรูปแบบการจัดการขยะที่เหมาะสม (ขยะใหม่)
3) วางระเบียบมาตรการการบริหารจัดการขยะ
4) สร้างวินัยคนในชาติมุ่งสู่การจัดการขยะที่ยั่งยืน

ต่อมาเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2559 คณะรัฐมนตรีได้มีการประชุมและมติเห็นชอบแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2564 ที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเสนอและมอบหมายให้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหารือร่วมกับ

กระทรวงมหาดไทย เพื่อจัดทำแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศไทยระยะสั้น (พ.ศ. 2559-2564) และเร่งรัดการดำเนินงานตามแผน Road Map การจัดการขยะมูลฝอยและขยะอันตราย ที่คณะรักษาความสงบแห่งชาติได้มีมติเห็นชอบ เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2557 ให้เป็นรูปธรรมโดยเร็ว ดังนั้น กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหารือร่วมกับกระทรวงมหาดไทย และหน่วยงานที่เกี่ยงข้อง จัดทำแผนปฏิบัติการประเทศไทยไร้ขยะ ตามแนวทางประชารัฐ ระยะ 1 ปี (พ.ศ. 2559-2560) ภายใต้แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2564 และคณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2559 เห็นชอบแผนปฏิบัติการประเทศไทยไร้ขยะตามแนวทางประชารัฐ ระยะ 1 ปี (พ.ศ. 2559-2560) ซึ่งแผนปฏิบัติการดังกล่าวเป็นแนวทางในการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการขยะในระยะสั้นของหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชนโดยทั่วไปให้มีส่วนร่วมในการดำเนินการลดขยะที่ต้นทางเพื่อให้วางรากฐานการดำเนินการการจัดการขยะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

แผนปฏิบัติการประเทศไทยไร้ขยะ ตามแนวทางประชารัฐ ระยะ 1 ปี (พ.ศ. 2559-2560) ภายใต้แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2560 เป็นแนวทางเพื่อขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่การเป็นสังคมปลอดขยะ (Zero Waste Society) โดยวางอยู่บนแนวคิด 3Rs ที่มีการจัดการขยะมูลฝอยแบบผสมผสานเน้นการลด การคัดแยก และการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประกอบด้วย

1. Reduce (คิดก่อนใช้) การลดระดับการใช้ในปัจจุบัน ควบคุมปริมาณการใช้ให้อยู่ในสัดส่วนที่พอเหมาะเพื่อเป็นการลดปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น เช่น การใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก การใช้ผ้าเช็ดหน้าแทนกระดาษทิชชู่ การใช้ปิ่นโตแทนการใช้โฟม การไม่รับถุงพลาสติก การเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หลีกเลี่ยงการซื้อวัสดุสิ้นเปลืองแบบใช้ครั้งเดียว การบริโภคที่เพียงพอ เป็นต้น

2. Reuse (การใช้ซ้ำ) การนำสิ่งของที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า เช่น การใช้กระดาษสองหน้า การใช้ภาชนะที่สามารถใช้ซ้ำได้ การใช้บรรจุภัณฑ์หลายครั้งก่อนทิ้ง การเลือกซื้อสินค้าที่สามารถใช้ซ้ำได้ การดัดแปลงของเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ การซ่อมแซมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ใช้ได้ใหม่

3. Recycle (นำกลับมาใช้ใหม่) การคัดแยกขยะมูลฝอยแต่ละประเภททั้งที่บ้าน โรงเรียน และสำนักงาน เพื่อนำวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หมุนเวียนกลับเข้ามาสู่กระบวนการผลิตตามกระบวนการของแต่ละประเภท เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยกำหนดประเภทของขยะรีไซเคิลเป็น 4 ประเภท คือ แก้ว กระดาษ พลาสติก และ โลหะ/อโลหะ ประชาชนควรเลือกสินค้าที่

ทำมาจากวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ หรือการร่วมกิจกรรมการส่งเสริมการคัดแยกขยะ และการนำขยะรีไซเคิลเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นสินค้าใหม่ เป็นต้น

ทั้งนี้ การดำเนินการต่าง ๆ เป็นไปตามหลักการดำเนินงานตามแนวทางประชารัฐ ซึ่งเป็นหลักการที่คำนึงถึงหลักความรับผิดชอบ และ การมีส่วนร่วมของประชาชน (Participatory Principle) ในการจัดการขยะมูลฝอยและขยะอันตราย เพื่อความยั่งยืนในการบริหารจัดการในอนาคต โดยส่งเสริมบทบาทของทุกภาคส่วนในสังคม ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ภาคราชการทั้งส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และส่วนท้องถิ่น
2) ภาคเอกชน
3) ภาคประชาชน และประชาสังคม
4) ภาคการศึกษา
5) ภาคการศาสนา

ซึ่งทั้ง 5 องค์ประกอบจะมีส่วนในกระบวนการกำหนดนโยบาย การให้ข้อมูล การแสดงความคิดเห็น รวมถึงการออกแบบ การคัดแยก การเก็บขน การกำหนดมาตรการ รวมทั้งการมีส่วนร่วมในพื้นที่และการวางระบบการบริหารจัดการอย่างยั่งยืนในอนาคต นอกจากการมุ่งลดปริมาณขยะ และการคัดแยกขยะที่ต้นทาง รวมถึงมุ่งสร้างระบบการเก็บขนขยะ ซึ่งเป็นอำนาจหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การจัดการขยะอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ การแปรรูปเป็นพลังงานเชื้อเพลิง เช่น การแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า การนำไปผ่านกระบวนการเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตต่อไป เมื่อดำเนินการตามแผนปฏิบัติการแล้วเสร็จในระยะ 1 ปี ข้อมูลและผลการดำเนินการที่ได้จากการดำเนินการตามแผนปฏิบัติการจะเป็นฐานข้อมูลในการกำหนดแผนปฏิบัติการในระยะต่อไป เพื่อให้สอดคล้องกับแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2564 ให้มีประสิทธิภาพ

2.2.2 นโยบายประเทศไทย 4.0

เป็นนโยบายเพื่อการวางรากฐานการพัฒนาประเทศในระยะยาว เป็นจุดเริ่มต้นในการขับเคลื่อนประเทศไปสู่การเป็นประเทศที่มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนตามวิสัยทัศน์รัฐบาล โดยเน้นการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง เศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่การเป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมโดยมีฐานคิดหลัก คือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

รวมทั้งเปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่ภาคบริการมากขึ้น ทั้งนี้กลไกการขับเคลื่อนประเทศโดยสร้างความเป็นธรรมและลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงบริการทางสังคมของรัฐอย่างมีคุณภาพทั่วถึงและเป็นธรรม การสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและแข่งขันได้อย่างยั่งยืน และการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน แก้ไขปัญหาวิกฤตสิ่งแวดล้อม โดยเร่งรัดแก้ไขปัญหาการจัดการขยะ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงาน รวมทั้งยกระดับความสามารถในการป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติ

2.2.3 รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 มีเจตนารมณ์ด้านการสนับสนุนให้ประชาชนมีส่วนร่วมในทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อทในท้องถิ่น อาทิ สิทธิและหน้าที่ของชนชาวไทยในการมีส่วนร่วมในการจัดการบำรุงรักษาและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสิทธิการได้รับข้อมูลคำชี้แจงและเหตุผลจากหน่วยงานราชการ หน่วยงานของรัฐวิสาหกิจและราชการส่วนท้องถิ่น เป็นต้น

มาตราสำคัญของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยชุมชน ได้แก่

มาตรา 57 บุคคลย่อมมีสิทธิได้รับข้อมูล คำชี้แจง และเหตุผลจากหน่วยงานราชการ หน่วยงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจ หรือราชการส่วนท้องถิ่น ก่อนการอนุญาตหรือการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมใดที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัย คุณภาพชีวิต หรือส่วนได้เสียสำคัญอื่นใดที่เกี่ยวข้องกับตนหรือชุมชนท้องถิ่น และมีสิทธิแสดงความคิดเห็นของตนต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปประกอบการพิจารณาในเรื่องดังกล่าว

การวางแผนพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และวัฒนธรรม การเวนคืน อสังหาริมทรัพย์ การวางผังเมือง การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ในที่ดิน และการออกกฎที่อาจมีผลกระทบต่อส่วนได้เสียสำคัญของประชาชน ให้รัฐจัดให้มีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนอย่างทั่วถึงก่อนดำเนินการ

มาตรา 67 สิทธิของบุคคลที่มีส่วนร่วมกับรัฐและชุมชนในการอนุรักษ์ บำรุงรักษาและการได้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ และในการคุ้มครองส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ดำรงชีพได้อย่างปกติและต่อเนื่องในสิ่งแวดล้อมที่จะไม่ก่อให้เกิด

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย สวัสดิภาพ หรือคุณภาพชีวิตของตน ย่อมได้รับความคุ้มครองตามความเหมาะสม

การดำเนินโครงการหรือกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่างรุนแรงทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และสุขภาพ จะกระทำมิได้ เว้นแต่จะได้ศึกษาและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในชุมชน และจัดให้มีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้มีส่วนได้เสียก่อน รวมทั้งได้ให้องค์กรอิสระซึ่งประกอบด้วยผู้แทนองค์การเอกชนด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพและผู้แทนสถาบันอุดมศึกษาที่จัดการการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมหรือทรัพยากรธรรมชาติหรือสุขภาพ ให้ความเห็นประกอบก่อนมีการดำเนินการดังกล่าว

มาตรา 290 องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นย่อมมีอำนาจหน้าที่ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามที่กฎหมายบัญญัติ

1) การจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในเขตพื้นที่
2) การเข้าไปมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่อยู่นอกเขตพื้นที่ เฉพาะในกรณีที่อาจมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ของตน
3) การมีส่วนร่วมในการพิจารณาเพื่อริเริ่มโครงการหรือกิจกรรมใดนอกเขตพื้นที่ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือสุขภาพอนามัยของประชาชนในพื้นที่
4) การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น

ดังจะเห็นได้จากเจตนารมณ์แห่งกฎหมายดังกล่าว ต้องการให้ประชาชนมีส่วนร่วมรับรู้ร่วมตัดสินใจ ร่วมพิจารณาการมีโครงการซึ่งจะเกิดผลกระทบต่อประชาชนเอง และบทบัญญัติเขียนไว้ครอบคลุมทุกสถานการณ์ ดังนั้นกิจกรรมใดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยและอาจก่อให้เกิดผลกระทบจะต้องจัดทำการมีส่วนร่วมของประชาชน เมื่อท้องถิ่นใดจะดำเนินการไม่ว่าจะกำจัดมูลฝอยด้วยวิธีใดในสถานที่ที่มีประชาชนอยู่ใกล้เคียงจำเป็นต้องกำหนดให้ประชาชนมาร่วมตัดสินใจหรือได้รับการยอมจากประชาชนก่อนที่จะเริ่มก่อสร้าง ทั้งนี้หากไม่ดำเนินการดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความขัดแย้งจากประชาชนผู้ได้รับผลกระทบอันเป็นชนวนของการต่อต้านไม่ให้โครงการสามารถดำเนินการต่อไปได้

2.2.4 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัตินี้เป็นกฎหมายแม่บทเกี่ยวกับการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมและการควบคุมมลพิษที่มีการปรับปรุงมาจากพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2518 มาตราสำคัญของพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอย เช่น

มาตรา 39 แผนปฏิบัติการเพื่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัดที่จะได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติในลำดับแรก จะต้องเสนอประมาณการเงินงบประมาณแผ่นดินและเงินกองทุน สำหรับก่อสร้างหรือดำเนินการเพื่อให้มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมหรือระบบกำจัดของเสียรวมตามมาตรา 38 (2) ด้วย ในกรณีที่จังหวัดใดยังไม่พร้อมที่จะดำเนินการเพื่อให้มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมหรือระบบกำจัดของเสียรวม อาจเสนอแผนการส่งเสริมให้เอกชนลงทุนก่อสร้างและดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสียรวมหรือระบบกำจัดของเสีย เพื่อให้บริการในเขตจังหวัดนั้น การจัดทำแผนปฏิบัติการตามวรรคหนึ่งจะต้องมีแบบแปลนรายการละเอียดและประมาณการราคาของโครงการก่อสร้าง ติดตั้ง ปรับปรุง ดัดแปลง ซ่อมแซม บำรุงรักษารวมทั้งกระบวนการและวิธีการดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสียรวมหรือระบบกำจัดของเสียรวมที่เสนอขอจัดสรรเงินงบประมาณและเงินกองทุนดังกล่าวประกอบคำขอด้วยเพื่อประโยชน์ในการให้ความเห็นชอบแผนปฏิบัติการเพื่อจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัดซึ่งจะต้องมีคำขอจัดสรรเงินงบประมาณแผ่นดินตามวรรคหนึ่ง ให้สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมมีหน้าที่ในการรวบรวมและวิเคราะห์แผนปฏิบัติการเพื่อจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัด เพื่อเสนอขอตั้งเป็นงบประมาณรายจ่ายประจำปีของสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมไว้เพื่อการนี้โดยเฉพาะ

มาตรา 78 การเก็บรวบรวม การขนส่ง และการจัดการด้วยประการใด ๆ เพื่อบำบัดและกำจัดขยะมูลฝอยและของเสียที่เป็นของแข็ง การป้องกันและควบคุมมลพิษที่เกิดจากหรือมีที่มาจากการทำเหมืองแร่ ทั้งบนบกและในทะเล การป้องกันและควบคุมมลพิษที่เกิดจากหรือมีที่มาจากการสำรวจและขุดเจาะน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและสารไฮโดรคาร์บอนทุกชนิด ทั้งบนบกและในทะเล หรือป้องกันและควบคุมมลพิษที่เกิดจากหรือมีที่มาจากการปล่อยทิ้งน้ำมันและการทิ้งเทของเสียและวัตถุอื่น ๆ จากเรือเดินทะเล เรือบรรทุกน้ำมันและเรือประเภทอื่น ให้เป็นไปตามกฎหมาย

มาตรา 93 ในกรณีที่ไม่มีกฎหมายใดบัญญัติไว้โดยเฉพาะ ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ มีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนดชนิดและประเภทของของเสียอันตรายที่เกิดจากการผลิต เกษตรกรรม การสาธารณสุข และกิจการอย่างอื่นให้อยู่ในความควบคุม ในการนี้ให้กำหนดหลักเกณฑ์ มาตรการและวิธีการเพื่อควบคุมการเก็บ รวบรวม การรักษาความปลอดภัย การขนส่งเคลื่อนย้าย การนำเข้ามาในราชอาณาจักร การส่งออกไปนอกราชอาณาจักรและการจัดการ

บำบัดและกำจัดของเสียอันตรายดังกล่าวด้วยวิธีการที่เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิชาที่เกี่ยวข้องด้วย

สำหรับบทกำหนดโทษของพระราชบัญญัติดังกล่าว จะขึ้นอยู่กับความผิดที่กระทำ เช่น ตามมาตรา 91 เจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษซึ่งมีระบบบำบัดน้ำเสียหรือระบบกำจัดของเสีย ผู้ใดลักลอบปล่อยน้ำทิ้งเสียหรือของเสียลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมหรือระบบกำจัดของเสียรวมของทางราชการ จะต้องเสียค่าปรับรายวันในอัตราสี่เท่าของจำนวนเงินค่าใช้จ่ายประจำวันสำหรับการเปิดเดินเครื่องทำงานระบบบำบัดน้ำเสียหรือระบบกำจัดของเสียของตนตลอดเวลาที่ดำเนินการเช่นว่านั้น และมีหน้าที่ต้องชดใช้ค่าเสียหายหากการปล่อยทิ้งน้ำเสียหรือของเสียนั้นก่อให้ความชำรุดเสียหายหรือความบกพร่องแก่ระบบบำบัดน้ำเสียหรือระบบกำจัดของเสียรวมของทางราชการ

นอกจากมาตราที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยข้างต้นแล้ว ในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ยังได้มีการกำหนดรายละเอียดของกองทุนสิ่งแวดล้อมในหมวด 2 มาตรา 22-31 ซึ่งมีรายละเอียดตั้งแต่การจัดตั้งกองทุน ที่มาของเงินทุนรวมทั้งการให้เป็นการกู้ยืมสำหรับส่วนราชการหรือราชการส่วนท้องถิ่นและเอกชนสำหรับการลงทุนและดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสียรวม หรือระบบกำจัดของเสียรวม รวมทั้งการจัดหาจัดซื้อที่ดิน วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและเครื่องใช้ที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงาน และบำรุงรักษาระบบ และรายละเอียดการส่งเงินคืนกองทุนภายหลังการกู้ยืม โดยเฉพาะในมาตรา 23 มีการกำหนดการใช้เงินกองทุนในกรณีที่แตกต่างกัน ซึ่งมีทั้งการให้การสนับสนุนและให้กู้ เป็นต้น

โดยหลังจากได้มีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมหรือระบบกำจัดของเสียรวมในพระราชบัญญัติดังกล่าวได้กำหนดไว้ในมาตรา 93 ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นหรือพนักงานเจ้าหน้าที่ของส่วนราชการที่จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียหรือระบบกำจัดของเสียรวมของทางราชการมีอำนาจหน้าที่จัดเก็บค่าบริการ ค่าปรับและเรียกร้องค่าเสียหายตามที่บัญญัติไว้ในส่วนนี้ โดยให้ส่งคืนกองทุนในอัตราไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3.5 ของเงินรายได้

ในพระราชบัญญัติฉบับดังกล่าว มีเจตนาที่จะควบคุมการจัดการมูลฝอยโดยเฉพาะการสร้างระบบกำจัดที่มีประสิทธิภาพ ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งกำหนดให้เป็นหน้าที่ของรัฐที่จะต้องให้การสนับสนุนในการดำเนินการ ทั้งที่เป็นความรู้ด้านวิชาการและงบประมาณ นอกจากนั้นยังได้มีการนำหลักการผู้ก่อมลภาวะจะต้องเป็นผู้จ่าย (Polluters Pay Principle, PPP) โดยให้คิดค่าบริการดำเนินการกำจัดมูลฝอยและกำหนดให้กองทุนสิ่งแวดล้อมสนับสนุนการก่อสร้าง

2.2.5 พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข เป็นพระราชบัญญัติที่คุ้มครองประชาชนด้านสุขลักษณะและการอนามัยสิ่งแวดล้อมหรือการสุขาภิบาล ซึ่งครอบคลุมกิจกรรมการกระทำทุกอย่างและกิจการประเภทต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยชุมชน และเป็นพระราชบัญญัติที่กระจายอำนาจไปสู่ราชการส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีคณะกรรมการสาธารณสุขจังหวัดและคณะกรรมการสาธารณสุขกรุงเทพมหานครทำหน้าที่ขับเคลื่อนการบังคับใช้กฎหมายในระดับพื้นที่ โดยคำนึงถึงหลักการมีส่วนร่วมของประชาชน และกำหนดให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจประกาศพื้นที่ควบคุมเหตุรำคาญเพื่อระงับและจัดการตามความจำเป็นมิให้เหตุรำคาญนั้นเกิดขึ้นอีก ตลอดจนกำหนดให้ผู้ขออนุญาตในกิจการบางประเภทหรือบางขนาดต้องดำเนินการตามหลักเกณฑ์วิธีการและเงื่อนไขที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขประกาศกำหนดก่อนที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นพิจารณาออกใบอนุญาตนอกจากนี้เพื่ออำนวยความยุติธรรมแก่ประชาชน ทั้งนี้มีบทบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอย มีดังนี้

มาตรา 4 มูลฝอย หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัตถุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์ หรือสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่น และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน

มาตรา 18 การเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยในเขตราชการส่วนท้องถิ่นใดให้เป็นอำนาจของราชการส่วนท้องถิ่นนั้นในการดำเนินการตามวรรคหนึ่ง ราชการส่วนท้องถิ่นอาจร่วมกับหน่วยงานของรัฐ หรือราชการส่วนท้องถิ่นอื่นดำเนินการภายใต้ข้อตกลงร่วมกันก็ได้ แต่ในกรณีจำเป็นเพื่อประโยชน์สาธารณะโดยส่วนรวม

รัฐมนตรีมีอำนาจออกกฎกระทรวงโดยคำแนะนำของคณะกรรมการกำหนดหลักเกณฑ์วิธีการและเงื่อนไขในการดำเนินการร่วมกันได้ ในกรณีที่มีเหตุอันสมควรราชการส่วนท้องถิ่นอาจมอบให้บุคคลใดดำเนินการตามวรรคหนึ่งแทน ภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่น หรืออาจอนุญาตให้บุคคลใดเป็นผู้ดำเนินกิจการรับทำการเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยตามมาตรา 19

มาตรา 19 ห้ามมิให้ผู้ใดดำเนินกิจการรับทำการเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยนอกจากในที่ที่ราชการส่วนท้องถิ่นจัดไว้ให้ ทั้งนี้ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560 ได้มีการออกกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นกฎกระทรวงที่กำหนดรายละเอียดคำจำกัดความหลักเกณฑ์วิธีการเก็บ การเคลื่อนย้าย การรวบรวม การขนส่ง การทำลาย และการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเพื่อให้มีการจัดการมูลฝอยติดเชื้อได้ตามมาตรฐานที่

มาตรา 20 เพื่อประโยชน์ในการรักษาความสะอาดและการจัดระเบียบในการเก็บขนและกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย ให้ราชการส่วนท้องถิ่นมีอำนาจออกข้อกำหนดท้องถิ่นดังต่อไปนี้

1) ห้ามการถ่าย เท ทิ้ง หรือทำให้มีขึ้นในที่หรือทางสาธารณะซึ่งสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยนอกจากในที่ที่ราชการส่วนท้องถิ่นจัดไว้ให้

2) กำหนดให้มีที่รองรับสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยตามที่หรือทางสาธารณะและสถานที่เอกชน

3) กำหนดวิธีการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยหรือให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารหรือสถานที่ใด ๆ ปฏิบัติให้ถูกต้องด้วยสุขลักษณะตามสภาพหรือลักษณะการใช้อาคารหรือสถานที่นั้น ๆ

4) กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการของราชการส่วนท้องถิ่น ในการเก็บ ขนสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยไม่เกินอัตราตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

5) กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยเพื่อให้ผู้รับใบอนุญาตตาม มาตรา 19 ปฏิบัติ ตลอดจนกำหนดอัตราค่าบริการขั้นสูงตามลักษณะการให้บริการที่ผู้รับใบอนุญาตตาม มาตรา 19 จะพึงเรียกเก็บได้

สำหรับอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการของราชการส่วนท้องถิ่น ได้กำหนดไว้ในกฎกระทรวงว่าด้วยอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยและอัตราค่าธรรมเนียมอื่น ๆ พ.ศ. 2545 โดยได้กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมต่าง ๆ เช่น

1) อัตราค่าเก็บและขนสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยตามมาตรา 20 (4)

(1) ค่าเก็บและขนอุจจาระหรือสิ่งปฏิกูลครั้งหนึ่งๆ

เศษของลูกบาศก์เมตรหรือลูกบาศก์เมตรแรก และลูกบาศก์เมตรต่อ ๆ ไป ลูกบาศก์เมตรละ 250 บาท เศษไม่เกินครึ่งลูกบาศก์เมตร 150 บาท เศษเกินครึ่งลูกบาศก์เมตร ให้คิดเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร

(2) ค่าเก็บและขนมูลฝอยทั่วไป

(ก) ค่าเก็บและขนมูลฝอยทั่วไปประจำเดือน

- ที่มีปริมาณวันหนึ่งไม่เกิน 20 ลิตร เดือนละ 40 บาท
- ที่มีปริมาณวันหนึ่งเกิน 20 ลิตร แต่ไม่เกิน 500 ลิตร ค่าเก็บและขนทุก ๆ 20 ลิตร เดือนละ 40 บาท
- ที่มีปริมาณวันหนึ่งเกิน 500 ลิตร แต่ไม่เกิน 1 ลูกบาศ์กเมตร เดือนละ 2,000 บาท
- ที่มีปริมาณวันหนึ่งเกิน 1 ลูกบาศก์เมตร ค่าเก็บและขนทุก ๆ ลูกบาศก์เมตร หรือเศษของลูกบาศก์เมตร เดือนละ 2,000 บาท

(ข) ค่าเก็บและขนมูลฝอยทั่วไปเป็นครั้งคราว

- ครั้งหนึ่ง ๆ ไม่เกิน 1 ลูกบาศก์เมตร ครั้งละ 50 บาท
- ครั้งหนึ่ง ๆ เกิน 1 ลูกบาศก์เมตร หรือเศษของลูกบาศก์เมตร ลูกบาศก์เมตร ละ 150 บาท

สำหรับบทกำหนดโทษของพระราชบัญญัติการสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องกับมูลฝอยนั้นในมาตรา 73 ได้กำหนดว่าผู้ใดฝ่าฝืนข้อกำหนดของท้องถิ่นซึ่งออกตามความในมาตรา 20 (5) ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

2.2.6 พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 และ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2560

ภายใต้พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 ได้กำหนดการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอย และการรักษาความสะอาดของบ้านเมือง โดยมีบทบัญญัติหลายมาตราที่เกี่ยวข้องกับการห้ามทิ้งมูลฝอย โดยเฉพาะหมวด 1 การรักษาความสะอาดในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ หมวด 2 การดูแลรักษาสนามหญ้าและต้นไม้ในถนนและสถานสาธารณะ และหมวด 3 การห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูลมูลฝอยในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ ขณะที่พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 ประกาศราชกิจจานุเบกษาฯ เมื่อวันที่ 15 มกราคม 2560 ได้กำหนดการจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยและกำหนดอัตราค่าธรรมเนียม โดยการออกกฎกระทรวงกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยจะกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมให้แตกต่างกันโดยคำนึงถึงปริมาณสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย ระยะเวลา การจัดเก็บ ลักษณะการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย รวมทั้งต้นทุนและความคุ้มค่า พร้อมทั้งให้ยกเลิกอัตราค่าธรรมเนียมใบอนุญาตและค่าบริการท้ายพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 และให้

ใช้อัตราค่าธรรมเนียมท้ายพระราชบัญญัตินี้แทน โดยกำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเก็บค่าธรรมเนียมและขนขยะมูลฝอยจากครัวเรือนเพิ่มจาก 40 บาท เป็น 150 บาท/เดือน และให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดเก็บค่ากำจัดขยะมูลฝอยเพิ่มได้อีกไม่เกิน 200 บาท/เดือน เพื่อให้เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดการขยะ และเพื่อให้การบริหารจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุด

2.2.7 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายที่ใช้ในการควบคุมและกำกับดูแลการตั้งและประกอบกิจการโรงงาน เพื่อประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและรักษาสิ่งแวดล้อม ความมั่นคง ความปลอดภัยของประเทศ หรือสาธารณชน การป้องกันเหตุเดือดร้อนรำคาญ โดยในมาตรา 8 (5) ของพระราชบัญญัตินี้ ได้ให้อำนาจรัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมในการออกกฎทรวง เพื่อให้โรงงานปฏิบัติตามมาตรฐานและวิธีการควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใด ๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากการประกอบกิจการโรงงานตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ทั้งนี้ สถานที่ให้บริการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่เข้าข่ายโรงงาน ประเภทลำดับที่ 101 ต้องได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และผู้ประกอบกิจการจะต้องปฏิบัติให้เป็นตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขแห่งบทบัญญัตินี้

2.2.8 พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2552

พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2552 กำหนดให้ราชการส่วนท้องถิ่น (เทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล องค์การบริหารส่วนตำบล องค์การบริหารส่วนจังหวัด กรุงเทพมหานคร และเมืองพัทยา) มีอำนาจหน้าที่ในการจัดระบบบริการสาธารณะ เพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นตนเอง ซึ่งมีบทบัญญัติในมาตรา 17 (11) และมาตรา 17 (12) ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดมีหน้าที่ในการจัดระบบกำจัดขยะมูลฝอยรวม และการจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษต่าง ๆ และบทบัญญัติในมาตรา 16, 17 และ 18 กำหนดให้เทศบาล เมืองพัทยา และองค์การบริหารส่วนตำบล มีหน้าที่ในการจัดระบบการรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง การกำจัดขยะ มูลฝอย สิ่งปฏิกูล และน้ำเสีย

2.2.9 พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2528

พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกรุงเทพมหานคร ไม่ได้กำหนดอำนาจหน้าที่ของกรุงเทพมหานครไว้โดยตรง แต่กำหนดว่า ภายใต้บังคับแห่งกฎหมายอื่นให้กรุงเทพมหานครมีอำนาจหน้าที่ดำเนินกิจการในเขตกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับการรักษาความสะอาดและรักษาความเป็นระเบียบเรียบร้อย ภายในเขตกรุงเทพมหานครและดูแลรักษาที่สาธารณะตามมาตรา 89 (4) และ (10)

2.2.10 พระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัด พ.ศ. 2540

กฎหมายนี้กำหนดให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดมีหน้าที่ดำเนินการภายในพื้นที่ของจังหวัดเกี่ยวกับ การคุ้มครอง ดูแลและบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตามมาตรา 45 (7)

2.2.11 พระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496

กฎหมายนี้กำหนดให้เป็นหน้าที่ของเทศบาลในการรักษาความสะอาดของถนน ทางเดิน และที่สาธารณะ รวมทั้งการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล ตามมาตรา 50 (3) มาตรา 53 (1) และมาตรา 56 (1)

2.2.12 พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537

กฎหมายนี้กำหนดให้อำนาจและหน้าที่แก่สภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบลในการดำเนินการรักษาความสะอาดในที่สาธารณะ รวมทั้งการจัดการขยะมูลฝอยภายในพื้นที่ตำบล ตามมาตรา 23 (3)

2.2.13 พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการเมืองพัทยา พ.ศ. 2521

กฎหมายนี้ให้อำนาจแก่เมืองพัทยาในการดำเนินการรักษาความสะอาด รวมทั้งการจัดการขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลภายในเขตเมืองพัทยา ตามมาตรา 67 (5) และ (6)

2.3 เทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน[17] –[33]

2.3.1 เทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนทั่วไป

2.3.1.1 ระบบหมักทำปุ๋ย (Compost)

การหมักทำปุ๋ยจากขยะอินทรีย์ โดยการใช้จุลินทรีย์เป็นตัวการย่อยสลายอินทรีย์สาร ให้แปรสภาพเป็นแร่ธาตุที่มีลักษณะค่อนข้างคงรูป มีสีดำค่อนข้างแห้ง และสามารถใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน การหมักทำปุ๋ย ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก คือ

1) กระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition) เป็นการสร้างสภาวะให้จุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยใช้ออกซิเจนย่อยสารอาหารแล้วเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว กระบวนการนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนัก เนื่องจากการย่อยสลายสารไม่เกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น แต่จะได้ปุ๋ยที่มีคุณสมบัติดี และมีองค์ประกอบของไนเตรต (NO_3^-) และซัลเฟต (SO_4^{2-})

การหมักแบบใช้ออกซิเจน

อินทรีย์สาร ⟶ คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + ไนเตรต + ซัลเฟต + ความร้อน

แบคทีเรีย

2) กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition) เป็นการสร้างสภาวะให้เกิดจุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นตัวช่วยย่อยอาหาร กระบวนการนี้มักจะเกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ก๊าซไข่เน่า (Hydrogen Sulfide: H_2S) แอมโมเนีย (NH_3) และได้ผลดีเป็นก๊าซมีเทน (Methane gas) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้

การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน

อินทรีย์สาร ⟶ คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + ก๊าซมีเทน + ก๊าซแอมโมเนีย + ก๊าซไข่เน่า + ความร้อน

แบคทีเรีย

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักทำปุ๋ย คือ

1) ขนาดของวัตถุอินทรีย์ (Particle size)

ขนาดและรูปร่างของวัตถุอินทรีย์หรือวัสดุที่ใช้ในการหมัก ยิ่งมีขนาดเล็กจะทำให้กระบวนการย่อยสลายเกิดได้เร็ว เพราะเป็นการช่วยเร่งอัตราในการเกิดออกซิเดชั่นทางชีวภาพ ซึ่งแปรผันโดยตรงกับปริมาณของพื้นที่ผิวที่ให้เชื้อจุลินทรีย์เข้ายึดเกาะ ถ้าพื้นที่ผิวในการสัมผัสมากจะทำให้จุลินทรีย์และเอนไซม์เข้ายึดเกาะได้ดี และทำให้การย่อยสลายเร็วขึ้น วัสดุควรมีขนาดเล็ก แต่ต้องมีช่องว่างเพียงพอในการระบายอากาศ ถ้าขนาดเล็กเกินไปจะทำให้อัตราการระบายอากาศของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ขนาดของวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 2 นิ้ว หรือมีขนาดใหญ่กว่าในกรณีที่ต้องช่วยระบายอากาศในกองหมัก ซึ่งอาจจะผสมด้วยวัสดุที่เบาแต่มีปริมาตรมาก เช่น ฟางข้าว ใบไม้แห้ง กระดาษ เพื่อให้อากาศหมุนเวียนได้ดีขึ้น หรือจะผสมวัสดุที่มีขนาดต่างกันและมีเนื้อต่างกันก็ได้

2) อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิในกองหมักเป็นปัจจัยที่สำคัญในการย่อยสลายและควบคุมอัตราการเร่งของปฏิกิริยาที่มีผลโดยตรงกับกิจกรรมการย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ยิ่งอัตราการเผาผลาญอาหารของจุลินทรีย์มากขึ้น อุณหภูมิภายในระบบหมักก็จะสูงขึ้น จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัตถุอินทรีย์และก่อให้เกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมักมี 2 ประเภท คือ

1) แบคทีเรียชนิดเมโซฟิลิก (Mesophilic bacteria) ซึ่งจะมีชีวิต เจริญเติบโต และแพร่พันธุ์ ได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 10 - 45 องศาเซลเซียส

2) แบคทีเรียชนิดเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic bacteria) ซึ่งเจริญเติบโตดีที่อุณหภูมิระหว่าง 45 - 70 องศาเซลเซียส

การรักษาอุณหภูมิของระบบไว้เกินกว่า 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 4 วัน จะช่วยทำลายเมล็ดวัชพืช ตัวอ่อนแมลงวัน และโรคพืชได้ ถ้าอุณหภูมิของระบบสูงถึง 69 องศาเซลเซียส การย่อยสลายจะเกิดเร็วขึ้นเป็นสองเท่าของที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 69 องศาเซลเซียส ประชากรของจุลินทรีย์จะถูกทำลายบางส่วน ทำให้อุณหภูมิของระบบลดลง และอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น

ปริมาณความชื้น ออกซิเจนที่มีอยู่ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้น เมื่อมีการปฏิบัติที่ถูกต้องอุณหภูมิของกองหมักจะเพิ่มขึ้นและควรปล่อยทิ้งไว้เฉยๆ จนกระทั่งอุณหภูมิถึงจุดสูงสุดและเริ่มลดลงจึงควรกลับกองหมัก เพื่อให้ออกซิเจนสามารถเข้าถึงทั่วกองหมัก อุณหภูมิของกองหมักจะกลับมาสูงขึ้นอีกครั้ง ทำเช่นนี้จนกว่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการทำปุ๋ยหมักเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ขนาดของกองหมักก็มีผลต่ออุณหภูมิสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยทั่วไปสำหรับกองหมักที่เปิดโล่งควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 3 x 3 x 3 ฟุต นอกจากนี้สภาพอากาศในระหว่างการหมักก็มีอิทธิพลต่อการย่อยสลาย ในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้การย่อยสลายอินทรียวัตถุเป็นไปได้เร็ว และสามารถย่อยสลายอินทรียวัตถุในขยะได้ลึกจากผิวสัมผัสกับอากาศถึง 20 เซนติเมตร

3) การเติมอากาศ (Aeration)

ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ การย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นกระบวนการย่อยสลายที่ช้าและทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้นจึงควรกลับกองหมักเป็นระยะ เพื่อให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ซึ่งจะช่วยเร่งกระบวนการหมักปุ๋ยให้เร็วขึ้น

การกลับกองจะทำให้การระบายอากาศภายในกองหมักมีช่องว่างที่พอเหมาะ ช่วยให้อากาศจากบรรยากาศไหลเข้าสู่กองหมัก และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถออกจากกองหมักได้ แต่หากอากาศภายในกองหมักมีมากเกินไปจะทำให้สูญเสียความร้อนที่เป็นผลให้กองขยะเย็นตัว ทำให้ต้องใช้เวลาในหมักและเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับการดำเนินงานมากขึ้น

กองปุ๋ยหมักเมื่อเริ่มต้นควรมีช่องว่างร้อยละ 30-35 เพื่อให้เกิดสภาวะการหมักที่ดีที่สุดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรียคาร์บอนของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้อากาศ ซึ่งจัดเป็นปฏิกิริยาประเภทออกซิเดชั่นทางชีวภาพซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญคือ ก๊าซออกซิเจน และเพื่อไม่ให้เป็นปัจจัยที่จำกัดต่อการดำเนินการของกระบวนการย่อยสลาย (เปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน) ควรมีปริมาณก๊าซออกซิเจนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 18 ซึ่งจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นตามมา ทั้งนี้กองหมักที่ไม่ได้กลับกอง จะใช้เวลาย่อยสลายนานกว่ากองหมักที่ทำการกลับกอง ถึง 3-4 เท่า

4) ความชื้น (Moisture)

ความชื้นที่เพียงพอมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กองหมักควรมีความชื้นที่เหมาะสมที่สุดที่ร้อยละ 45 ถ้ากองหมักแห้งเกินไปจะทำให้การย่อยสลายไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ แต่ถ้ากองหมักมีน้ำมากเกินไปการย่อยสลายจะเปลี่ยนจาก

การย่อยสลายแบบใช้อากาศเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งจะทำให้มีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น ความชื้นที่ยังคงรักษาการย่อยสลายแบบใช้อากาศอยู่ระหว่างร้อยละ 40-70

5) การกลับกอง (Turning)

ในระหว่างกระบวนการหมัก จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญวัตถุอินทรีย์ ขณะที่ออกซิเจนถูกใช้หมด กระบวนการหมักจะช้าลง และอุณหภูมิในกองหมักจะลดลง นอกจากการกลับกองจะเป็นการช่วยให้อากาศหมุนเวียนในกองหมัก เพื่อเพิ่มออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์แล้ว ยังเป็นการกลับวัสดุที่อยู่ด้านนอกเข้าข้างใน ซึ่งเป็นการช่วยให้การย่อยสลายเร็วขึ้นอีกทางหนึ่ง โดยระยะเวลาในการกลับกองสังเกตได้จากเมื่ออุณหภูมิในกองหมักขึ้นสูงสุดแล้วเริ่มลดลง แสดงว่าได้เวลาในการกลับกองเพื่อให้อากาศในกองหมักเกิดการถ่ายเท

6) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (Carbon to Nitrogen ratio, C:N)

จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนสำหรับเป็นแหล่งพลังงาน และใช้ไนโตรเจนสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน จุลินทรีย์ต้องการใช้คาร์บอน 30 ส่วน ไนโตรเจน 1 ส่วน (C:N = 30:1 โดยน้ำหนักแห้ง) ในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ อัตราส่วนนี้จะควบคุมความเร็วในการย่อยของจุลินทรีย์ ถ้ากองหมักมีส่วนผสมของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง (มีคาร์บอนมาก) การย่อยสลายจะช้าลง แต่ถ้ากองหมักมีส่วนผสมที่มีคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำมาก (ไนโตรเจนสูง) จะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียสู่บรรยากาศจนเกิดเป็นกลิ่นเหม็น

วัตถุอินทรีย์ส่วนมากไม่ได้มีอัตราส่วน C:N = 30:1 จึงต้องทำการผสมวัตถุอินทรีย์เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่ถูกต้องหรือใกล้เคียง โดยปุ๋ยที่หมักเสร็จแล้วจะต้องมีค่า C:N ไม่เกิน 20:1 เพื่อป้องกันการดึงไนโตรเจนจากดินเมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้งาน

เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ในประเทศไทยเป็นไปตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวที่มีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ และไม่ใช่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยชีวภาพ มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของประเทศไทย แสดงในตารางที่ 2-5

นอกจากนี้ปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุแต่มีปริมาณธาตุอาหารหลักไม่สมบูรณ์ครบถ้วน จะสามารถเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่เป็นประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น ช่วยปรับปรุงสภาพของดินให้ดีขึ้น ช่วยอุ้มน้ำได้มาก ป้องกันความแห้งแล้ง ป้องกันการสึกกร่อนของหน้าดิน ช่วยเก็บกักธาตุต่าง ๆ ในดิน เช่น โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และทองแดง ช่วยทำให้สารพิษในดินเป็นกลาง และช่วยให้ต้นไม้ดูดซึมวิตามินและออกซิเจนดีขึ้น เป็นต้น

ตารางที่ 2-5 เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับ	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ปริมาณอินทรียวัตถุรับรอง (Organic Matter)	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก
2	ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ration)	ไม่เกิน 20 : 1
3	ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร
4	ปริมาณโซเดียม (Na)	ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
5	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	
	5.1 ไนโตรเจน : Total N	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก
	5.2 ฟอสฟอรัส : Total P_2O_5	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
	5.3 โพแทสเซียม : Total K_2O	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)	5.5 - 8.5
7	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก
8	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
9	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ไม่เกินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก
10	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
11	ปริมาณโลหะหนัก	
	สารหนู (Arsenic)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
	แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
	โครเมียม (Chromium)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
	ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
	ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
	ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
12	การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

ที่มา: พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554[29]

2.3.1.2 ระบบการเผาในเตา (Incineration)

การกำจัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีการเผาทำลายในเตาเผาต้องมีการออกแบบก่อสร้างที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยต้องมีอุณหภูมิในการเผาที่ 850-1,200 องศาเซลเซียส เพื่อให้การทำลายสมบูรณ์ที่สุด ซึ่งกระบวนการเผาไหม้ขยะมูลฝอยภายในเตาเผาจะใช้อากาศมากกว่าความต้องการอากาศในการเผาไหม้ทางทฤษฎี (Stoichiometric Condition) ที่เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ความร้อน (Heat) ซึ่งสามารถใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำ เพื่อผลิตไฟฟ้าได้ และสามารถกำจัดปริมาณขยะมูลฝอยได้ประมาณร้อยละ 80-90 โดยการออกแบบเตาเผาให้เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณองค์ประกอบของขยะมูลฝอย และปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ ค่าความชื้น และ ค่าความร้อนของขยะมูลฝอยซึ่งมีการผันแปรตามฤดูกาล และลักษณะองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ปัญหาที่เกิดจากการเผา คือ มลพิษทางอากาศ ได้แก่ ฝุ่นขนาดเล็ก ก๊าซพิษต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide: SO_2) เกิดไดออกซิน (Dioxins) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้อาจเกิดปัญหาการปนเปื้อนของขยะอันตรายจากครัวเรือนที่ไม่เพียงแต่จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยสารพิษดังกล่าวออกสู่บรรยากาศแล้วนั้น แต่ยังคงมีสารพิษค้างในขี้เถ้าที่เหลือจากการไหม้ซึ่งต้องนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบในขั้นตอนสุดท้าย ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ และดักมิให้อากาศที่ผ่านปล่องออกสู่บรรยากาศมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศจากเตาเผาที่กำหนด

หลักการทำงานของเตาเผาขยะมูลฝอย

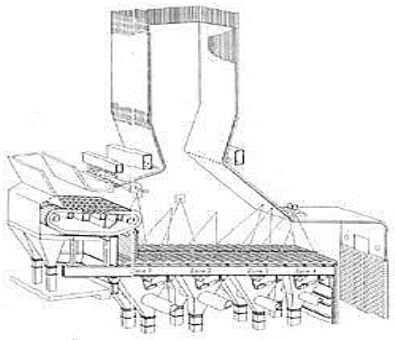
1) ระบบรองรับขยะมูลฝอย ประกอบด้วย การลดขนาด การคัดแยก และการตรวจสอบขยะมูลฝอย โดยระบบนี้อาจมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

2) หลุมรองรับขยะมูลฝอย (Unloading and Hopper for Waste) เพื่อให้มีการผสมขยะมูลฝอยเข้ากันเป็นเนื้อเดียวและลดความชื้นก่อนที่จะป้อนเข้าสู่เตาเผา

3) ระบบป้อนขยะมูลฝอย (Feeding System) ขยะมูลฝอยที่ถูกผสมเข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวแล้วจะถูกป้อนเข้าสู่เตาเผาทางช่องป้อน

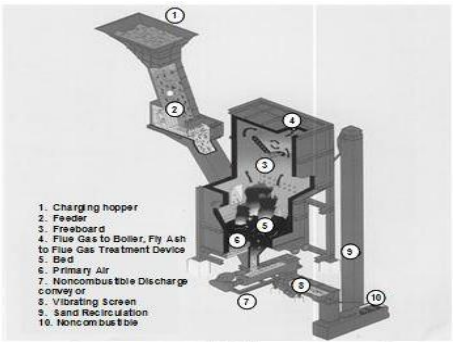
4) ระบบเตาเผาขยะมูลฝอย มีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้แพร่หลายในการเผาขยะมูลฝอย มี 3 แบบ คือ

- เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker-Fired or Grate-Fired Incinerator) เป็นเตาเผาที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ขยะมูลฝอยจะถูกป้อนเข้าไปในเตาเผาแล้วเคลื่อนตัวไปตามการเคลื่อนที่ของแผงตะกรับ โดยมีอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เป่าเข้าทางด้านล่างของตะกรับ ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลขึ้นด้านบน แล้วไปแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้แล้วจะเคลื่อนตัวตามตะกรับแล้วตกออกมาจากเตาเผาเป็นขี้เถ้าซึ่งสามารถนำไปฝังกลบได้ วิธีการเผาใช้อากาศมากเกินพอ (Excess air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเสริมในการเผาไหม้ด้วย อุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 850-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เป็นเตาเผาที่เหมาะสมกับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมาก คือ 6 ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป หรือ 150 ตันต่อวัน (ภาพที่ 2-3)



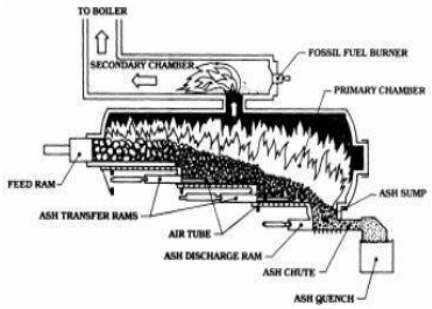
ภาพที่ 2-3 เตาเผาชนิดมีแผงตะกรับ

- เตาเผาฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized Bed Incinerator) เป็นการเพิ่มความเร็วให้กับอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้สูงพอที่จะทำให้ตัวขยะเกิดการลอยตัวบนวัสดุตัวกลางมีสภาพเหมือนของไหล การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในขณะที่ขยะมีสภาพเป็นของไหลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ การถ่ายเทความร้อน และการถ่ายเทมวลได้ ในทางปฏิบัติจะมีการใส่ตัวกลางที่ใช้ในเตาเผาเป็นแร่ควอทซ์หรือทรายแม่น้ำขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ขยะมูลฝอยจะต้องถูกย่อยให้มีขนาดเล็กตัวกลางและขยะมูลฝอยจะถูกกวนผสมกันในเตาและเผาไหม้โดยใช้อากาศมากเกินพอ (Excess air) ใช้อุณหภูมิประมาณ 850-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เหมาะกับปริมาณขยะมูลฝอยขนาด 1-5 ตันต่อชั่วโมง หรือ 25-100 ตันต่อวัน (ภาพที่ 2-4)



ภาพที่ 2-4 เตาเผาชนิดใช้ตัวกลางนำความร้อน

- เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้ (Controlled-Air Incinerator) เป็นเตาเผาที่แบ่งการเผาไหม้เป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นแรกซึ่งเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้แรก (Primary combustion chamber) จะควบคุมการเผาไหม้ขยะมูลฝอยในสภาวะไร้อากาศหรือใช้อากาศค่อนข้างน้อย (Starved air) ที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์แต่จะเป็นก๊าซเชื้อเพลิง และไหลเข้าไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ที่สอง (Secondary combustion chamber) ในสภาวะอากาศมากเกินพอ (Excess air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงด้วย อุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 1,000-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้ใช้กับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณน้อย คือ ไม่เกิน 1 ตันต่อชั่วโมง หรือ 10 ตันต่อวัน (ภาพที่ 2-5)



ภาพที่ 2-5 เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้

5) ระบบนำเถ้าออก (Ash and Clinker Removal System) เถ้าที่เกิดจากการเผาไหมในเตาเผาจะถูกเก็บ และขนส่งด้วยระบบลำเลียง ซึ่งสามารถร่อนคัดแยก และใช้ในการทำเป็นวัสดุรองพื้นในการก่อสร้างถนนหรือเพื่อการก่อสร้าง เถ้าส่วนที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จะถูกคัดออกและนำไปฝังกลบแบบถูกตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

6) ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Control System) จะขึ้นอยู่กับระดับสารมลพิษที่เกิดจากการกำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งมีหลากหลายชนิดทั้งที่มีพิษเล็กน้อยจนถึงมีพิษหรืออันตรายสูงสุด และที่สำคัญ ได้แก่ กลิ่น ฝุ่นละออง คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ (กรณีเผาไหม้ไม่สมบูรณ์) ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ไฮโดรคาร์บอน ไดออกซิน โลหะหนัก เถ้าหนัก เถ้าเบา และน้ำเสีย เป็นต้น การแบ่งกลุ่มเตาเผาตามเทคโนโลยีกำจัดสารมลพิษอาจแบ่งได้เป็นกลุ่มๆ ดังนี้

- เตาเผาที่ไม่มีระบบกำจัดสารพิษ ได้แก่ เตาเผาขนาดเล็กขนาดต่ำกว่า 10 ตันต่อวัน

- เตาที่มีกระบวนการกำจัดสารมลพิษบางประเภท/ชนิด ได้แก่ เตาเผาที่มี 2 ห้อง โดยใช้เตาเผาห้องที่ 2 ในการกำจัดสารมลพิษ หรือมีระบบบำบัดฝุ่นละอองโดยใช้ไซโคลน Wet scrubber หรือ การกรอง เช่น Bag Filter เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นเตาเผาขนาดมากกว่า 10-20 ตันต่อวัน

- เตาเผาที่มีระบบกำจัดสารมลพิษที่สำคัญหลายตัวหรือทุกตัว ส่วนใหญ่เป็นเตาเผาขนาดมากกว่า 20 ตันต่อวัน อาจใช้เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) หรือเครื่องกรองแบบถุงกรอง (Baghouse Filter) สำหรับดักอนุภาคฝุ่น และโลหะหนักบางชนิด อาจมีการเพิ่มระบบทำความสะอาดก๊าซด้วยวิธีทางเคมี เช่น Dry/Semi-dry Scrubber ตามด้วยเครื่องกรองแบบถุงกรองหรือ Wet Scrubber และติดตั้งอุปกรณ์สำหรับควบคุม NOx หรือ ไดออกซิน ด้วยการใช้เครื่องกรองแบบถุงกรองชนิดพิเศษ

- ปล่องระบายไอเสีย (Stack) ไอเสียที่ผ่านการบำบัดจะถูกระบายออกทางปล่องระบายไอเสีย ความสูงของปล่อง ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาของที่ตั้งเตาเผาขยะมูลฝอย

2.3.1.3 การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลเป็นการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบในพื้นที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกตามหลักวิชาการทั้งทางด้าน เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม วิศวกรรม สถาปัตยกรรม และการยินยอมจากประชาชน มีรูปแบบในการฝังกลบมูลฝอยที่ต้องคำนึงถึงการดำเนินงานตามหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรม และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในด้านสุขอนามัยและความปลอดภัย ตั้งแต่การคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม การออกแบบและมีระบบโครงสร้างพื้นฐานในสถานที่ มีการติดตั้งระบบกันซึมที่ถูกต้องและได้รับมาตรฐานตามหลักวิศวกรรม มีการดำเนินงานต่าง ๆ ในการจัดการมูลฝอยเพื่อให้การฝังกลบเป็นไปตามหลักวิศวกรรม และไม่ส่งผล

กระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ การจดบันทึกปริมาณมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ การควบคุมการจัดวางเซลล์ การป้องกันมิให้ของเสียอันตรายชุมชนเข้ามากำจัดในบริเวณ การจัดการก๊าซจากบ่อฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ การควบคุมขนาดหน้างานฝังกลบให้เหมาะสม การบดอัดและกลบทับมูลฝอยเป็นรายวัน การป้องกันและจัดการกับเหตุฉุกเฉิน ระบบบำบัดและป้องกันการปนเปื้อนมลพิษที่เกิดขึ้นออกสู่สิ่งแวดล้อม และการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ยังต้องมีมาตรการป้องกันน้ำท่วม กลิ่นเหม็น และผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์ รูปแบบการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลอาจใช้วิธีขุดให้ลึกลงไปในชั้นดินหรือการถมให้สูงขึ้นจากระดับพื้นดิน หรืออาจจะใช้ผสมสองวิธี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ

วิธีการฝังกลบขยะมูลฝอย มีอยู่ 3 วิธี คือ

1) วิธีฝังกลบบนพื้นราบ (Area Method) เป็นวิธีฝังกลบที่เริ่มจากระดับดินเดิมโดยไม่มีการขุดดิน ทำการบดอัดขยะมูลฝอยตามแนวราบก่อน แล้วค่อยบดอัดทับในชั้นถัดไปสูงเรื่อยๆ จนได้ระดับตามที่กำหนด การฝังกลบขยะมูลฝอยโดยวิธีนี้จำเป็นต้องทำคันดิน (Embankment or Berm) ตามแนวขอบพื้นที่ เพื่อทำหน้าที่เป็นผนังหรือขอบยันการบดอัดขยะมูลฝอย และทำหน้าที่ป้องกันน้ำเสียที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะมูลฝอยไม่ให้ซึมออกด้านนอก ลักษณะของพื้นที่ที่จำเป็นต้องใช้วิธีนี้ คือ ที่ราบลุ่มหรือที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวดินเล็กน้อย (ไม่เกิน 1 เมตร) ซึ่งไม่สามารถขุดดินเพื่อกำจัดด้วยวิธีฝังกลบแบบขุดร่องได้ เพราะอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำเสียจากขยะมูลฝอยลงสู่น้ำใต้ดินได้ง่าย การกำจัดด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องจัดหาที่ดินจากที่อื่นเพื่อมาทำคันดิน ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงขึ้น (ภาพที่ 2-6)

2) วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง (Trench Method) เป็นวิธีฝังกลบที่เริ่มจากระดับที่ต่ำกว่าระดับดินเดิม โดยทำการขุดดินลึกลงไปให้ได้ระดับตามที่กำหนด แล้วจึงเริ่มบดอัดขยะมูลฝอยให้เป็นชั้นบาง ๆ ทับกันหนาขึ้นเรื่อย ๆ จนได้ระดับตามที่กำหนด โดยทั่วไปความลึกของการขุดร่องจะถูกกำหนดด้วยระดับน้ำใต้ดิน อย่างน้อยก้นร่องหรือพื้นล่างควรจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยยึดระดับน้ำในฤดูฝนเป็นเกณฑ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน การฝังกลบแบบขุดร่องไม่จำเป็นต้องทำคัดดิน เพราะสามารถใช้ผนังของร่องขุดเป็นกำแพงยันขยะมูลฝอยที่จะบดอัดได้ ทำให้ไม่ต้องขนดินมาจากข้างนอก และยังสามารถใช้ดินที่ขุดออกแล้วนั้นกลับมาใช้กลบทับขยะมูลฝอยได้อีก (ภาพที่ 2-7)

3) วิธีฝังกลบแบบหุบเขา (Canyon Method) เป็นวิธีฝังกลบบนพื้นที่มีลักษณะเป็นแอ่งขนาดใหญ่ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรืออาจเกิดจากการขุด เช่น หุบเขา ห้วย บ่อ เหมือง เป็นต้น วิธีการในการฝังกลบและอัดขยะมูลฝอยในบ่อแต่ละแห่งอาจแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับ

สภาพภูมิประเทศของพื้นที่นั้นๆ เช่น ถ้าพื้นที่บ่อมีสภาพค่อนข้างราบ อาจใช้วิธีการฝังกลบแบบขุดร่องหรือแบบที่ราบ แล้วแต่กรณี (ภาพที่ 2-8)

ภาพที่ 2-6 วิธีฝังกลบบนพื้นราบ

ภาพที่ 2-7 วิธีฝังกลบแบบขุดร่อง

ภาพที่ 2-8 วิธีฝังกลบแบบหุบเขา

2.3.2 การจัดการขยะแบบผสมผสาน (Integrated Solid Waste Management: ISWM)

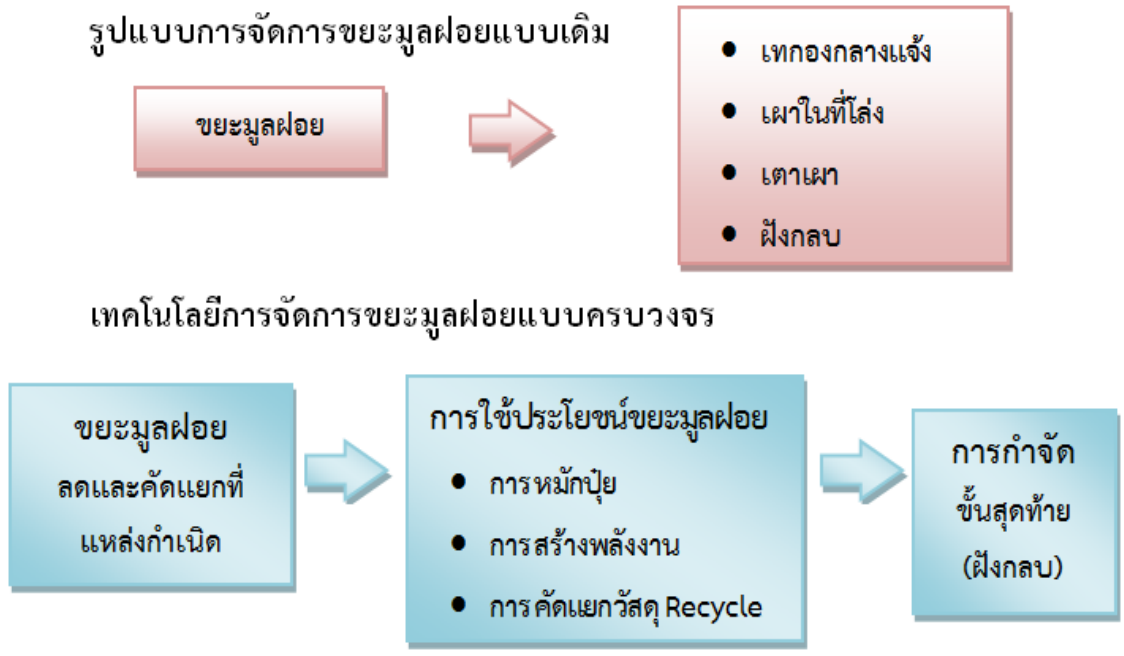
การจัดการขยะแบบผสมผสาน หรือการจัดการขยะแบบครบวงจร (Integrated Solid Waste Management: ISWM) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำจัดขยะและลดปริมาณขยะที่เข้าสู่ระบบกำจัดขั้นสุดท้าย (Sanitary Landfill) ลงให้มากที่สุด มีผลพลอยได้เป็นพลังงาน ซึ่งสามารถแปรรูปขยะเพื่อผลิตพลังงาน (Waste to Energy: WTE) โดยใช้หลักการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยให้ได้มากที่สุด และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตพลังงานหลากหลายรูปแบบ เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ (Biological Technology) ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าความร้อน (Thermal Technology) โดยสามารถผลิตเชื้อเพลิงหรือวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบผลิตพลังงานแต่ละประเภทได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ภาพที่ 2-9 และ 2-10)

เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน ที่ใช้ในการจัดการขยะแบบผสมผสาน หรือการจัดการขยะแบบครบวงจร มีดังนี้

1) การบำบัดขยะโดยวิธีแบบเชิงกลและชีวภาพ (Mechanical and Biological Waste Treatment: MBT) - เป็นเทคโนโลยีที่สามารถปรับเสถียรภาพของขยะมูลฝอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้อากาศ (Aerobic Bacteria) ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในขยะมูลฝอย ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในด้านความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน รวมทั้งสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ร่วมกับเทคนิคเชิงกล เช่น การพลิกกลับกอง การใช้ตะแกรงหรือเครื่องร่อน เป็นต้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- การบำบัดเชิงกล (Mechanical Treatment: MT) หรือการบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment System) เป็นการคัดแยก (Sorting) ขยะมูลฝอยที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) และแปรรูปใช้ใหม่ (Recycle) ได้อีก และการลดขนาด (Size Reduction) ก่อนแปรรูปขยะมูลฝอยที่เหลือเป็นพลังงานต่อไป ซึ่งส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยที่เหลือลดลง ทำให้ลดพื้นที่ที่ใช้ในการฝังกลบ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบตามความเหมาะสม

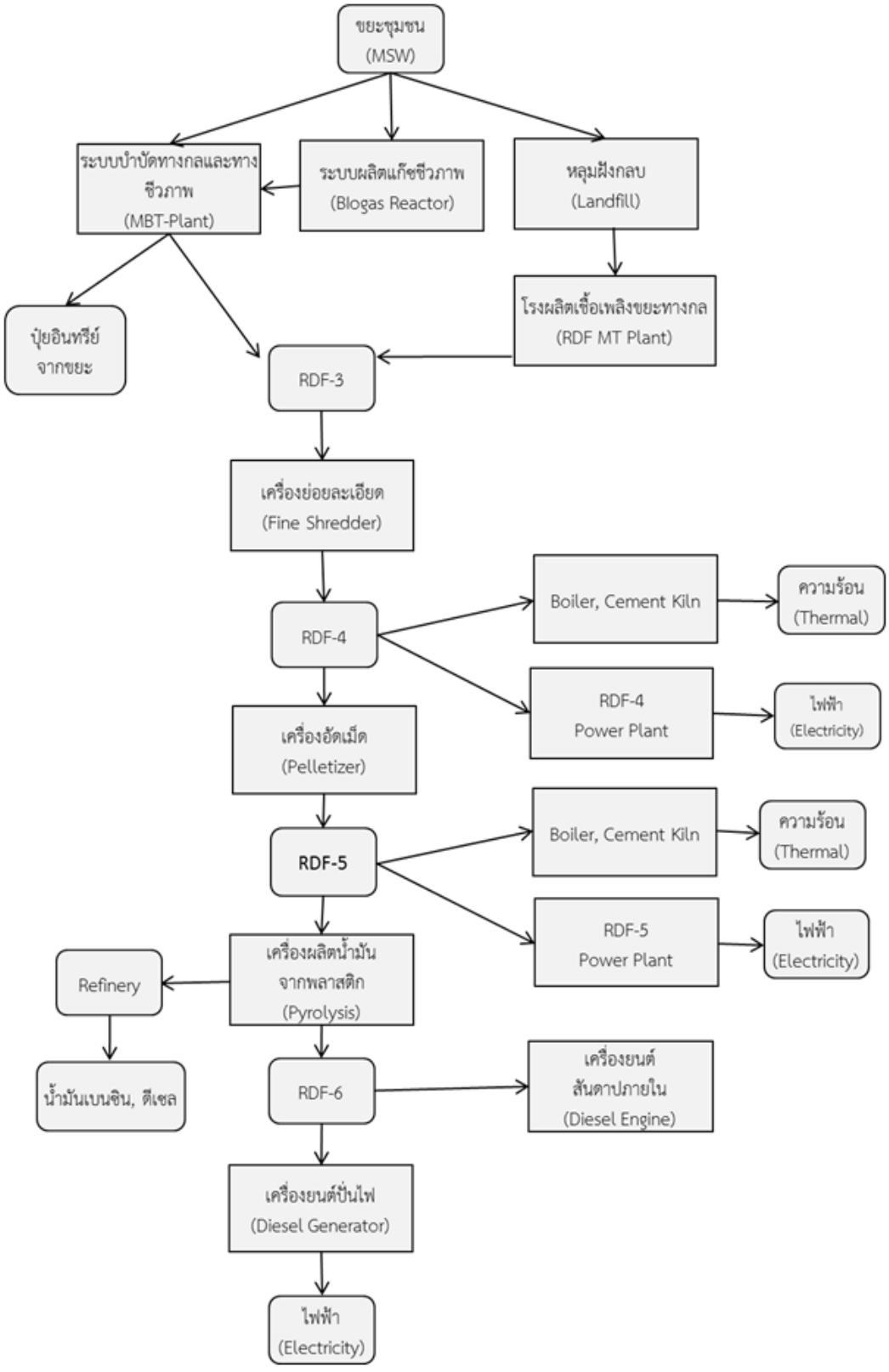
- การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment: BT) หรือการบำบัดขั้นหลัง (Post-treatment) เป็นกระบวนการหมักทำปุ๋ย (Compost) โดยเริ่มจากการคัดแยก (Sorting) ขยะมูลฝอยอินทรีย์จากขยะมูลฝอยรวม หรือการคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะมูลฝอยอินทรีย์ และนำไปเข้าสู่ระบบหมักทำปุ๋ย เมื่อครบตามกำหนดเวลา จึงนำปุ๋ยหมักมาคัดแยกเอาสิ่งปะปนต่าง ๆ เช่น เศษพลาสติก และเศษโลหะ ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพของปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์



ภาพที่ 2-9 การเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบเดิมกับเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร (ISWM)

2) การเผาในเตาเผา (Incinerators) - การนำพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอยกลับมาใช้ สามารถทำได้หลายรูปแบบ อาทิ การได้น้ำร้อน ไอน้ำร้อน หรือ แม้แต่การผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อเกิดการเผาไหม้ของขยะมูลฝอยในเตาเผา จะเกิดพลังงานความร้อนจากการติดไฟ

ของชิ้นส่วนขยะมูลฝอยและให้ความร้อนออกมา ความร้อนที่ปล่อยออกมาในรูปของอากาศร้อนจำเป็นต้องระบายออกจากห้องเผาและเตาเผา ดังนั้นจึงสามารถนำอากาศร้อนดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ เช่น การต้มน้ำให้ร้อนและส่งไปยังผู้ต้องการใช้ หรือการต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำที่มีแรงดันส่งไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้ไอน้ำร้อน เป็นต้น รูปแบบของการนำพลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ (Steam turbine) อากาศร้อนที่ผ่านหม้อต้มน้ำ (Boiler) ได้เป็นไอน้ำร้อนที่มีแรงดันสูงผ่านไปหมุนกังหัน (Turbine) แล้วไปหมุนเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (Generator) และได้กระแสไฟฟ้าที่พร้อมนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป



ภาพที่ 2-10 ภาพรวมของเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร (ISWM)

3) การผลิตแท่งเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel: RDF) - การทำงานของเทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะ เริ่มจากการคัดแยกขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (เช่น โลหะ แก้ว เศษหิน โลหะ) ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิลออกจากขยะมูลฝอยรวม จากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยไปเข้าเครื่องบดเพื่อลดขนาด อาจมีการป้อนเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้นของขยะมูลฝอยโดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำหรือลมร้อนเพื่ออบขยะมูลฝอยให้แห้งซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลงเกือบร้อยละ 50 (ความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 15) และสุดท้ายจะส่งไปเข้าเครื่องอัดเม็ด (Pellet) หรือทำเป็นแท่งเพื่อทำให้ได้เชื้อเพลิงขยะอัดเม็ดหรือเป็นแท่งที่มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมต่อการขนส่งหรือการใช้งาน

4) การผลิตแก๊สชีวภาพ (Biogas) - การผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยและการคัดแยกเฉพาะขยะอินทรีย์และนำไปหมักในถังหมักเฉพาะ เพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะมีเทน (CH_4) โดยทั้ง 2 ระบบ ให้ก๊าซชีวภาพที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนประกอบของก๊าซส่วนใหญ่ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในการนำก๊าซที่รวบรวมได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นการนำก๊าซที่รวบรวมได้ทั้งหมดไปสันดาปในห้องเผา (Internal combustion) แล้วผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะต้องคำนวณหาปริมาตรก๊าซที่สามารถรวบรวมได้ก่อน จากนั้นต้องออกแบบระบบทำความสะอาดก๊าซให้บริสุทธิ์โดยการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไล่น้ำออกให้หมด จะได้ก๊าซมีเทนที่มีความบริสุทธิ์สูงประมาณร้อยละ 70-80 ซึ่งสามารถใช้ในเครื่องสันดาปภายในเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปได้นานขึ้น

5) ไพโรไลซีส (Pyrolysis Oil Plant) - การแปรรูปขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเป็นน้ำมัน โดยขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกับน้ำมัน เพียงแต่น้ำมันมีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าพลาสติก เช่น ดีเซลจะมีคาร์บอน 12-20 ตัว เบนซิน 6-12 ตัว แต่พลาสติกจะเป็นโซ่ยาวมาก มีคาร์บอนเป็นจำนวนมาก โดยจำนวนคาร์บอนขึ้นอยู่กับชนิดของโพลิเมอร์นั้น ๆ การที่จะเปลี่ยนให้เป็นน้ำมันได้จะต้องตัดโซ่ให้สั้นลง พลาสติกทั่วไปมีหลายประเภทที่สามารถนำมาผลิตน้ำมันได้ แต่อาจให้ผลผลิตและปริมาณที่ต่างกัน โดยน้ำมันที่ได้จากขวดใสและถุงอาหารทั่วไปจะให้ดีเซลสีขุ่นดำ แต่หากใช้วัตถุดิบประเภทถุงพลาสติกใหม่จะได้น้ำมันเหลืองใส

6) เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc) - เป็นเทคโนโลยีด้านพลังงานขั้นสูงที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยได้หลายลักษณะ หลักการ คือ การป้อนขยะมูลฝอยเข้าไปใน Plasma Arc Field ซึ่งมีอุณหภูมิสูงประมาณ 5,000-15,000 องศาเซลเซียส โดยตรง อุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะสามารถแยกอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของขยะมูลฝอยออกได้ ทำให้ขยะมูลฝอยถูกความร้อนเผาทำลาย

ลงหมด ความร้อนที่ได้สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำและนำไอน้ำมาผลิตเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้าต่อไป

การเลือกใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภท ต้องพิจารณาปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปริมาณขยะมูลฝอย องค์ประกอบของขยะมูลฝอย การคัดแยกขยะมูลฝอย จำนวนบุคลากรที่ต้องจัดเตรียม จำนวนเงินลงทุน ค่าดำเนินการ พื้นที่ที่ต้องจัดเตรียม ศักยภาพของผู้ดำเนินการ ความจำเป็นในการรวมกลุ่มกับพื้นที่ข้างเคียง ความพร้อมของบุคลากร การยอมรับของประชาชน และความพร้อมในการนำไปใช้

ตัวอย่างเทคโนโลยีการจัดการขยะแบบผสมผสาน หรือเทคโนโลยีการจัดการขยะแบบครบวงจร (Integrated Solid Waste Management: ISWM) ที่ออกแบบ และพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การบำบัดขยะมูลฝอยด้วยวิธี MBT โดยใช้เทคโนโลยีการกลับกองขยะด้วยสกรูในแนวตั้ง (Vertical Agitators) ซึ่งจะทำให้กองขยะที่อยู่ทางด้านล่างมีโอกาสสัมผัสกับอากาศได้มากขึ้น ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีขึ้น และยังป้องกันการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนทางด้านล่างของกองขยะที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น คุณสมบัติของขยะที่ผ่านกรรมวิธีการบำบัดโดยวิธี MBT ที่ระยะเวลาในหมัก 1 เดือน จะมีน้ำหนักลดลงประมาณร้อยละ 65 และมีความชื้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 20 โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่เหลือจะเป็นขยะจำพวกพลาสติกประมาณ ร้อยละ 80 ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse-derive Fuel: RDF) และเศษที่เหลือ คือ อินทรียวัตถุหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณคาร์บอนสูง สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ (ภาพที่ 2-11)

แนวคิดในการออกแบบกระบวนการบำบัดขยะด้วยวิธีการแบบเชิงกล-ชีวภาพ (Mechanical and Biological Waste Treatment: MBT) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีความแตกต่างกับเทคโนโลยีอื่น คือ ดำเนินการปรับสภาพของขยะโดยวิธีการหมัก (ทางชีวภาพ) ก่อนทำการคัดแยก (ทางกล) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

- ทำการแยกขยะออกจากถุงบรรจุ และคัดแยกขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น กระป๋องอลูมิเนียม ขวดแก้ว และพลาสติก รวมถึงเศษเหล็กออกก่อน โดยใช้แรงงานคนบนสายพานคัดแยก (Hand Sort Conveyer)

- ขยะที่ผ่านการคัดแยกแล้วจะถูกนำไปย่อยหยาบโดยใช้เครื่องสับแบบ Hammer Mill เพื่อลดปริมาตรให้เหมาะต่อการจัดการ และลำเลียงเข้าสู่โรงบำบัดทางกลและชีวภาพ (Mechanical and Biological Treatment) รวมกันกับขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร และขยะอนินทรีย์ (ถุงพลาสติก และ เศษกระดาษ) เพื่อปรับเสถียรภาพของขยะให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้โรงบำบัดทางกลและชีวภาพ (Mechanical and Biological Treatment) ถูกออกแบบให้เป็นโรงปิดที่มีระบบกวน ทำหน้าที่ผสมและเติมอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายสูง และระยะเวลาการย่อยสลายเร็ว โดยประมาณ 1 เดือน การหมักจะสิ้นสุดลง และขยะมีเสถียรภาพปราศจากกลิ่น

- ทำการคัดแยกโดยใช้เครื่องคัดแยกแบบตะแกรงหมุน (Trommel Separator) จะได้ส่วนประกอบ คือ 1) อินทรีย์สารผงละเอียด (ปุ๋ยอินทรีย์) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นวัสดุปรับปรุงดิน 2) อินทรีย์สารผสมพลาสติก และ พลาสติก หรือเชื้อเพลิง RDF โดย RDF-3 สามารถนำไปทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิสในภาคอุตสาหกรรม หรือนำมาผลิตเป็น RDF-4 ด้วยเครื่องจับก้อน (Agglomerator Machine) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกด้วยระบบ ไพโรไลซีส (Pyrolysis Oil Plant) และ 3) มูลฝอยเหลือทิ้ง (Waste Reject) เป็นอินทรีย์สารผสมพลาสติก ถูกนำไปกำจัดควบคู่กับการผลิตพลังงาน โดยใช้ระบบเผาไหม้ขั้นสูงด้วยเทคโนโลยีพลาสมาแกสซิฟิเคชั่น (Plasma Gasification)

ภาพที่ 2-11 กระบวนการบำบัดขยะด้วยวิธีการแบบเชิงกล-ชีวภาพ (MBT) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 การลดการปนเปื้อนของสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม

การลดปัญหาการปนเปื้อนของสารตกค้างในสิ่งแวดล้อมอาจทำได้หลายวิธี ทั้งดำเนินการตั้งแต่ต้นทางที่เป็นผู้ก่อให้เกิดการปนเปื้อน เช่น ผู้ผลิต และ ผู้ใช้ ไปจนถึง การดำเนินการเมื่อเกิดการปนเปื้อน ซึ่งจัดเป็นการแก้ไขปัญหาที่ปลายทางที่เรียกโดยทั่วไปว่า การบำบัดสารตกค้าง

การบำบัดสารตกค้าง คือ การใช้วิธีการหรือกระบวนการใด ๆ เพื่อส่งเสริม หรือนำไปสู่การลดความเข้มข้นของสารในน้ำหรือดินในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน โดยอาจใช้วิธีการทางกายภาพ เคมีภาพ หรือ ชีวภาพ หรือใช้หลายวิธีร่วมกัน โดยทั่วไปกระบวนการดังกล่าวจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่

1. กระบวนการที่ควบคุมได้ หมายถึง กระบวนการที่สามารถควบคุมปัจจัยในการบำบัดได้ตั้งแต่เริ่มต้น ในระหว่างดำเนินการ และทำให้กระบวนการสิ้นสุดลงได้ เช่น การนำดินที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่ไปยังพื้นที่อื่นเพื่อทำการบำบัด (*Ex situ*) โดยใช้กระบวนการเผา (Incineration) การใช้ความร้อน (Thermal desorption) การล้าง (Soil washing) และอื่น ๆ โดยสามารถควบคุมปริมาณ (มวล) อุณหภูมิ ปริมาตร หรือ ปัจจัยอื่น ๆ ได้ วิธีการเหล่านี้มักจะมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดมากกว่าวิธีอื่น ๆ

2. กระบวนการที่ควบคุมไม่ได้ หมายถึง กระบวนการที่สามารถเริ่มต้นและส่งเสริมได้แต่ควบคุมไม่ได้ กระบวนการนี้มักจะดำเนินการในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน (*In situ*) กระบวนการบำบัดโดยชีวภาพ (Bioremediation) เป็นตัวอย่างหนึ่งของกระบวนการนี้ ซึ่งสามารถดำเนินการโดยการใช้สารอาหารที่คัดเลือกแล้วเพื่อส่งเสริมกระบวนการย่อยสลายสาร หรือเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงในพื้นที่ตามความเหมาะสมของระดับอุณหภูมิ ความชื้น และลักษณะคุณสมบัติของดินที่ได้ศึกษาไว้แล้ว การนำดินที่ปนเปื้อนไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่ไม่มีการปนเปื้อน (Land farming) จัดเป็นวิธีการเจือจางความเข้มข้นของสารปนเปื้อนให้ลดลงได้ ส่วนการใช้พืชบำบัด (Phytoremediation) เป็นการส่งเสริมให้จุลินทรีย์ที่บริเวณรากพืชทำงานได้ดีขึ้น โดยทั่วไปแล้ววิธีการที่ดำเนินการในพื้นที่ปนเปื้อนนั้น จะมีข้อดี คือ ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและดูแลรักษาได้ง่ายกว่ากระบวนการที่ควบคุมได้ อย่างไรก็ตาม ข้อเสีย ได้แก่ กระบวนการจะดำเนินการไปได้ช้ากว่า[34]-[35]

2.5 การใช้ไส้เดือนดินในการจัดการสิ่งแวดล้อม[36]-[38]

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีลำตัวเป็นปล้องชัดเจน จัดเป็นสัตว์ที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร ไส้เดือนเป็นดัชนีวัดความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ เนื่องจากไส้เดือนดินมีวงจรชีวิตผูกพันกับดินระบบนิเวศที่ดี และจากที่ไส้เดือนดินคืบคลานหากินอยู่ตามผิวดินจะชอนไชไปตามเม็ดดินจึงทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น คือ ดินโปร่งร่วนซุย ไม่แน่นทึบหรือแข็ง เกิดการถ่ายเทอากาศภายในดินดี เพิ่มช่องว่างภายในดิน ช่วยในการอุ้มน้ำของดินทำให้ดินมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ และผลจากการกินอาหารของไส้เดือนช่วยพลิกกลับดินหรือนำแร่ธาตุจากใต้ดินขึ้นมาบนดิน โดยดิน ซากพืชซากสัตว์ เศษอาหาร และอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่ไส้เดือนกินเข้าไปถูกย่อยและถูกถ่ายออกมาเป็นมูล ซึ่งมีธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากและอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ดี เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน แคลเซียม และธาตุอาหารอื่น ๆ และนอกจากนี้ยังพบว่าไส้เดือนดินสามารถกำจัดเศษอาหารและขยะได้ ที่สำคัญ คือ ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษแก่ธรรมชาติและมนุษย์เหมือนวิธีการเผา หรือวิธีการฝังกลบที่ยังไม่มีพื้นที่รองรับอย่างเพียงพอ และการใช้ไส้เดือนดินสำหรับกำจัดเศษอาหารและขยะ ยังได้ปุ๋ยมูลไส้เดือน (Vermicompost) ที่สามารถนำมาใช้ในการบำรุงพืชได้

2.5.1 สายพันธุ์ไส้เดือนดิน ลักษณะ การเลี้ยง และการใช้ประโยชน์

2.5.1.1 อายซิเนีย ฟูทิดา (*Eisenia foetida*) ชื่อสามัญ The Tiger worm, Manure worm และ Compost worm เป็นไส้เดือนดินสีแดงที่มีลำตัวกลม ขนาดเล็ก ขนาด 35-130 x 3-5 มิลลิเมตร สีแดงสด เห็นปล้องแต่ละปล้องอย่างชัดเจน ร่องระหว่างปล้องและบริเวณปลายมีสีเหลือง สามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว และมีกลิ่นตัวที่รุนแรง สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ สร้างถุงไข่ได้โดยเฉลี่ย ประมาณ 150-198 ถุง/ตัว/ปี และ สร้างไข่ได้ ประมาณ 900 ฟอง/ตัว/ปี ใช้เวลาในการฟักเป็นตัว ประมาณ 32-40 วัน (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล) โดยเฉลี่ยฟัก 3 ตัว/ถุงไข่ ใช้เวลาในการเติบโตเต็มวัย 3-6 เดือน (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล) มีอายุยืนยาว 4-5 ปี แต่มักอยู่ได้ 1-2 ปี เมื่อเลี้ยงในบ่อ ชอบอาศัยอยู่บริเวณผิวดิน กินเศษซากอินทรียวัตถุที่เน่าสลาย และมีอนุภาคขนาดเล็ก เป็นไส้เดือนดินสายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมดีมาก และเลี้ยงง่าย เหมาะสมในการนำมาเลี้ยงในขยะอินทรีย์ได้หลายชนิดที่ปะปนกัน และพบว่าเมื่อนำมาเลี้ยงกับไส้เดือนสายพันธุ์อื่นในฟาร์ม พบว่า จะมีความทนทานมากกว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์อื่น ๆ

โดยทั่วไปประเทศในแถบยุโรป และอเมริกา ส่วนมากมักจะใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* หรือสายพันธุ์ใกล้เคียง คือ *Eisenia Andrei* ในการกำจัดขยะอินทรีย์ เนื่องจาก

ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้จะอาศัยอยู่ทั่วไปในบริเวณที่มีขยะอินทรีย์อยู่ โดยพวกมันจะสร้างกลุ่มและเจริญเติบโตอยู่ในกองขยะอินทรีย์เหล่านั้น และมีความทนทานต่อช่วงอุณหภูมิที่กว้าง และสามารถดำรงชีวิตอยู่ในขยะอินทรีย์ที่มีความชื้นหลายระดับ ข้อดีและข้อเสียในการเลี้ยง ได้แก่ กินเก่ง ตัวมีขนาดใหญ่ มีระยะฟักไข่นาน ชอบอากาศค่อนข้างเย็น จึงจำกัดพื้นที่ที่เหมาะสมเป็นทางเหนือ หรืออีสาน ถ้าเลี้ยงในกรุงเทพฯ มักจะกินไม่เก่ง

2.5.1.2 ยูดริลลัส ยูจีนิแอ (*Eudrilus eugeniae*) ชื่อสามัญ African Night Crawler (AF) มีขนาดลำตัวค่อนข้างใหญ่ ขนาด 130-250 x 5-8 มิลลิเมตร สีน้ำตาลแดงปนเทา สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว และไต่ขึ้นขอบบ่อได้เก่งมาก ขยายพันธุ์เร็ว สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศจับคู่ผสมพันธุ์ใต้ดิน สร้างถุงไข่ได้โดยเฉลี่ย ประมาณ 162-188 ถุง/ตัว/ปี ใช้เวลาในการฟักเป็นตัวประมาณ 13-27 วัน โดยเฉลี่ยฟัก 2 ตัว/ถุงไข่ ใช้เวลาในการเติบโตเต็มวัย 6-10 เดือน มีอายุยืนยาว 4-5 ปี ชอบอาศัยอยู่บริเวณผิวดิน กินเศษซากอินทรียวัตถุที่เน่าสลายเป็นอาหาร เป็นไส้เดือนดินสายพันธุ์ในเขตร้อน ซึ่งจะชอบอุณหภูมิที่ค่อนข้างร้อน โดยจะเจริญเติบโตได้ไม่ดีในอุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส และจะตายในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้ในประเทศไทยเขตหนาวจะถูกจำกัดการเลี้ยงเฉพาะในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวเท่านั้นถึงจะเลี้ยงได้ สำหรับการเลี้ยงแบบนอกโรงเรือน จะเหมาะสมกับเฉพาะพื้นที่ในเขตร้อนหรือกึ่งร้อนเท่านั้น

ในต่างประเทศมีการเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้กันอย่างกว้างขวาง ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้เหมาะสมมากในการนำมาผลิตเป็นโปรตีนสำหรับเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากมีขนาดใหญ่ และมีอัตราการแพร่พันธุ์สูงมาก และในด้านการนำมาใช้ในการจัดการขยะ พบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้มีความสามารถในการย่อยสลายขยะในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว ข้อดีและข้อเสียในการเลี้ยง ได้แก่ กินเก่งโดยเฉพาะอาหารที่มีโปรตีนสูง ตัวโตเหมาะจะนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารโปรตีน เช่น เลี้ยงกบ หรือเป็นอาหารนก บางครั้งไส้เดือนชนิดมักจะถูกฝึกให้กินแต่โปรตีน หรือกินแต่อาหารดีๆ จึงมักไม่กินขยะ ตัวมักเปื่อยง่าย เนื่องจากตัวของมันมีโปรตีนมาก เก็บเกี่ยวผลผลิตยาก

2.5.1.3 ลัมบริคัส รูเบลลัส (*Lumbricus rebellus*) ชื่อสามัญ Red worm, Red Marsh และ Red Wriggler เป็นไส้เดือนดินสีแดงที่มีลำตัวแบน และมีลำตัวขนาดกลางไม่ใหญ่มาก โดยจะมีลำตัวใหญ่กว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* และเล็กกว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler พบได้ทั่วไปในดินที่มีความชุ่มชื้น หรือบริเวณที่มีมูลสัตว์หรือกากสิ่งปฏิกูล ไส้เดือนสายพันธุ์นี้มีความทนทานต่อสภาพอุณหภูมิ และความชื้นในช่วงกว้าง ไม่ค่อยเคลื่อนไหวมาก

กินเศษซากอินทรียวัตถุได้มากและเร็ว เป็นไส้เดือนดินพันธุ์การค้าที่มีความเหมาะสม และนิยมนำมาใช้ย่อยสลายขยะอินทรีย์เพื่อผลิตปุ๋ยหมัก

2.5.1.4 ฟีเรททิมา พีกัวนา (*Pheretima peguana*) ชื่อสามัญ ขี้ตาแร่ เป็นไส้เดือนดินสีแดงที่มีลำตัวกลมขนาดปานกลาง โดยมีขนาดใกล้เคียงกับไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler ลำตัวมีขนาด 130-200 x 5-6 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีน้ำตาลแดงเข้ม พบได้ทั่วไปในแถบเอเชีย กินอาหารเก่ง และสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว สืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ จับคู่ผสมพันธุ์บริเวณผิวดิน สร้างถุงไข่ได้โดยเฉลี่ย ประมาณ 24-40 ถุง/ตัว/ปี ใช้เวลาในการฟักเป็นตัว ประมาณ 25 - 30 วัน โดยเฉลี่ยฟัก 10 ตัว/ถุงไข่ ใช้เวลาเติบโตเต็มไว้ 5-6 เดือน มีอายุยืนยาว 2-4 ปี โดยปกติชอบอาศัยอยู่ในบริเวณผิวดินที่มีอินทรียวัตถุมาก เช่น ใต้กองปุ๋ยหมัก ใต้กองมูลวัวในโรงเลี้ยง ใต้เศษหญ้าที่ตัดทิ้ง โดยจะอาศัยอยู่บริเวณผิวดินไม่ขุดรูอยู่ในดินที่ลึก ลักษณะพิเศษของไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้ คือ มีความตื่นตัวสูงมาก เมื่อถูกจับจะดิ้นอย่างรุนแรง และเคลื่อนที่หนีเร็วมาก

ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้โดยทั่วไปในภาคเหนือมักใช้เป็นเหยื่อตกปลา ส่วนการนำไปใช้กำจัดขยะอินทรีย์ สามารถกินขยะอินทรีย์จำพวกเศษผัก ผลไม้ หมดภายใน 2 - 3 วัน ข้อดีและข้อเสียในการเลี้ยง ได้แก่ กินขยะเก่ง ตัวมีขนาดใหญ่ เป็นไส้เดือนดินที่มีในท้องถิ่นสามารถหาได้ง่ายจากธรรมชาติ โตช้ากว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ต่างประเทศ หนีเก่ง ถ้าเลี้ยงไม่ดี หรือเลี้ยงในสถานที่ที่ไม่เหมาะสม

2.5.1.5 ฟีเรททิมา โพสธูมา (*Pheretima posthuma*) ชื่อสามัญ ขี้คู้ เป็นไส้เดือนดินสีเทาที่มีลำตัวกลมขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ ขี้ตาแร่ มีข้อจำกัดคือ แพร่พันธุ์และเจริญเติบโตได้น้อย อาศัยอยู่ในดินที่ค่อนข้างลึก ชอบอาศัยอยู่บริเวณผิวดินในฤดูฝน กินซากวัตถุอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย ในฤดูร้อน และฤดูหนาวจะอาศัยอยู่ในดินที่ลึกลงไป และกินดินหรืออินทรียวัถตุในดินที่เน่าเปื่อย ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้มักพบอยู่ใต้ดินภายในสวน สนามหญ้า หรือพื้นดินในป่า ซึ่งลำตัวจะมีสีเทาเป็นมันวาว สะท้อนกับแสงอาทิตย์จะออกเป็นสีรุ้ง เมื่อจับจะดิ้นอย่างรุนแรง และเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วมาก

2.5.1.6 เพอริโอนีกซ์ เอกซ์คาวาตัส (*Perionyx excavatus*) ชื่อสามัญ Blue worm และ ไส้เดือนดินสีน้ำเงิน เป็นไส้เดือนดินในเขตร้อน ซึ่งขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว และเลี้ยงง่าย เหมือนกับไส้เดือนสายพันธุ์อายซิเนีย ฟูทิดา และเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือแยกไส้เดือนดินออกจากปุ๋ยหมักได้ง่ายมาก แต่มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมได้ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะการเลี้ยงในเขตหนาว ดังนั้นในสภาพเขตร้อนจึงเหมาะสมกับการเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์นี้ วัน ข้อดีและข้อเสียในการเลี้ยง ได้แก่ กินเก่ง ขยายพันธุ์เร็ว เมื่อเลี้ยงปริมาณมาก ไส้เดือนดินมักไปรวมกับบ่ออื่น

2.5.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อไส้เดือนดิน

2.5.2.1 ความชื้น (Moisture) - ไส้เดือนดินมีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 70 – 80 ของน้ำหนักตัว และกิจกรรมต่างๆ ของไส้เดือนดินจะขึ้นอยู่กับความชื้นของดิน โดยความชื้นของดินจะมีผลต่อจำนวนและน้ำหนักตัวของไส้เดือนดิน ไส้เดือนดินชอบความชื้นแต่ต้องไม่มากจนเกินไป เพราะน้ำเป็นสาเหตุให้อาหารของไส้เดือนดินเน่าเปื่อยอย่างรวดเร็ว เป็นปัจจัยที่ชักนำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา และยังทำวัสดุที่ใช้เลี้ยงเกาะติดกับผิวของไส้เดือนอย่างหนาแน่นซึ่งส่งผลต่อการหายใจของไส้เดือนดิน

2.5.2.2 อุณหภูมิ (Temperature) - เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อเมทาบอลิซึม การเจริญเติบโตรวมถึงการสืบพันธุ์ ไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยไส้เดือนดินในเขตร้อนจะทนต่อช่วงอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าไส้เดือนดินในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน อยู่ในช่วง 15–28 องศาเซลเซียส

2.5.2.3 ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) - มีอิทธิพลต่อไส้เดือนดินทางอ้อม เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อปริมาณแคลเซียมในดินที่เป็นธาตุที่สำคัญในการช่วยให้ไส้เดือนดินย่อยอาหารได้ดี ความเป็นกรดจะลดปริมาณแคลเซียมที่จะเป็นประโยชน์ต่อไส้เดือนดินลด ดังจะเห็นได้จากคำแนะนำให้พ่นแคลเซียมในถังที่เลี้ยงไส้เดือนดิน เพื่อกำจัดขยะอินทรีย์และเศษอาหารจากบ้านเรือนนาน ๆ ครั้ง เพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับไส้เดือนดินในสภาพที่มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากมีความเป็นกรดมากเกินไป สามารถใช้ปูนขาวเจือจางน้ำพ่นลงไป เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงให้ต่ำลงได้ โดยทั่วไปไส้เดือนดินเกือบทุกชนิดจะชอบดินที่มีค่าเป็นกลาง (pH เท่ากับ 7) แต่ก็สามารถอยู่ในดินที่มีความเป็นกลางจนถึงด่างอ่อน ๆ ระหว่าง pH 5 – 8 ได้

2.5.2.4 ชนิดและโครงสร้างของดิน - ส่งผลต่อประชากรไส้เดือนดินทางอ้อม โดยเนื้อดินที่เหนียวและแน่น หรือมีส่วนผสมของกรวดทรายอยู่มาก จะส่งผลให้ไส้เดือนดินเคลื่อนที่ได้ยากและมีแหล่งอาหารอยู่น้อย การระบายน้ำและอากาศไม่ดี ทำให้มีประชากรไส้เดือนดินอยู่น้อย

2.5.2.5 สารอินทรีย์ (Organic Matter) - ปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นในดินจะส่งผลให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้นเหมาะต่อการอาศัยอยู่ของไส้เดือนดิน และปริมาณอินทรียวัตถุเหล่านี้ยัง

เป็นแหล่งอาหารของไส้เดือนดินอีกด้วย ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าในดินที่มีอินทรียวัตถุน้อยจะพบไส้เดือนดินอาศัยอยู่น้อย ในทางตรงกันข้ามบริเวณดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากก็จะพบไส้เดือนดินในปริมาณมาก นอกจากนี้สารอินทรีย์ยังมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการแพร่กระจายของไส้เดือนดินเกือบทุกชนิด โดยธรรมชาติไส้เดือนดินเจริญเติบโตได้ดีในมูลสัตว์เกือบทุกชนิด เราจึงสามารถพบไส้เดือนดินตามบริเวณคอกสัตว์ต่าง ๆ เช่น ฟาร์มเลี้ยงโคนม เนื่องจากเป็นบริเวณซึ่งอุดมไปด้วยอินทรียวัตถุ

2.5.2.6 ปริมาณการปนเปื้อนในดิน – การปนเปื้อนของดินจากมลพิษต่าง ๆ เช่น โลหะเงิน แคดเมียม ตะกั่ว ดีบุก เป็นต้น จะมีอิทธิพลต่อวงจรชีวิตของไส้เดือนดิน น้ำหนักและปริมาณของโคคูน

2.5.2.7 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO_2) - ไส้เดือนดินจะดำรงชีวิตอยู่ได้ในดินที่มีออกซิเจน (Oxygen) ค่อนข้างต่ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้นอยู่ระหว่างร้อยละ 0.01–11.5 ถ้ามีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่สูงกว่าที่กำหนดจะเป็นอันตรายต่อไส้เดือนดิน และสามารถอยู่ได้ในบริเวณน้ำท่วม ซึ่งมีออกซิเจนละลายอยู่ แต่ถ้าหากอยู่ในภาวะไร้ออกซิเจนก็จะส่งผลให้ไส้เดือนดินตายได้

2.5.2.8 ความสว่าง - ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ใต้ดิน จึงชอบความมืด ไม่ชอบแสงแดด โดยตัวไส้เดือนจะมีเซลล์รับแสงสว่าง ที่จะทำหน้าที่ส่งความรู้สึกเกี่ยวกับแสงสว่างไปยังระบบประสาท ถ้ามีแสงสว่างมากเกินไปไส้เดือนดินจะเคลื่อนที่หนีเข้าไปอยู่ในที่มืดหรือขุดรูหลบหนีไป ดังนั้นหากสภาพพื้นที่เลี้ยงมีแสงสว่างมาก ควรมีการพรางแสงให้ไส้เดือน เพื่อป้องกันไส้เดือนหนี

2.5.3 วิธีการเลี้ยงไส้เดือนดิน

วิธีการเลี้ยงไส้เดือนดินมีอยู่หลายวิธี ซึ่งสามารถทำได้ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ในการเลือกวิธีในการเลี้ยงไส้เดือนดินจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ เช่น วัตถุดิบ แรงงาน ทำเลที่ตั้ง สภาพแวดล้อม เงินทุน เป็นต้น โดยสามารถแบ่งวิธีการหลัก ๆ ที่ใช้ในการเลี้ยงไส้เดือนดินออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1) การเลี้ยงบนพื้นแบบประหยัด (Low-cost ground beds) เป็นวิธีการที่ง่ายและประหยัดที่สุด

2) การเลี้ยงในภาชนะ (Containers and Boxes)

3) การเลี้ยงแบบยกกองสูง หรือต่อเนื่อง (Raised bed, Continuous composting system)

2.5.4 การใช้ไส้เดือนดินกำจัดเศษอาหารและขยะ

สายพันธุ์ไส้เดือนดินที่นิยมใช้ทางการค้าเพื่อกำจัดขยะอินทรีย์ในไทย มีประมาณ 15 ชนิด ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของ Megadrili ในวงศ์ Lumbricidan ได้แก่

- อายซิเนีย ฟูทิดา (*Eisenia foetida*) ชื่อสามัญ The Tiger worm, Manure worm, Compost worm
- ยูดริลลัส ยูจีนิแอ (*Eudrillus eugeniae*) ชื่อสามัญ African night crawler
- ลัมบริคัส รูเบลลัส (*Lumbricus rebellus*) ชื่อสามัญ Red worm, Red marsh worm, Red wriggler
- ฟีเรททิมา พีกัวนา (*Pheretima peguana*) ชื่อท้องถิ่น ขี้ตาแร่
- ฟีเรททิมา โพสธูมา (*Pheretima posthuma*) ชื่อท้องถิ่น ขี้คู้
- ลัมบริคัส เทอเรสทริส (*Lumbricus terrestris*) ชื่อสามัญ Nightcrawler
- โพลีฟีเรททิมา อีลองกาตา (*Polyheretima elongate*)
- เดนโดรแบนา วีนาตา (*Dendrobaena veneta*)
- เพอริโอนีกซ์ เอกซ์คาวาตัส (*Perionyx excavatus*)

ทั้งนี้ไส้เดือนดินในเมืองไทยที่สามารถพบได้นั้นมีหลายชนิด แต่ที่ใหญ่และหาง่ายตามดินร่วนซุยชื้น ๆ มักเป็นชนิด *Pheretima peguana* และ *Pheretima posthuma* ซึ่งมีลักษณะคล้ายกันมาก

- ไส้เดือนดินในยุโรปและอเมริกาส่วนใหญ่เป็นไส้เดือนในวงศ์ Lumbricidae
- ไส้เดือนดินในทวีปแอฟริกา คือ ไส้เดือนดินวงศ์ Eudrilidae

2.5.5 ประสิทธิภาพการย่อยสลายขยะของไส้เดือน

ประสิทธิภาพการย่อยสลายขยะของไส้เดือนดินมีความแตกต่างกัน โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ต่างประเทศจะมีความสามารถในการย่อยสลายขยะได้เร็วกว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ไทย ซึ่งจะใช้เวลาในการย่อยสลายขยะน้อยกว่า 2 เท่าของไส้เดือนดินสายพันธุ์ของไทย ส่วนระยะเวลาในการย่อยสลายแต่ละชนิดจะใช้ระยะเวลามากน้อยต่างกัน โดยไส้เดือนดินจะย่อยเศษผลไม้ได้รวดเร็วที่สุด และใช้เวลาในการย่อยเศษอาหารและเศษผักในเวลาใกล้เคียงกัน

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ศึกษาพฤติกรรมการดำรงชีวิตของไส้เดือนดิน พบว่า สามารถกำจัดขยะที่ย่อยสลายได้ โดยเฉพาะเศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ หรือแม้กระทั่งกระดาษชำระและหนังสือพิมพ์ได้รวดเร็ว โดยไส้เดือนดิน 1 กิโลกรัม (ประมาณ 1,200-1,300 ตัว) จะกำจัดขยะ 1 กิโลกรัมได้ภายในเวลา 4 วัน ขยะจะถูกย่อยสลายโดยการดูดกินของไส้เดือนดิน และไส้เดือนจะถ่ายออกมากลายเป็นปุ๋ยหมักที่นำไปบำรุงรักษาต้นไม้ ทั้งนี้ขยะ 100 กิโลกรัม จะได้ปุ๋ยหมัก ประมาณ 70 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังพบว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ไทยที่นำมาทดลองกำจัดขยะได้ประสิทธิภาพมากที่สุด คือ ไส้เดือนดินสายพันธุ์ ขี้ตาแร่

2.5.6 เทคโนโลยีการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการสิ่งแวดล้อม[39]-[40]

เทคโนโลยีการทำปุ๋ยหมักไส้เดือนดินเป็นที่รู้จักและนิยมโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นที่ยอมรับในทางสังคม ปัจจุบันมีการค้นพบข้อมูลทางวิชาการมากขึ้นในด้านการใช้ไส้เดือนดินเพื่อการบำบัดน้ำเสียและการบำบัดดินที่มีสารอันตรายตกค้าง เทคโนโลยีการใช้ไส้เดือนดินในการจัดการสิ่งแวดล้อม แบ่งเป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่

1. The vermicomposting technology – การใช้ไส้เดือนดินย่อยสลายสารอินทรีย์ในของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์
2. The vermifiltration technology – การใช้ไส้เดือนดินบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่
3. The vermiremediation technology – การใช้ไส้เดือนดินบำบัดสารตกค้างในดิน รวมทั้งการปรับปรุงคุณภาพดินในทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ เพื่อนำดินกลับมาใช้ใหม่
4. The vermi-agroproduction technology – การใช้ไส้เดือนดินในการทำปุ๋ยหมักและไม่ใช้สารเคมีอันตรายในการผลิตพืชอาหารที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีที่ใช้ไส้เดือนดินเป็นที่ยอมรับว่าเป็นเทคโนโลยีที่สามารถส่งเสริม ควบคุม ปรับปรุง พัฒนา และเพิ่มประสิทธิภาพได้ด้วยตนเอง ใช้พลังงานน้อย หรือไม่ใช้เลย และ ไม่มีของเสียถูกปลดปล่อยออกมา (Zero waste) และ ง่ายในการเริ่มต้น ดำเนินการ และดูแลรักษา กระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้ไส้เดือนดิน ประกอบด้วย การย่อยสลาย การเปลี่ยนแปลง และการผลิตทางชีวภาพของสารอินทรีย์ที่วิธีการอื่น ๆ ทำไม่ได้ เป็นการบำบัดทางชีวภาพซึ่งมีอัตราการบำบัดในเชิงคุณค่ามากกว่าเทคโนโลยีชีวภาพอื่น ๆ ถึง 100-1000 เท่า[41]

2.5.7 การใช้ไส้เดือนดินบำบัดสารตกค้างในดิน (The vermiremediation technology)

สาเหตุหลักของการปนเปื้อนจากสารเคมีในดิน ได้แก่ กิจกรรมการทำเหมืองแร่ การใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างมากมาย การกำจัดของเสียอันตรายในพื้นที่ฝังกลบ รวมไปถึงการพัฒนาทางอุตสาหกรรม เช่น การขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ โดยทั่วไปวิธีที่ใช้ในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในดินจะทำโดยการนำดินที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่แล้วนำไปฝังกลบในพื้นที่ที่ปลอดภัยตามหลักสุขาภิบาล ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงมาก และเป็นการย้ายปัญหาจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมจากการเคลื่อนย้ายสารมลพิษและการรั่วซึมของสารอันตรายไปยังพื้นที่และแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้เคียงกับแหล่งฝังกลบดังกล่าวด้วย ปลายทศวรรษที่ 1980 มีการพิจารณาจากนักวิชาการว่า การบำบัดทางเคมี กายภาพ และการใช้ความร้อน เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองและไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การบำบัดทางชีวภาพจึงเป็นสิ่งที่ถูกนำมาพิจารณามากขึ้น เนื่องจากมีราคาถูก เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นที่ยอมรับทางสังคม

เทคโนโลยีการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารตกค้างในดินเป็นที่ยอมรับว่ามีราคาถูก โดยทั่วไปจะใช้ไส้เดือนดินชนิดที่ทนทานต่อสารเคมี ไส้เดือนดินรับสารเคมีในดินจากการซึมผ่านผิวหนังที่ชื้นของสารเคมีส่วนที่ละลายน้ำ และจากการกินดินเข้าไปในลำไส้ มีกลไกที่ใช้หลายอย่าง ได้แก่ การสะสมในเนื้อเยื่อ การย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสารมลพิษเป็นสารไม่มีพิษด้วยเอนไซม์ การตรึงและขับออกจากร่างกาย และจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารพิษที่มีอยู่ในลำไส้[42]-[43]

ตัวอย่างการศึกษาและทดสอบความสามารถของไส้เดือนดินที่มีความทนทานต่อโลหะหนักและสารมลพิษอินทรีย์ในดิน ได้แก่

- Martinucci *et al*. (1983) รายงานว่า หลังการระเบิดที่โรงงานสารเคมี Sveso ในอิตาลี ปี 1976 พบการปนเปื้อนของสาร TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin) เป็นพื้นที่กว้าง พบว่ามีไส้เดือนดินเท่านั้นที่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นในดินไม่สามารถอยู่ได้ โดยไส้เดือนดินสามารถสะสมสาร TCDD ในเนื้อเยื่อได้ 14.5 เท่า[44]
- Bhawalker (1995) รายงานว่าสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มประชากรของไส้เดือนดินได้ 0.23 - 1 ล้านตัว/เฮคแตร์ ภายใน 3 เดือนเท่านั้น ในสภาพที่ความชื้น อุณหภูมิและอาหารที่เหมาะสม[45]

- Safawat *et al*. (2002) รายงานว่า *E. fetida* มีความทนทานและมีชีวิตรอดอยู่ได้ใน 1.5% crude oil ซึ่งประกอบไปด้วยสารมลพิษอินทรีย์หลากหลายชนิด[46]

- Hartenstein *et al*. (1980) พบว่าไส้เดือนดิน สามารถสะสมสังกะสี ตะกั่ว และแคดเมียม ที่ความเข้มข้นสูงได้ โดยตรวจพบแคดเมียมสูงถึง 100 มก./กก. น้ำหนักแห้ง[47]

- Ireland (1983) รายงานว่า ไส้เดือนดิน 3 ชนิด คือ *Lumbricus terrestris*, *L. rubellus* และ *D. rubida* สามารถสะสมตะกั่วได้ 90-180, 2600 และ 7600 มก./กก. น้ำหนักแห้งตามลำดับ[48]

- หลายงานวิจัยพบว่า ไส้เดือนดินสามารถสะสมและย่อยสลายสารกำจัดแมลงกลุ่ม organochlorine และ สารกลุ่ม polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) ในสิ่งแวดล้อมที่มันอยู่อาศัยได้เป็นอย่างดี[7], [49]-[51]

- Bolan & Baskaran (1996) รายงานว่าขี้ของไส้เดือนดิน *L. rubellus* และ *Allobophora calligno*sa ในดินที่มีสารกำจัดวัชพืช จะพบสาร เม็ทซัลฟูรอน เมทิล (metsulfuron methyl) อาทราซีน (atrazine) และ ทูโฟดี (2,4-D) ตกค้างมากกว่าดินที่ไม่มีสารกำจัดวัชพืช[52]

- นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ไส้เดือนดินเพื่อฟื้นฟูสภาพดินที่มีคุณภาพเลวมากมาย เช่น ดินขาดแร่ธาตุ ดินในที่ลุ่ม เหมืองเก่า หลุมฝังกลบที่ปิดแล้ว และ ดินพรุ เป็นต้น[53]- [54]

จุดเด่นที่สำคัญของการใช้ไส้เดือนดินเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางเคมีและกายภาพนั้น คือ สามารถทำการบำบัดในพื้นที่ (on-site) ได้โดยไม่ต้องขุดหรือเคลื่อนย้ายดินปนเปื้อนไปแหล่งอื่น ซึ่งจัดเป็นการประหยัดงบประมาณและสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการบำบัดฟื้นฟูคุณภาพดินโดยสมบูรณ์ โดยเฉพาะเมื่อไส้เดือนดินอาศัยอยู่ได้ ขี้ไส้เดือน (vermicastings) เป็นแหล่งธาตุอาหาร และธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช และมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น จุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจน และย่อยสลายสารอื่นๆ ได้ เป็นต้น ดังนั้นประเด็นสำคัญที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คือ นอกจากจะบำบัดแล้ว ยังฟื้นฟูคุณภาพทางกายภาพ เคมีภาพ และชีวภาพด้วย

จากจุดเด่นดังกล่าวนี้ สหราชอาณาจักรจึงดำเนินโครงการปรับปรุงและฟื้นฟูที่ดิน (Land Reclamation and Improvements) โดยเริ่มการใช้ปุ๋ยหมักไส้เดือนเป็นเทคโนโลยีสำหรับการบำบัด การปรับปรุง และการบำรุงรักษาดินในระยะยาว โดยไม่ต้องขุดดินออกไปและไม่ต้องใช้สารเคมี และมีกลุ่ม ประเทศพัฒนาแล้วอื่น ๆ กำลังดำเนินการเช่นกัน เช่น สหรัฐอเมริกา และ ออสเตรเลีย[18]

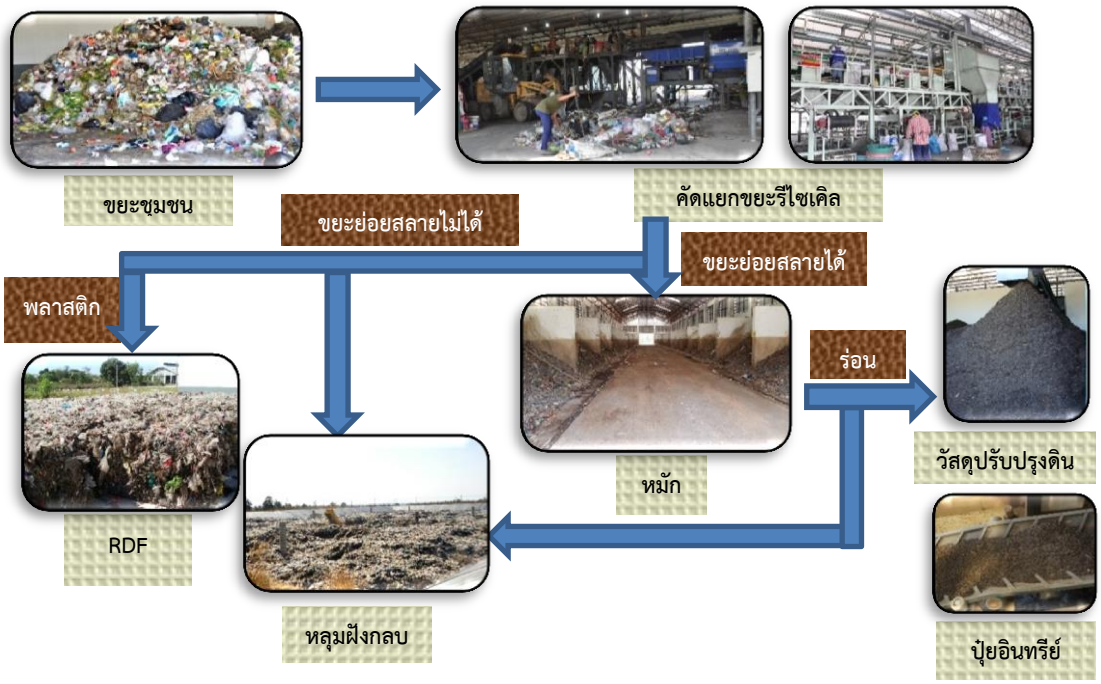
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

3.1.1 การเก็บตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

โดยทั่วไปศูนย์กำจัดขยะครบวงจรจะมีขั้นตอนการดำเนินการหลัก ๆ ดังแสดงในภาพที่ 3-1 เมื่อขยะชุมชนถูกนำมากำจัดในศูนย์ฯ จะถูกนำขึ้นสายพานลำเลียง เพื่อคัดแยกขยะรีไซเคิล แล้วจึงถูกส่งไปร่อนแยกขยะที่ยิอยสลายได้ออกเพื่อนำไปหมัก ในระหว่างการหมักอาจจะมีการเติมอากาศและความชื้นให้เหมาะสมแก่การทำงานของจุลินทรีย์เพื่อให้การหมักสมบูรณ์ หลังจากผ่านการหมักโดยประมาณ 30 วันตามที่กำหนดแล้ว จึงนำมาร่อนแยกวัสดุปรับปรุงดินออกมา ซึ่งอาจนำไปต่อยอดโดยการปรับปรุงคุณค่าทางอาหาร โดยการเติมสารผสมต่าง ๆ เช่น มูลวัว และ เศษพืช เป็นต้น



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการผลิตวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน

การเก็บตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจร จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2560-กุมภาพันธ์ 2561 และ ครั้งที่ 2 ระหว่าง เดือน เมษายน-พฤษภาคม 2561 ดำเนินการโดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุปรับปรุงดินหรือปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักขยะที่ย่อยสลายได้จากชุมชน (ซึ่งศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรกำลังจะนำออกจำหน่ายหรือแจกจ่ายให้กับประชาชนทั่วไปและเกษตรกรนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชต่อไป) จำนวนไม่น้อยกว่า 5 กก. ใส่ถุงพลาสติก ปิดสนิทกันลมและความชื้น รักษาในอุณหภูมิปกติ และนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์สารตกค้างต่อไป (ภาพที่ 2) การเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักจากแหล่งอื่น ๆ จะใช้เป็นตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล รายละเอียดตัวอย่างทั้งหมดแสดงในตารางที่ 3-1

ภาพที่ 3-2 การเก็บตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรและจากแหล่งอื่น

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรและจากแหล่งอื่น

ลำดับ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	วันที่เก็บ	รหัสตัวอย่าง	รายละเอียดตัวอย่าง
1	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมแบบครบวงจรจังหวัดระยอง	14 พ.ย. 2560	RAY001	ปุ๋ยเม็ดจากการหมักของศูนย์ฯ
2	ศูนย์จัดการมูลฝอยรวมแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสตึก	4 ธ.ค. 2560	STK001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ
		5 พ.ค. 2561	STK002	
3	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองศรีสะเกษ	6 ธ.ค. 2560	SSK001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ (โรงใหม่)
			SSK002	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ (โรงเก่า)
		2 พ.ค. 2561	SSK003	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ (โรงใหม่)
4	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลกำแพง	12 ธ.ค. 2560	KPA001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ
		6 เม.ย. 2561	KPA002	
5	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองสระบุรี	8 ม.ค. 2561	SRB001	ปุ๋ยเม็ดจากการหมักของศูนย์ฯ
		5 พ.ค. 2561	SRB002	ปุ๋ยเม็ดจากการหมักของศูนย์ฯ
6	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสูงเนิน	8 ม.ค. 2561	SNN001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ
		4 พ.ค. 2561	SNN002	
7	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลแม่สาย	18 ม.ค. 2561	MSI001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ
8	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาลเทศบาลตำบลเวียงฝาง	19 ม.ค. 2561	FNG001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ
		15 พ.ค. 2561	FNG002	
9	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง	23 ม.ค. 2561	LPA001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ
		9 พ.ค. 2561	LPA002	
10	ศูนย์กำจัดมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี	24 ม.ค. 2561	STH001	วัสดุปรับปรุงดินจากการหมักของศูนย์ฯ
		9 พ.ค. 2561	STH002	
11	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรองค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน	1 ก.พ. 2561	KCB001	วัสดุปรับปรุงดิน จากหลุมฝังกลบเก่า
		26 เม.ย.2561	KCB002	
12	ศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจรองค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก	4 เม.ย. 2561	TSK001	วัสดุปรับปรุงดิน จากเศษกิ่งไม้ ใบไม้
13	เทศบาลตำบลโคกกรวด อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา	4 พ.ค. 2561	CKK001	วัสดุปรับปรุงดิน จากการหมักขยะอินทรีย์ของชุมชน

ลำดับ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	วันที่เก็บ	รหัสตัวอย่าง	รายละเอียดตัวอย่าง
14	ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่	7 พ.ย. 2560	MAJ001	ปุ๋ยหมักจากกากเห็ด
15	เกษตรกร ชุมชนหนองห้า อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	23 ม.ค. 2561	LPA003	ปุ๋ยหมักจากเศษซากพืชและมูลวัว

3.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์

การวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างดำเนินการโดย บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด และการวิเคราะห์คุณภาพวัสดุตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ดำเนินการโดยสำนักพัฒนาที่ดิน เขต 1 จังหวัดปทุมธานี โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3-2 3-3 และ 3-4

ตารางที่ 3-2 สารอันตรายที่ทำการวิเคราะห์ในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก[1/]

ลำดับ	กลุ่ม	ชื่อสาร	Limit of Detection (LOD)
1.	สารกำจัดวัชพืช จำนวน 24 ชนิด	Diquat, Paraquat, Glyphosate, AMPA, 2,4-D, 2,4,5-T, Ametryn, Alachlor, Atrazine, Bensulide, Bromacil, Diflufenican, Dimethenamid, Diuron, Fluaziphop-p-butyl, Quinchlorac, MCPA, Metolachlor, Molinate, Profoxydim-Lithium, Propanil, Tepraloxydim, Thiobencarb, Trifralin	0.01 mg/kg dry
	สารกำจัดโรคพืช จำนวน 27 ชนิด	Captan, Chlorothalonil, Azoxystrobin, Carbendazim, Cymoxanil, Cyproconazole, Difenoconazole, Dimethomoph, Dinotefuran, Edifenphos, Flusilazole, Hexaconazole, Imazalil, Kresoxim-methyl, Metalaxyl, Pencycuron, Prochloraz, Procymidone, Propiconazole, Pyrazophos, Quintozene, Tetraconazole, Toclofos-methyl, Triadimenol, Tricyclazole, Tridemorph, Triticonazole	0.01 mg/kg dry

[1/] วิเคราะห์โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด (www.centrallabthai.com)

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)[1/]

ลำดับ	กลุ่ม	ชื่อสาร	Limit of Detection (LOD)
	สารกำจัดแมลง จำนวนรวม 82 ชนิด	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน จำนวน 11 ชนิด : BHC, Heptachlor& Hept. Epoxide, Aldrin&Dieldrin, Dicofol, DDT, Chlordane, Endosulfan, Endrin, Hexachlorobenzene กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 21 ชนิด : DDVP, Mevinphos, Diazinon, Docrotophos, Monocrotophos, Dimethoate, Pirimiphos-methyl, Chlorpyrifos, Parathion-methyl, Pirimiphos-ethyl, Malathion, Fenitrothion, Parathion-ethyl, Prothiophos, Methidathion, Profenophos, Ethion, Triazophos, EPN, Phosalone, Azinphos-ethyl กลุ่มคาร์บาเมท จำนวน 10 ชนิด : Carbaryl, Isoprocarb, Fenobucarb, Promecarb, Carbofuran, Methiocarb, Methomyl, Aldicarb, Oxamyl, Metolcarb กลุ่มไพรีทรอยด์ จำนวน 7 ชนิด : Deltamethrin, Bifenthrin, Permethrin, Lambda-Cyhalothrin, Cypermethrin, Cyfluthrin, Fenvalerate กลุ่มอื่น ๆ จำนวน 33 ชนิด : Abamectin, Bromopropylate, Tetraadifon, Acephate, Acetamiprid, Acrinathrin, Amitraz, Azinphos-methyl, Bendiocarb, Benfuracarb, Clothianidin, Coumaphos, Diflubenzuron, Emamectin benzoate, Ethoprophos, Fenamiphos, Fipronil, Flufenoxuron, Imidacloprid, Isoprothiolane, Lufenuron, Methoxyfenozide, Novaluron, Phenthoate, Phosmet, Phosphamidon, Phoxim, Pyriproxyfen, Quinalphos, Spinosad, Tebufenozide, Thiamethoxam, Thiometon	0.01 mg/kg dry
	โลหะหนัก จำนวน 4 ชนิด	Arsenic (As) Cadmium (Cd) Lead (Pb)	0.145 mg/kg dry 0.04 mg/kg dry

ลำดับ	กลุ่ม	ชื่อสาร	Limit of Detection (LOD)
		Mercury (Hg)	0.02 mg/kg dry 0.01 mg/kg dry

[1/] วิเคราะห์โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด (www.centrallabthai.com)

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)[1/]

ลำดับ	กลุ่ม	ชื่อสาร	Limit of Detection (LOD)
2	สารกำจัดวัชพืช จำนวน 4 ชนิด	Paraquat, Glyphosate, AMPA, Atrazine	0.01 mg/kg dry
	สารกำจัดโรคพืช จำนวน 1 ชนิด	Carbendazim	0.01 mg/kg dry
	สารกำจัดแมลง จำนวนรวม 82 ชนิด	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน จำนวน 11 ชนิด : BHC, Heptachlor& Hept. Epoxide, Aldrin&Dieldrin, Dicofol, DDT, Chlordane, Endosulfan, Endrin, Hexachlorobenzene กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 21 ชนิด : DDVP, Mevinphos, Diazinon, Docrotophos, Monocrotophos, Dimethoate, Pirimiphos-methyl, Chlorpyrifos, Parathion-methyl, Pirimiphos-ethyl, Malathion, Fenitrothion, Parathion-ethyl, Prothiophos, Methidathion, Profenophos, Ethion, Triazophos, EPN, Phosalone, Azinphos-ethyl กลุ่มคาร์บาเมท จำนวน 10 ชนิด : Carbaryl, Isoprocarb, Fenobucarb, Promecarb, Carbofuran, Methiocarb, Methomyl, Aldicarb, Oxamyl, Metolcarb กลุ่มไพรีทรอยด์ จำนวน 7 ชนิด : Deltamethrin, Bifenthrin, Permethrin, Lambda-Cyhalothrin, Cypermethrin, Cyfluthrin, Fenvalerate	0.01 mg/kg dry
	โลหะหนัก	Arsenic (As)	0.145 mg/kg dry

ลำดับ	กลุ่ม	ชื่อสาร	Limit of Detection (LOD)
	จำนวน 4 ชนิด	Cadmium (Cd)	0.04 mg/kg dry
		Lead (Pb)	0.02 mg/kg dry
		Mercury (Hg)	0.01 mg/kg dry

[1/] วิเคราะห์โดยบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด (www.centrallabthai.com)

ตารางที่ 3-3 คุณภาพของวัสดุตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[1/]

ลำดับ	รายการตรวจคุณภาพ
1	ปริมาณอินทรียวัถตุรับรอง (Organic Matter)
2	ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)
3	ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)
4	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)
5	ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่
	5.1 ไนโตรเจน : Total N
	5.2 ฟอสฟอรัส : Total P_2O_5
	5.3 โพแทสเซียม : Total K_2O
6	การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ (%)
7	โลหะหนัก
	7.1 โครเมียม (Cr)
	7.2 ทองแดง (Cu)

[1/] วิเคราะห์ โดยสำนักพัฒนาที่ดินเขต 1 จังหวัดปทุมธานี

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างและคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ในตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	สารอันตราย[1/]	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[3/]
RAY001	/	x
STK001	/	x
STK002	/	/
SSK001	/	x
SSK002	/[2/]	x
SSK003	/	/
KPA001	/	x
KPA002	/	/
SRB001	/	x
SRB002	/	/
SNN001	/	x
SNN002	/	/
MSI001	/	x
FNG001	/	x
FNG002	/	/
LPA001	/	x
LPA002	/	/
STH001	/	x
STH002	/	/
KCB001	/	x

รหัสตัวอย่าง	สารอันตราย[1/]	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[3/]
KCB002	/	/
TSK001	/	/
CKK001	/	/
MAJ001	/[2/]	x
LPA003	/	x

[1/] อ้างอิงรายการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3-2 ลำดับที่ 1

[2/] อ้างอิงรายการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3-2 ลำดับที่ 2

[3/] อ้างอิงรายการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3-3 และ x หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายภายในห้องปฏิบัติการ

3.2.1 การเลี้ยงไส้เดือนดิน และการเตรียมตัวอย่างสำหรับเลี้ยงไส้เดือนดิน

- ไส้เดือนดินที่ใช้ในการทดสอบมี 2 สายพันธุ์ คือ แอฟริกัน ไนท์ คลอเรอร์ หรือ AF (African Night Crawler, *Eudrilus eugeniae*) และ ขี้ตาแร่ หรือ P (*Perionix* sp.)

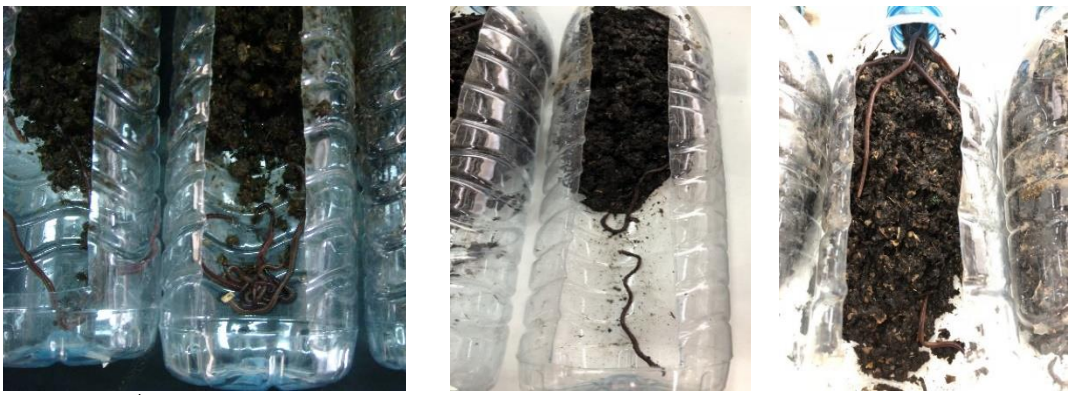
- นำมูลวัวแห้งที่ซื้อจากตลาดทั่วไปมาแช่น้ำ ตากให้แห้งในร่ม แล้วเก็บใส่ถุงพลาสติกจนกว่าจะต้องการใช้เลี้ยงไส้เดือน จึงนำมาผสมกับน้ำ แช่ทิ้งไว้ให้มูลวัวดูดซับน้ำให้เต็มที่ แล้วจึงนำไปเลี้ยงไส้เดือน

- เลี้ยงไส้เดือนในอ่างพลาสติกทรงรี ขนาดความสูงประมาณ 30 ซม. โดยใส่มูลวัวไม่เกิน 2/3 ของความสูง และเติมน้ำเป็นระยะ เพื่อรักษาระดับความชื้นที่ประมาณ ร้อยละ 60-70 และจัดวางขวดพลาสติกเจาะรูเป็นระยะ ๆ เพื่อระบายความร้อนภายในอ่าง จัดเก็บมูลไส้เดือนและเติมอาหารใหม่ทุก 30 วัน (ภาพที่ 3-3)

ภาพที่ 3-3 การเลี้ยงไส้เดือนในอ่างพลาสติกทรงรี

3.2.2 การทดสอบการหนีของไส้เดือนดิน

การทดสอบการหนีของไส้เดือน ใช้เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุปรับปรุงดินและมูลวัวที่ไส้เดือนจะสามารถอาศัยอยู่ได้เมื่อนำไส้เดือนดินไปใช้ในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดิน โดยใช้วัสดุปรับปรุงดินผสมกับมูลวัวเปียก (ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 60-70) ในอัตราส่วนของวัสดุปรับปรุงดินต่อมูลวัว เท่ากับ 1 : 1 และ 1 : 3 โดยน้ำหนัก แล้วใช้ไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ มาทดสอบการหนีเป็นเวลา 7 วัน พบว่าไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถอยู่อาศัยในส่วนผสมทั้ง 2 อัตราได้ (ภาพที่ 3-4)



เริ่มการทดสอบ หลังการทดสอบ

ภาพที่ 3-4 การทดสอบการหนีของไส้เดือน

3.2.3 การทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการย่อยสลายสารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน มีกรรมวิธีทดสอบ 7 กรรมวิธี (Treatments) ดังตารางที่ 3-5 แต่ละกรรมวิธีทำการทดสอบ 4 ซ้ำ (Replications) โดยใช้ไส้เดือนพันธุ์แอฟริกัน ไนท์ คลอเรอร์ (AF) ซ้ำละ 10 ตัว และไส้เดือนพันธุ์ขี้ตาแร่ (P) ซ้ำละ 5 ตัว วัสดุปรับปรุงดินและมูลวัวจะผสมน้ำประมาณร้อยละ 80 ก่อนนำมาผสมกันตามอัตราส่วน และใช้วัสดุปรับปรุงดินที่ผสมแล้วจำนวน 1 กิโลกรัมต่อซ้ำ (ภาพที่ 3-5)

ทำการตรวจวัดปริมาณสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดิน ตามรายการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3-2 ลำดับที่ 2 ก่อนการทดสอบ และ หลังการทดสอบ 30 และ 60 วัน บันทึกค่าเฉลี่ยร้อยละของสารตกค้างที่ลดลงในแต่ละกรรมวิธี

ตารางที่ 3-5 กรรมวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการย่อยสลายสารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชนในห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	รหัส	รายละเอียด
1	C0	วัสดุปรับปรุงดิน (Control)
2	C1	วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว (1:1)
3	E1	วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว (1:1) + ไส้เดือนพันธุ์ AF

4	P1	วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว (1:1) + ไส้เดือนพันธุ์ P
5	C2	วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว (1:3)
6	E2	วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว (1:3) + ไส้เดือนพันธุ์ AF
7	P2	วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว (1:3) + ไส้เดือนพันธุ์ P

ภาพที่ 3-5 การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการย่อยสลายสารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

3.3 การประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

3.3.1 การทดสอบรูปแบบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายในห้องปฏิบัติการ

ดำเนินการทดสอบรูปแบบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชนในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

3.3.1.1 วัสดุทดสอบ ได้แก่ วัสดุปรับปรุงดินผสมกับขี้วัวที่แช่น้ำแล้วตากแห้ง ในอัตราส่วน ร้อยละ 40:60 โดยน้ำหนัก

3.3.1.2 ใช้วัสดุทดสอบ จำนวน 30 กก. ผสมน้ำ 20 ล. ในอ่างทดสอบ (อ่างพลาสติกรูปทรงรี ความสูง 30 ซม.) แช่ทิ้งไว้ 1 คืน จัดวางขวดพลาสติกเจาะรูเป็นระยะๆ เพื่อระบายความร้อนภายในอ่าง

3.3.1.3 กรรมวิธีทดสอบ มี 2 กรรมวิธี คือ

- ไส้เดือนสายพันธุ์แอฟริกัน ไนท์ คลอเรอร์ (AF) จำนวน 900 ตัว น้ำหนักรวม 1255.4 กรัม
- ไส้เดือนสายพันธุ์ขี้ตาแร่ (P) จำนวน 600 ตัว น้ำหนักรวม 1040 กรัม

3.3.1.4 เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารอันตราย จำนวน 4 ซ้ำ/กรรมวิธี ตัวอย่างละไม่น้อยกว่า 1 กก. โดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง คือ เก็บตัวอย่างวัสดุทดสอบก่อนการใส่ไส้เดือน และเก็บตัวอย่างมูลไส้เดือนหลังจากใส่ไส้เดือนไปแล้ว 20 วัน

3.3.1.5 การวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุทดสอบ มีดังนี้

- สารกำจัดแมลงกลุ่ม Carbamate จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Carbaryl และ Carbofuran
- สารกำจัดแมลงกลุ่ม Organochlorines จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Dicofol และ Chlordane
- สารกำจัดแมลงกลุ่ม Organophosphate จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Chlorpyrifos, Ethion และ Triazophos
- สารกำจัดแมลงกลุ่ม Pyrethroids จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ Bifentrin และ Cypermetrin
- สารกำจัดแมลงกลุ่มอื่นๆ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Imidacloprid, Isoprothiolane และ Tebufenozide
- สารกำจัดวัชพืช จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ Glyphosate, AMPA, Paraquat, Ametryn, Atrazine, Bensulide, Bromacil, Diuron, Thiobencarb และ 2,4-D
- สารกำจัดโรคพืช จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ Azoxystrobin, Carbendazim, Difenoconazole, Dimethomoph, Hexaconazole, Metalaxyl และ Triadimenol
- โลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg)

3.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารพาราควอตในพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจรขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนในการบำบัดสารพาราควอตในพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจรของเทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล ดำเนินการโดย

3.3.2.1 เก็บตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดิน ดิน ดินตะกอน และน้ำในพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล และพื้นที่บริเวณใกล้เคียง ในวันที่ 21 มกราคม 2562 จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-6 และ ภาพที่ 3-6 และ 3-7 และวิเคราะห์สารอันตรายตกค้าง ดังตารางที่ 3-2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่

ตารางที่ 3-6 รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล และพื้นที่บริเวณใกล้เคียง

แหล่ง	ตัวอย่างที่	ชนิดตัวอย่าง	รายละเอียด	พิกัด
ภายในศูนย์กำจัดขยะครบวงจร	1	วัสดุปรับปรุงดิน	วัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน	-
	2	ดิน	พื้นที่จัดเตรียมเป็นสวนเกษตร	6.865248, 99.835966
	3	ดิน	พื้นที่ทิ้งวัสดุคงเหลือจากการคัดแยก	6.865136, 99.834939
	4	ดิน	พื้นที่สวนสน แนวขอบของศูนย์ฯ	6.865874, 99.835191

	5	น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด	บ่อพักข้างบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (บ่อ 4)	6.866683, 99.832820
	6	น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด	บ่อบำบัดน้ำทิ้ง (บ่อ 4)	
ภายนอกศูนย์กำจัดขยะครบวงจร	7	ดินพื้นที่เกษตร	สวนยางพารา 1 หมู่ 8 ต. ละงู อ. ละงู จ. สตูล	6.840853, 99.829616
	8	ดินพื้นที่เกษตร	สวนยางพารา 2 หมู่ 8 ต. ละงู อ. ละงู จ. สตูล	6.863627, 99.835439
	9	น้ำผิวดิน	ฝายน้ำล้น บ้านนาพญา (ห้วยตะเคียน)	6.848118, 99.834087
	10	ดินตะกอน	ฝายน้ำล้น บ้านนาพญา (ห้วยตะเคียน)	6.847080, 99.835398

ตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 2

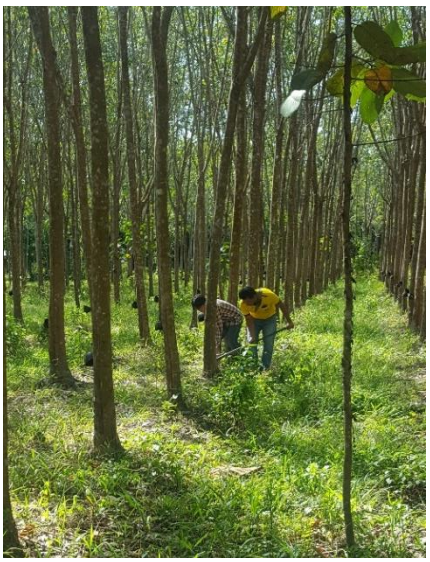
ตัวอย่างที่ 3

ตัวอย่างที่ 4

ตัวอย่างที่ 5

ตัวอย่างที่ 6

ภาพที่ 3-6 จุดเก็บตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดิน ดินและน้ำ ในบริเวณพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล



ตัวอย่างที่ 7

ตัวอย่างที่ 8

ตัวอย่างที่ 9

ตัวอย่างที่ 10

ภาพที่ 3-7 จุดเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และดินตะกอน บริเวณนอกพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

3.3.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูลระหว่างวันที่ 5-25 กุมภาพันธ์ 2562 โดยผสมวัสดุปรับปรุงดินกับมูลวัวที่แช่น้ำแล้วตากแห้ง ในอัตราส่วนร้อยละ 30:70 โดยน้ำหนัก รวม 30 กก. แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน ในอ่างทดสอบพลาสติกทรงรี ที่จัดวางขวดพลาสติกเจาะรูเพื่อระบายความร้อน และ ใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ขี้ตาแร่ (P) และ สายพันธุ์แอฟริกันไนท์ คลอเรอร์ (AF) จำนวนสายพันธุ์ละ 1000 กรัม ทำการวิเคราะห์สารพาราควอตในวัสดุทดสอบก่อนเริ่มการทดสอบ และในมูลไส้เดือนหลังการทดสอบ 20 วัน (ภาพที่ 3-8)

ภาพที่ 3-8 การทดสอบรูปแบบและประสิทธิภาพของไส้เดือนในการบำบัดสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินโดยเน้นการมีส่วนร่วมของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

3.4 การรายงานผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้าง และหารือแนวทางการแก้ไขการลดปริมาณสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร

การรายงานผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร ในพื้นที่ที่ดำเนินการศึกษา แสดงในตารางที่ 3-7 โดยเชิญหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีการทำข้อตกลงการนำขยะมากำจัด สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด สำนักงานเกษตรจังหวัด ท้องถิ่นจังหวัด และหน่วยงานในระดับพื้นที่ เข้าร่วมรับฟังผลการวิเคราะห์สารตกค้าง พร้อมทั้งหารือแนวทางการแก้ไขปัญหาร่วมกัน ทำการบันทึกผลการหารือแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว (ภาพที่ 3-9)

ตารางที่ 3-7 รายละเอียดการรายงานผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร

ลำดับ	ศูนย์	สถานที่จัดประชุม	วันที่/เวลา
1	ศูนย์กำจัดมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี	ณ ห้องประชุมเล็ก อาคารเฉลิมพระเกียรติพระแม่ย่า เทศบาลเมืองสุโขทัยธานี	18 ก.ค. 61
2	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง	ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง	19 ก.ค. 61
3	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลแม่สาย	เทศบาลตำบลแม่สาย	20 ก.ค. 61
4	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาลเทศบาลตำบลเวียงฝาง	ณ ห้องประชุมที่ว่าการอำเภอฝาง	24 ก.ค. 61
5	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมแบบครบวงจรจังหวัดระยอง	องค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง	2 ส.ค. 61
6	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลกำแพง	ณ ห้องประชุมเทศบาลตำบลกำแพง	7 ส.ค. 61
7	ศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร องค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก	องค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก	9 ส.ค. 61
8	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรองค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน	ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน	15 ส.ค. 61
9	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองสระบุรี	ณ ห้องประชุมเทศบาลเมืองสระบุรี	21 ส.ค. 61
10	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสูงเนิน	ณ ห้องประชุมเทศบาลตำบลสูงเนิน	22 ส.ค. 61
11	ศูนย์จัดการมูลฝอยรวมแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสตึก	ณ ห้องประชุมเทศบาลตำบลสตึก	24 ส.ค. 61
12	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองศรีสะเกษ	ณ ห้องประชุมเทศบาลเมืองศรีสะเกษ	28 ส.ค. 61

ภาพที่ 3-9 การรายงานผลการวิเคราะห์สารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชนและหารือแนวทางการแก้ไข

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

ผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก จากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรและแหล่งอื่น แสดงในตารางที่ 4-1 ถึง 4-15 พบว่า ตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์ทุกตัวอย่างพบการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชและโลหะหนัก โดยชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบนั้นแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาของวัสดุที่นำมาใช้ผลิตวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก ยกตัวอย่างเช่น ตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลเวียงฝาง (FNG001 และ FNG 002) พบว่ามีจำนวนชนิดของสารกำจัดแมลงและโรคพืชมากที่สุด เนื่องจากแหล่งที่มาของขยะในชุมชนนั้นมีเศษซากพืช และกิ่งไม้จากภาคการเกษตรเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และเนื่องจากเป็นพื้นที่แหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ส้ม และ กระเทียม เป็นต้น ซึ่งจัดเป็นพืชที่มีความจำเป็นในการใช้สารกำจัดแมลงและโรคพืช ดังนั้นขยะชุมชนจากแหล่งนี้อาจมีการปนเปื้อนจากสารเคมีได้ทั้งจากเศษซากพืชจากการทำเขตกรรม และซากบรรจุภัณฑ์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ได้จากแหล่งอื่นที่ไม่ปะปนกับขยะชุมชน (ได้แก่ MAJ001 LPA003 TSK001 และ CKK001) จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างเหล่านี้จะมีชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างน้อยกว่าตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินที่ได้จากขยะชุมชน (ภาพที่ 4-1)

จากการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจำนวน 133 ชนิด ในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน พบว่าสามารถตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชจำนวน 35 ชนิด โดยแบ่งเป็นสารกำจัดวัชพืช จำนวน 10 ชนิด สารกำจัดแมลง จำนวน 16 ชนิด และสารกำจัดโรคพืช จำนวน 9 ชนิด (ตารางที่ 4-16) สำหรับสารกำจัดศัตรูพืชที่พบบ่อยที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ พาราควอต (Paraquat), ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin), อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid), ไกลโฟเสท (Glyphosate), คาร์เบนดาซิม (Carbendazim), คลอไพริฟอส (Chlorpyrifos) , ทูโฟดี (2,4-D), ไดฟีโนโคนาโซล (Difenoconazole) , อามีทรีน (Ametryn) และ ไบเฟนทริน (Bifentrin) ซึ่งสามารถตรวจพบได้ร้อยละ 92.31, 73.08, 50.00, 42.31, 38.46, 34.62, 30.77, 23.08, 23.08 และ 23.08 ตามลำดับ (ภาพที่ 4-2) ในจำนวนนี้มีสารกำจัดวัชพืช 4 ชนิด ได้แก่ พาราควอต ไกลโฟเสท ทูโฟดี อามีทรีน ซึ่งสาร 2 ชนิดแรก พบว่ามีการใช้โดยทั่วไปในทางการเกษตร และ ในการกำจัดวัชพืชข้างทางและพื้นที่อื่น ๆ ดังนั้นแหล่งที่มาของสารนี้ในวัสดุปรับปรุงดิน จึงมาได้จากทั้งทางการเกษตร

และการใช้ทั่วไป โดยหน่วยงานท้องถิ่น และอื่น ๆ สารกำจัดแมลง 4 ชนิด ใน 10 อันดับที่พบบ่อยที่สุด ได้แก่ ไซเปอร์เมทริน อิมิดาคลอพริด คลอไพริฟอส และ ไบเฟนทริน ซึ่งทั้ง 4 ชนิดนี้เป็นสารที่มีการใช้ทั้งในภาคการเกษตรและทางสาธารณสุข โดยในทางสาธารณสุขมีการใช้ทั่วไปในครัวเรือนประชาชนและโดยหน่วยงานทางด้านสาธารณสุข เพื่อกำจัดยุง แมลงวัน แมลงสาบ มด และ ปลวก เป็นต้น (ภาพที่ 4-3)

โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และ ปรอท (Hg) พบว่าสารทั้ง 4 ชนิด มีการปนเปื้อนในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะชุมชนมากกว่าตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่มาจากแหล่งอื่น (ได้แก่ MAJ001 LPA003 TSK001 และ CKK001) ทั้งชนิดและปริมาณ และตรวจพบตัวอย่างที่มีค่าแคดเมียมและปรอทสูงกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2547 1.6-5.1 และ 0.5-2.8 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 4-17 และ ภาพที่ 4-4 ถึง 4-7)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปรับปรุงดินตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ตารางที่ 2-6) พบว่าวัสดุปรับปรุงดินส่วนใหญ่มีค่าองค์ประกอบของสารอินทรีย์และค่าธาตุอาหาร ผ่านเกณฑ์ ในขณะที่ค่าการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์ (ตารางที่ 4-18) ชี้ให้เห็นว่าหากมีการหมักขยะที่ย่อยสลายได้ให้เป็นไปตามกระบวนการอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ รวมถึงการกำจัดสารอันตรายออกจากขยะที่ย่อยสลายได้เหล่านี้ได้ ก็จะสามารถนำวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่ได้จากศูนย์กำจัดขยะมาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชได้เป็นอย่างดี และเป็นการนำทรัพยากรมาใช้ได้อย่างยั่งยืนและคุ้มค่า

ตารางที่ 4-1 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลเมืองสุโขทัยธานี[1/]

	สารตกค้าง	STH001	STH002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	ไม่พบ	0.15	ไม่ได้กำหนด
	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	ไม่พบ	0.03	
	พาราควอท (Paraquat)	0.12	0.07	
	อามีทรีน (Ametryn)	0.02	ไม่พบ	
	เบนซูไลด์ (Bensulide)	0.03	ไม่พบ	
	ทูโฟดี (2,4-D)	0.07	0.9	
สารกำจัดแมลง	อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid)	0.12	0.06	
	คลอเดน (Chlordane)	0.04	ไม่พบ	
	คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos)	0.08	0.09	
	อิไทออน (Ethion)	ไม่พบ	0.14	
	ไบเฟนทริน (Bifentrin)	ไม่พบ	0.07	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.05	0.09	
สารกำจัดโรคพืช	คาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim)	0.57	0.05	
	ไดฟีโนโคนาโซล (Difenoconazole)	0.02	0.07	
	เมทาแล็กซิล (Metalaxyl)	ไม่พบ	0.05	
	โพรพิโคนาโซล (Propiconazole)	ไม่พบ	0.12	
	โพรพานิล (Propanil)	ไม่พบ	0.07	
	ไทโอเบนคาร์บ (Thiobencarb)	0.02	0.02	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	4.680	0.228	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	7.980	1.018	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	185.520	39.294	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	2.880	0.324	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-2 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง[1/]

สารตกค้าง		LPA001	LPA003	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	<0.02	<0.02	ไม่ได้กำหนด
	พาราควอท (Paraquat)	0.37	0.13	
	อาทราซีน (Atrazine)	0.05	0.09	
สารกำจัดแมลง	อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid)	0.03	0.02	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.02	0.05	
สารกำจัดโรคพืช	ทีบูฟิโนไซด์ (Tebufenozide)	0.06	ไม่พบ	
	ไตรอาดีมีนอล (Triadimenol)	ไม่พบ	0.07	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	4.980	0.164	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	46.290	3.927	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	105.670	59.274	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.230	0.280	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-3 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย[1/]

สารตกค้าง		MSI001	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	0.02	ไม่ได้กำหนด
	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	<0.02	
	พาราควอท (Paraquat)	0.41	
	อามีทรีน (Ametryn)	2.23	
	อาทราซีน (Atrazine)	0.03	
	ไดยูรอน (Diuron)	16.64	
สารกำจัดแมลง	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.09	
สารกำจัดโรคพืช	อะซ็อกซีสโตรบิน (Azoxystrobin)	0.02	
	คาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim)	0.02	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	2.590	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	3.670	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	117.440	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.340	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-4 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลเวียงฝาง จังหวัดเชียงใหม่[1/]

	สารตกค้าง	FNG001	FNG002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	<0.02	0.2	ไม่ได้กำหนด
	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	ไม่พบ	0.06	
	พาราควอท (Paraquat)	0.97	0.89	
	ทูโฟดี (2,4-D)	ไม่พบ	0.09	
สารกำจัดแมลง	อะบาเม็คติน (Abamectin)	ไม่พบ	0.01	
	อะเซทามิพริด (Acetamiprid)	ไม่พบ	0.01	
	อิมาเม็คติน เบนโซเอท (Emamectin benzoate)	ไม่พบ	0.02	
	อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid)	0.02	0.07	
	ไอโซโปรไทโอเลน (Isoprothiolane)	0.22	0.04	
	ดีดีที (DDT)	ไม่พบ	0.02	
	คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos)	0.02	0.74	
	อิไทออน (Ethion)	0.01	0.64	
	ไตรอะโซฟอส (Triazophos)	ไม่พบ	0.01	
	ไบเฟนทริน (Bifentrin)	ไม่พบ	0.05	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.02	0.26	
สารกำจัดโรคพืช	อะซอกซี่สโตรบิน (Azoxystrobin)	0.02	0.05	
	คาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim)	0.11	0.06	
	ไดฟีโนโคนาโซล (Difenoconazole)	0.03	0.09	
	ไดเมโทมอฟ (Dimethomoph)	0.03	0.03	
	เฮกซาโคนาโซล (Hexaconazole)	0.02	0.03	
	อิมาซาลิล (Imazalil)	ไม่พบ	0.03	
	เมทาแล็กซิล (Metalaxyl)	0.02	0.2	
	โพรพิโคนาโซล (Propiconazole)	ไม่พบ	0.03	
	ไตรอาดีมีนอล (Triadimenol)	0.02	0.02	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	4.160	0.154	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.740	0.929	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	39.580	51.628	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.120	0.434	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-5 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลกำแพง จังหวัดสตูล[1/]

สารตกค้าง		KPA001	KPA002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	0.19	0.04	ไม่ได้กำหนด
	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	<0.02	<0.02	
	พาราควอท (Paraquat)	0.55	<0.02	
สารกำจัดแมลง	อิมิดาคลอพริด(Imidacloprid)	0.08	0.03	
	ทีบูเฟโนไซด์ (Tebufenozide)	0.02	ไม่พบ	
	คาร์โบฟูราน (Carbofuran)	0.07	ไม่พบ	
	คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos)	0.04	ไม่พบ	
	ไบเฟนทริน (Bifentrin)	0.02	0.02	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.02	0.03	
สารกำจัดโรคพืช	คาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim)	ไม่พบ	0.02	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	7.860	10.060	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	6.510	2.940	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	98.280	24.140	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.210	0.200	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-6 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยหมักจากองค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์[1/]

สารตกค้าง		TSK001	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	<0.02	ไม่ได้กำหนด
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	15.550	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.400	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	6.570	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.180	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-7 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดจากเทศบาลเมืองสระบุรี[1/]

สารตกค้าง		SRB001	SRB002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	ไม่พบ	<0.02	ไม่ได้กำหนด
	พาราควอท (Paraquat)	0.1	0.12	
	เบนซูไลด์ (Bensulide)	0.02	ไม่พบ	
สารกำจัดแมลง	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	ไม่พบ	0.01	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	14.310	0.451	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.220	0.288	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	45.860	13.020	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.050	0.022	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-8 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา[1/]

สารตกค้าง		SNN001	SNN002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	0.03	0.06	ไม่ได้กำหนด
	พาราควอท (Paraquat)	0.35	0.19	
	อามีทรีน (Ametryn)	0.01	ไม่พบ	
	ทูโฟดี (2,4-D)	0.03	0.07	
สารกำจัดแมลง	อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid)	0.03	0.08	
	คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos)	0.04	ไม่พบ	
	ไบเฟนทริน (Bifentrin)	ไม่พบ	0.02	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	2.05	0.08	
สารกำจัดโรคพืช	ไดเมโทมอฟ (Dimethomoph)	ไม่พบ	0.07	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	1.960	0.139	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	4.810	1.233	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	93.150	19.894	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.230	0.456	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-9 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลโคกกรวด จังหวัดนครราชสีมา[1/]

สารตกค้าง		CKK001	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	พาราควอท (Paraquat)	0.050	ไม่ได้กำหนด
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	0.178	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.140	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	4.261	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.030	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-10 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลตำบลสตึก จังหวัดบุรีรัมย์

สารตกค้าง		STK001	STK002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	<0.02	<0.02	ไม่ได้กำหนด
	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	<0.02	ไม่พบ	
	พาราควอท (Paraquat)	0.37	0.27	
	อามีทรีน (Ametryn)	0.01	0.02	
	อาทราซีน (Atrazine)	0.03	ไม่พบ	
	โพรพานิล (Propanil)	ไม่พบ	0.07	
	ทูโฟดี (2,4-D)	0.11	ไม่พบ	
สารกำจัดแมลง	อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid)	ไม่พบ	0.04	
	ทีบูเฟโนไซด์ (Tebufenozide)	0.05	ไม่พบ	
	ไบเฟนทริน (Bifentrin)	ไม่พบ	0.01	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.03	0.03	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	1.580	0.080	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	1.130	0.542	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	161.010	17.908	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.240	0.186	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-11 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากเทศบาลเมืองศรีสะเกษ[1/]

สารตกค้าง		SSK001	SSK002	SSK003	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	0.11	0.17	0.13	ไม่ได้กำหนด
	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	0.05	<0.02	ไม่พบ	
	พาราควอท (Paraquat)	0.61	0.12	0.06	
	ไดยูรอน (Diuron)	0.07	-[3/]	ไม่พบ	
	ทูโฟดี (2,4-D)	0.02	-	0.03	
สารกำจัดแมลง	อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid)	0.04	-	0.09	
	คาร์บาริล (Carbaryl)	ไม่พบ	ไม่พบ	0.04	
	คลอไพริฟอส (Chlorpyrifos)	0.02	ไม่พบ	0.1	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.2	0.58	0.17	
สารกำจัดโรคพืช	คาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim)	0.11	ไม่พบ	0.04	
	ไดเมโทมอฟ (Dimethomoph)	0.01	-	ไม่พบ	
	เมทาแล็กซิล (Metalaxyl)	ไม่พบ	-	0.1	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	0.920	31.850	0.018	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	25.280	3.790	1.764	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	51.290	73.400	33.452	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.180	5.640	0.970	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

[3/] - หมายถึง ไม่ได้ตรวจวัด

ตารางที่ 4-12 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากองค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน จังหวัดกาญจนบุรี[1/]

สารตกค้าง		KCB001	KCB002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	ไกลโฟเสท (Glyphosate)	ไม่พบ	<0.02	ไม่ได้กำหนด
	พาราควอท (Paraquat)	0.29	0.04	
	อามีทรีน (Ametryn)	0.01	ไม่พบ	
	โบรมาซิล (Bromacil)	0.32	ไม่พบ	
สารกำจัดแมลง	คาร์บาริล (Carbaryl)	0.02	ไม่พบ	
	ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	ไม่พบ	0.02	
สารกำจัดโรคพืช	อะซ็อกซีสโตรบิน (Azoxystrobin)	0.02	ไม่พบ	
	คาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim)	0.49	ไม่พบ	
	ไดฟีโนโคนาโซล (Difenoconazole)	1.35	0.01	
	โพรพิโคนาโซล (Propiconazole)	ไม่พบ	0.04	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	7.840	4.120	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.940	0.590	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	64.420	66.470	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.280	0.090	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-13 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดจากองค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง[1/]

สารตกค้าง		RAY001	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	เอเอ็มพีเอ (AMPA)	<0.020	ไม่ได้กำหนด
	พาราควอท (Paraquat)	0.250	
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	15.390	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.110	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	35.730	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.050	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-14 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยหมักจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้[1/]

สารตกค้าง		MAJ001	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	พาราควอท (Paraquat)	0.03	ไม่ได้กำหนด
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	1.070	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.100	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	2.230	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.030	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

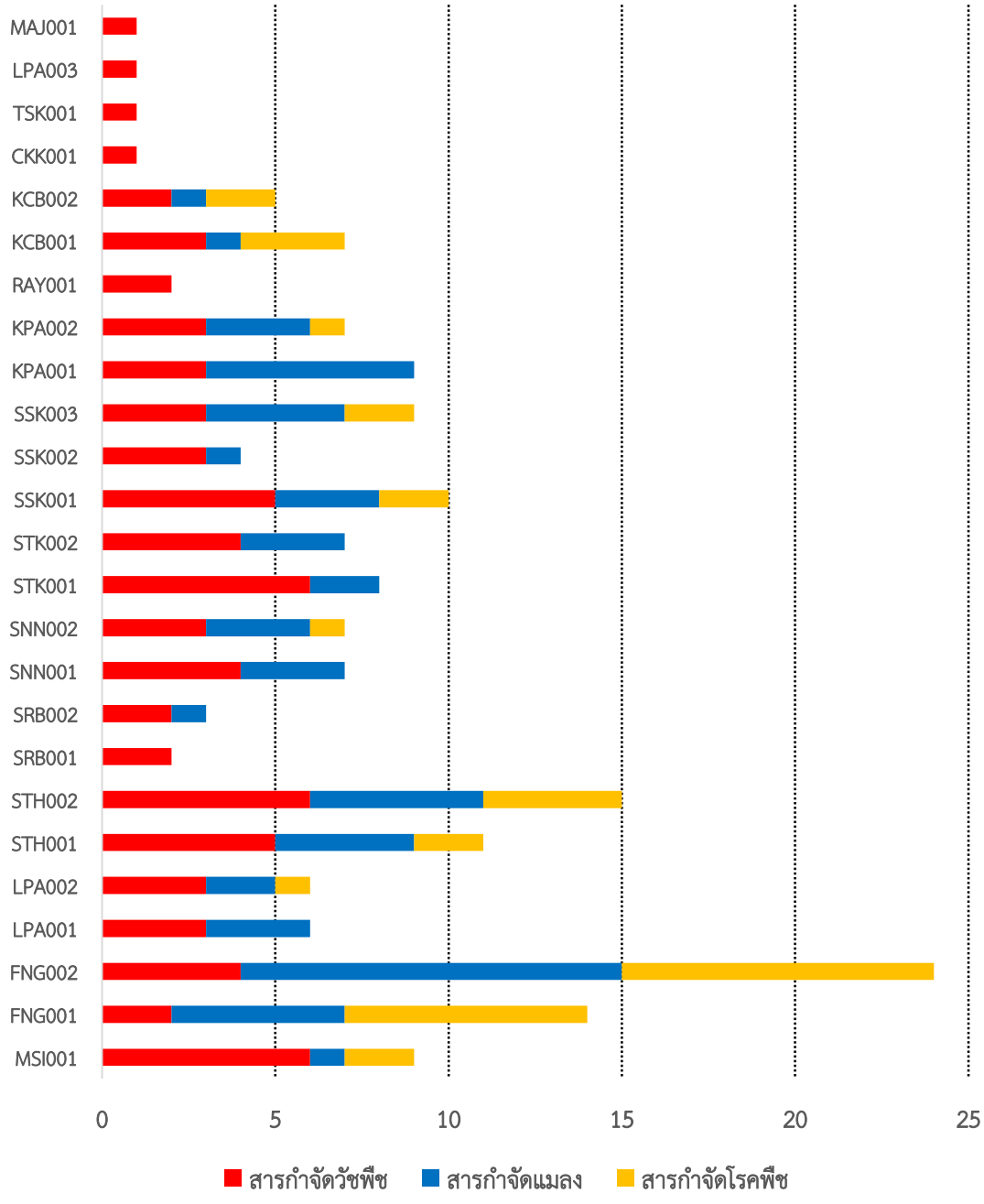
[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4-15 สารตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างปุ๋ยหมักของเกษตรกร[1/]

สารตกค้าง		LPA002	เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์[2/]
สารกำจัดวัชพืช	พาราควอท (Paraquat)	0.06	ไม่ได้กำหนด
โลหะหนัก	อาร์เซนิก (Arsenic - As)	3.230	50
	แคดเมียม (Cadmium - Cd)	0.080	5
	ตะกั่ว (Lead - Pb)	4.710	500
	ปรอท (Mercury - Hg)	0.060	2

[1/] หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

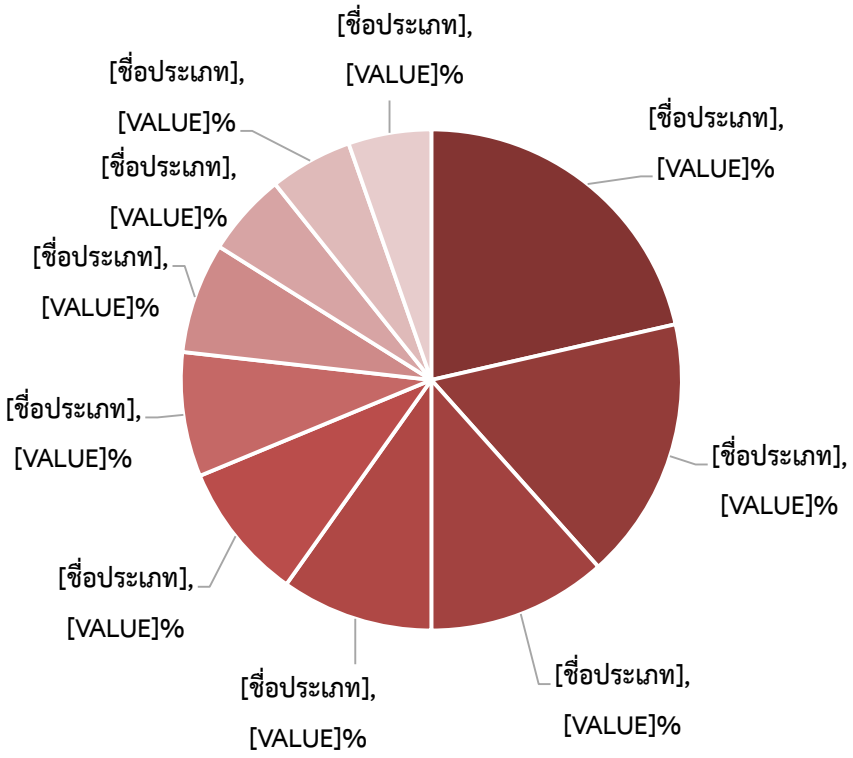
[2/] พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554



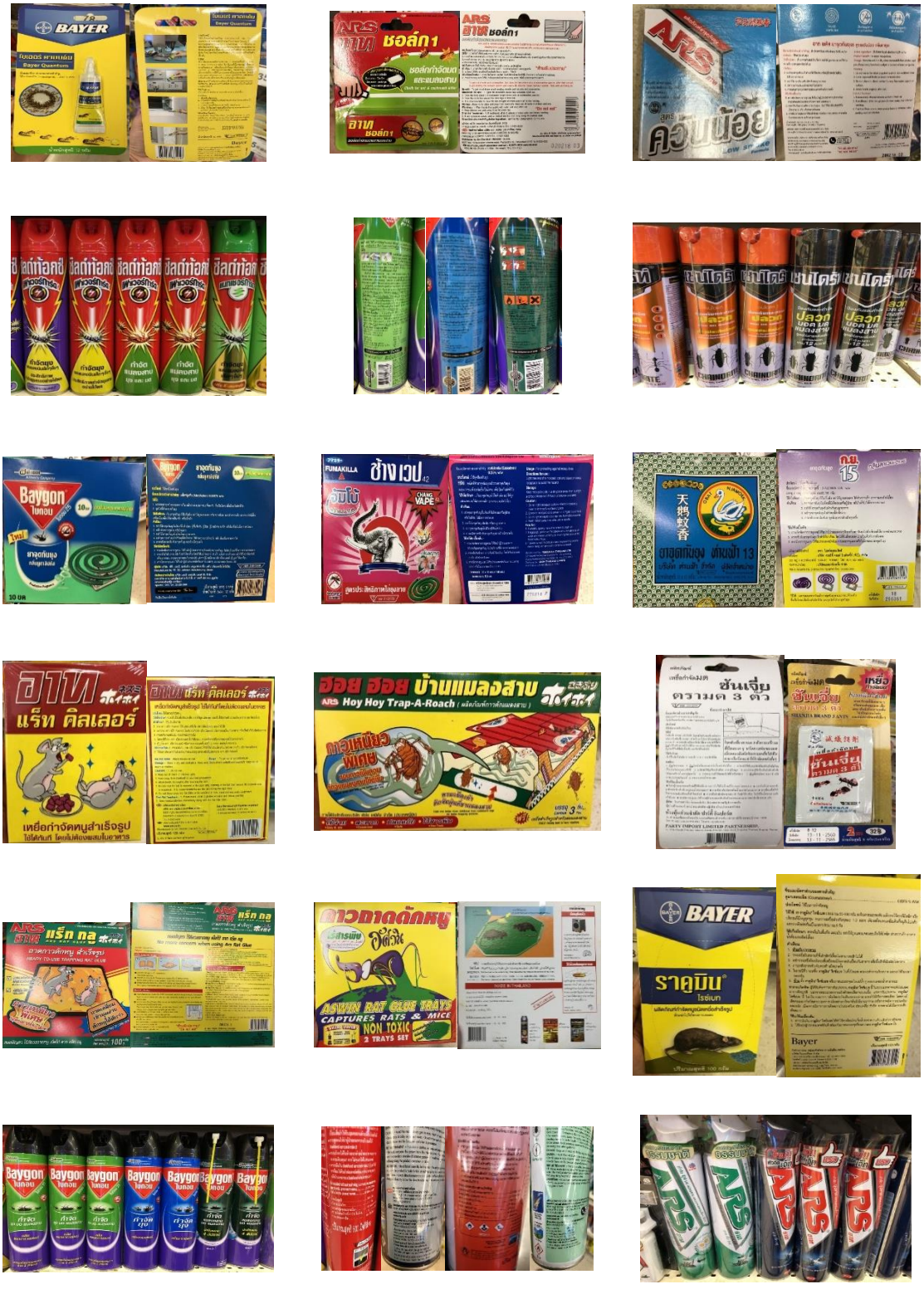
ภาพที่ 4-1 จำนวนชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

ตารางที่ 4-16 สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

กลุ่ม	สารเคมี	ความถี่ที่ตรวจพบ (ร้อยละ)	ความเข้มข้น (มก./กก.)
สารกำจัดวัชพืช	Paraquat	92.31	<0.02-0.97
	Glyphosate	42.31	<0.02-0.2
	2,4-D	30.77	0.02-0.9
	Ametryn	23.08	0.01-2.23
	Atrazine	15.38	0.03-0.09
	Bensulide	7.69	0.02-0.03
	Diuron	7.69	0.07-16.64
	Propanil	7.69	0.07
	Thiobencarb	7.69	0.02
	Bromacil	3.85	0.32
สารกำจัดแมลง	Cypermethrin	73.08	0.01-2.05
	Imidacloprid	50.00	0.02-0.12
	Chlorpyrifos	34.62	0.02-0.74
	Bifentrin	23.08	0.01-0.07
	Tebufenozide	11.54	0.02-0.06
	Ethion	11.54	0.01-0.64
	Isoprothiolane	7.69	0.04-0.22
	Carbaryl	7.69	0.02-0.04
	Triazophos	7.69	0.01
	Abamectin	3.85	0.01
	Acetamiprid	3.85	0.01
	Emamectin benzoate	3.85	0.02
	Carbofuran	3.85	0.07
	Dicofol	3.85	0.02
	DDT	3.85	0.02
	Chlordane	3.85	0.04
สารกำจัดโรคพืช	Carbendazim	38.46	0.01-0.57
	Difenoconazole	23.08	0.01-1.35
	Azoxystrobin	15.38	0.02-0.05
	Dimethomoph	15.38	0.01-0.07
	Metalaxyl	15.38	0.02-0.2
	Propiconazole	11.54	0.03-0.12
	Triadimenol	11.54	0.02-0.07
	Hexaconazole	7.69	0.02-0.03
	Imazalil	3.85	0.03



ภาพที่ 4-2 สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 10 อันดับแรกที่มีการตรวจพบบ่อยที่สุด

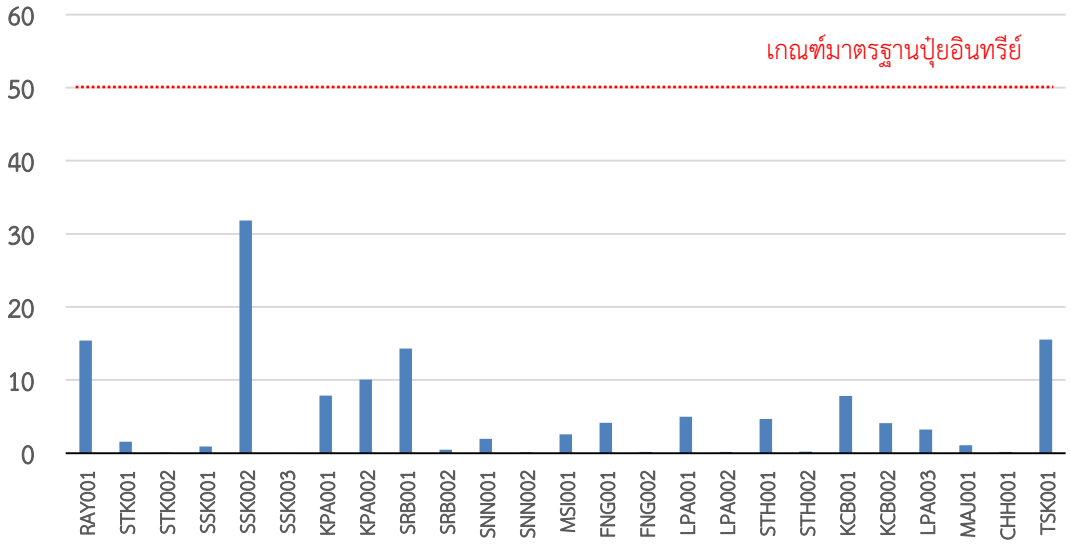


ภาพที่ 4-3 ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ในบ้านเรือน

ตารางที่ 4-17 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

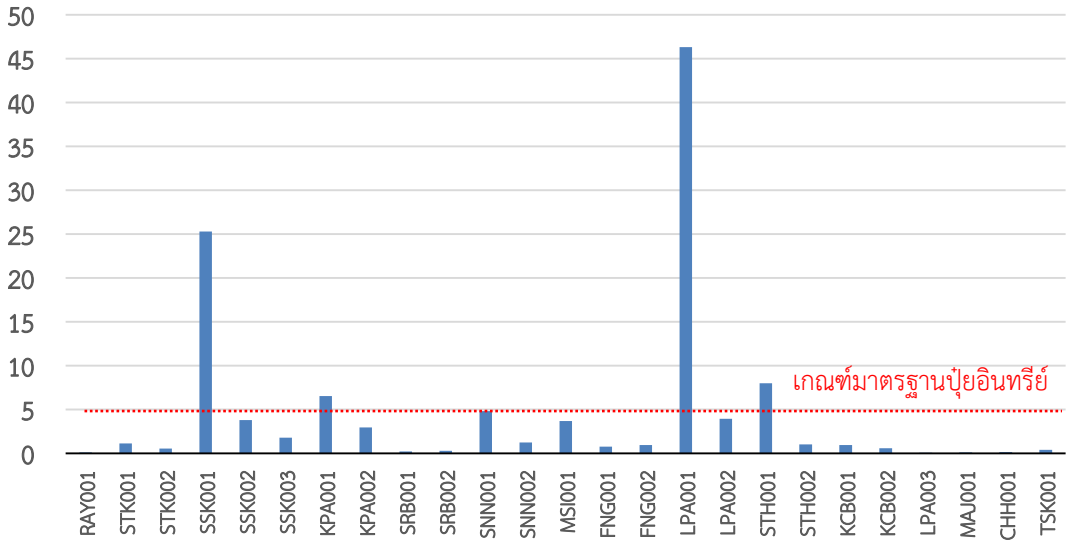
แหล่งตัวอย่าง	สารหนู (As)	แคดเมียม (Cd)	ตะกั่ว (Pb)	ปรอท (Hg)
RAY001	15.390	0.110	35.730	0.050
STK001	1.580	1.130	161.010	0.240
STK002	0.080	0.542	17.908	0.186
SSK001	0.920	25.280	51.290	0.180
SSK002	31.850	3.790	73.400	5.640
SSK003	0.018	1.764	33.452	0.970
KPA001	7.860	6.510	98.280	0.210
KPA002	10.060	2.940	24.140	0.200
SRB001	14.310	0.220	45.860	0.050
SRB002	0.451	0.288	13.020	0.022
SNN001	1.960	4.810	93.150	0.230
SNN002	0.139	1.233	19.894	0.456
MSI001	2.590	3.670	117.440	0.340
FNG001	4.160	0.740	39.580	0.120
FNG002	0.154	0.929	51.628	0.434
LPA001	4.980	46.290	105.670	0.230
LPA002	0.164	3.927	59.274	0.280
STH001	4.680	7.980	185.520	2.880
STH002	0.228	1.018	39.294	0.324
KCB001	7.840	0.940	64.420	0.280
KCB002	4.120	0.590	66.470	0.090
LPA003	3.230	0.080	4.710	0.060
MAJ001	1.070	0.100	2.230	0.030
CKK001	0.178	0.140	4.261	0.030
TSK001	15.550	0.400	6.570	0.180
Limit of Detection (LOD)	0.145	0.040	0.020	0.010

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



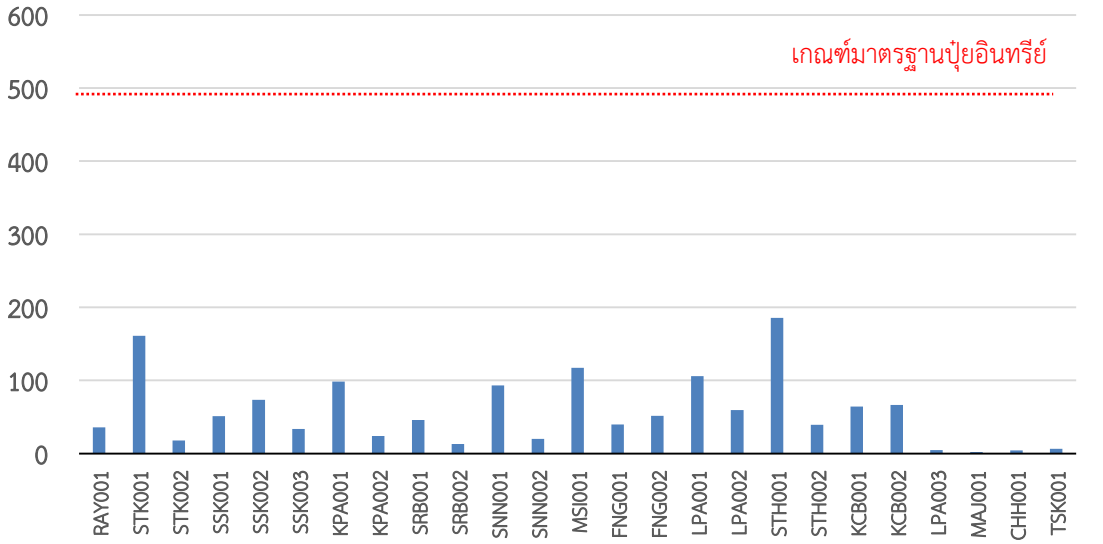
(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ภาพที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหนู (Arsenic, As) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก



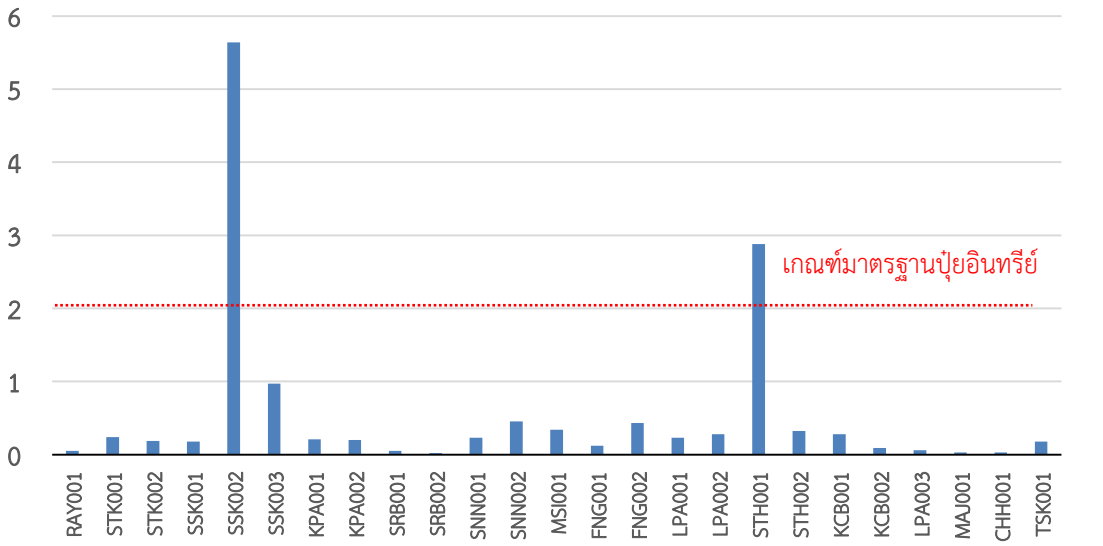
(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ภาพที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม (Cadmium, Cd) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก



(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ภาพที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว (Lead, Pb) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก



(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ภาพที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณปรอท (Mercury, Hg) ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

ตารางที่ 4-18 ผลวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

เกณฑ์มาตรฐาน	TSK001	KPA002	KCB002	STK002	SAR002	CKK001	SSK003	SNN002	STH002	LPA003	FNG002
ปริมาณอินทรียวัถตุ (≥20%)	42.07	29.17	7.20	13.44	20.72	6.20	39.32	29.85	37.08	34.11	36.04
ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) (≤20 : 1)	11.79	14.48	59.66	9.06	12.39	9.46	15.73	11.54	10.70	10.69	12.22
ค่าการนำไฟฟ้า (≤10 dS/m)	0.956	3.100	0.833	2.070	2.480	0.481	4.210	2.940	4.030	4.940	3.110
ค่าความเป็นกรด-ด่าง ≥5.5, ≤8.5	6.67	6.38	7.38	8.14	7.09	7.21	6.99	7.28	7.22	7.96	7.81
ไนโตรเจน : Total N (≥1%)	2.07	1.19	0.07	0.86	0.97	0.38	1.45	1.50	2.01	1.85	1.71
ฟอสฟอรัส : Total P_2O_5 (≥0.5%)	7.96	0.80	0.62	0.51	0.41	0.08	1.19	0.90	1.60	1.50	1.04
โพแทสเซียม :Total K_2O (≥0.5%)	0.25	0.70	0.25	0.48	1.57	0.18	0.93	0.85	1.28	1.71	1.20
การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ (≥80%)	29.27	0.00	64.74	100.00	54.56	81.57	0.00	32.87	16.77	86.76	59.21
โครเมียม (Cr) (<300 มก./กก.)	7.850	37.050	60.300	30.600	51.350	17.900	45.050	55.450	33.800	42.800	26.800
ทองแดง (Cu) (<500 มก./กก.)	98.550	124.300	105.600	114.850	81.800	16.800	91.500	226.800	151.950	299.900	132.550

4.2 ผลการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

การวิเคราะห์สารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินก่อนการทดสอบ พบสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ทำการทดสอบ จำนวน 7 ชนิด (ตารางที่ 4-19) พบว่าการผสมมูลวัวในอัตราส่วน 1:1 (C1) และ 1:3 (C2) จะทำให้สารที่ตรวจพบมีความเข้มข้นลดลง ยกเว้นสารพาราควอตที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารพาราควอตในมูลวัวที่นำมาทดสอบ (CD) สูงกว่าความเข้มข้นที่พบในวัสดุปรับปรุงดิน (C0) และสารไกลโฟเสทจะมีความเข้มข้นในระดับต่ำและตรวจไม่พบ (Nd) หลังการผสมมูลวัวในอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 ตามลำดับ

หลังการทดสอบ 30 วัน พบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชส่วนใหญ่ที่ตกค้างในวัสดุปรับปรุงดิน (C0) สามารถถูกย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ โดยไม่สามารถตรวจพบสารไกลโฟเสท และ เอเอ็มพีเอ ได้ในทุกกรรมวิธี ชี้ให้เห็นว่าสารทั้ง 2 ชนิดนี้ ถูกย่อยสลายโดยธรรมชาติภายใน 30 วันหลังการทดสอบ และผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบ 30 และ 60 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

สารคาร์เบนดาซิมในวัสดุปรับปรุงดิน (C0) ถูกย่อยสลายและลดลงโดยธรรมชาติในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 93.94 และไม่พบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4-20)

สารไซเปอร์เมทรินในวัสดุปรับปรุงดิน (C0) ถูกย่อยสลายและลดลงโดยธรรมชาติในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 42.86 การผสมมูลวัวในอัตราส่วน 1:1 (C1) และ 1:3 (C2) ช่วยให้มีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเฉลี่ยนร้อยละ 12.14 และ 17.14 ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4-21)

สารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดิน (C0) ไม่มีการย่อยสลายในสภาพปกติ การผสมมูลวัวในอัตราส่วน 1:1 (C1) และ 1:3 (C2) ช่วยให้มีการย่อยสลายเฉลี่ยร้อยละ 10.00 และ 15.30 ตามลำดับ ไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF (E1 และ E2) ช่วยให้มีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 3.12 และ 7.66 ตามลำดับ ไส้เดือนดินสายพันธุ์ ขี้ตาแร่ (P1 และ P2) ช่วยให้มีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 11.87 และ 19.91 ตามลำดับ (ตารางที่ 4-22)

สารแคดเมียมในวัสดุปรับปรุงดิน (C0) ถูกย่อยสลายและลดลงโดยธรรมชาติในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 41.84 การผสมมูลวัวในอัตราส่วน 1:1 (C1) และ 1:3 (C2) ช่วยให้มีการย่อยสลายเพิ่มขึ้น

เฉลี่ยร้อยละ 7.87 และ 5.14 ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4-23)

สารตะกั่วในวัสดุปรับปรุงดิน (C0) ถูกย่อยสลายและลดลงโดยธรรมชาติในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 18.29 การผสมมูลวัวในอัตราส่วน 1:1 (C1) และ 1:3 (C2) ช่วยให้มีการย่อยสลายเพิ่มขึ้น เฉลี่ยร้อยละ 32.97 และ 37.70 ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4-24)

ผลการทดสอบนี้ชี้ให้เห็นว่าในสภาพปกติโดยทั่วไปแล้วสารกำจัดศัตรูพืชและโลหะหนัก จะสามารถถูกย่อยสลายโดยธรรมชาติได้ โดยอาจย่อยสลายได้ทั้งหมดภายในเวลา 1-2 เดือน ขึ้นกับสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ การใช้ไส้เดือนดินจะช่วยให้การย่อยสลายสารพาราควอตเพิ่มขึ้น แต่ไม่ช่วยส่งเสริมการย่อยสลายของสารอื่น โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF จะเพิ่มการย่อยสลายสารพาราควอตได้ร้อยละ 3.2-11.87 ในอัตราส่วนการผสมกับมูลวัว 1:1 และ 1:3 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าสายพันธุ์ขี้ตาแร่ ที่เพิ่มการย่อยสลายสารพาราควอตได้ร้อยละ 7.66-19.91 ในอัตราส่วนการผสมกับมูลวัว 1:1 และ 1:3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-19 สารเคมีที่ตรวจพบในวัสดุปรับปรุงดินที่ใช้ทดสอบ

สารเคมี (มก./กก.)	**วัสดุปรับปรุงดิน (C0)**	**วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว 1:1 (C1)**	**วัสดุปรับปรุงดิน+มูลวัว 1:3 (C2)**	**มูลวัว (CD)**
Carbendazim	0.248	0.103	0.040	Nd*
Glyphosate	0.038	0.008	Nd	Nd
AMPA	0.025	0.005	Nd	Nd
Paraquat	0.135	0.200	0.245	0.36
Cypermethrin	0.070	0.025	0.013	Nd
Cadmium (Cd)	3.645	1.545	1.095	0.05
Lead (Pb)	44.983	27.887	20.713	2.38

* Nd (Not detected) หมายถึง ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4-20 ร้อยละเฉลี่ยของสารคาร์เบ็นดาซิม (Carbendazim) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

ระยะเวลาหลังเริ่มการทดสอบ	C0	C1	E1	P1	C2	E2	P2
30 วัน	90.91	70.73	90.24	90.24	100.00	100.00	100.00
60 วัน	96.97	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
เฉลี่ย	93.94	85.36	95.12	95.12	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 4-21 ร้อยละเฉลี่ยของสารไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

ระยะเวลาหลังเริ่มการทดสอบ	C0	C1	E1	P1	C2	E2	P2
30 วัน	46.43	60.00	30.00	30.00	100.00	100.00	100.00
60 วัน	39.29	50.00	60.00	60.00	20.00	40.00	20.00
เฉลี่ย	42.86	55.00	45.00	45.00	60.00	70.00	60.00

ตารางที่ 4-22 ร้อยละเฉลี่ยของสารพาราควอต (Paraquat) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

ระยะเวลาหลังเริ่มการทดสอบ	C0	C1	E1	P1	C2	E2	P2
30 วัน	0	12.50	11.25	25.00	18.37	18.37	33.67
60 วัน	0	7.50	15.00	18.75	12.24	27.55	36.73
เฉลี่ย	0	10.00	13.12	21.87	15.30	22.96	35.21

ตารางที่ 4-23 ร้อยละเฉลี่ยของ แคดเมียม (Cadmium) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

ระยะเวลาหลังเริ่มการทดสอบ	C0	C1	E1	P1	C2	E2	P2
30 วัน	50.82	54.90	44.14	57.25	60.16	42.51	61.69
60 วัน	32.85	44.50	19.58	34.30	33.79	18.72	31.28
เฉลี่ย	41.84	49.70	31.86	45.78	46.98	30.62	46.49

ตารางที่ 4-24 ร้อยละเฉลี่ยของ ตะกั่ว (Lead) ที่ลดลงหลังการทดสอบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

ระยะเวลาหลังเริ่มการทดสอบ	C0	C1	E1	P1	C2	E2	P2
30 วัน	36.57	58.08	58.69	59.59	63.61	64.54	66.38
60 วัน	0	44.43	64.19	39.96	48.36	62.44	65.26
เฉลี่ย	18.29	51.26	61.44	49.78	55.99	63.49	65.82

4.3 ผลการประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน

4.3.1 การทดสอบรูปแบบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบรูปแบบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายในวัสดุปรับปรุงดินโดยนำวัสดุปรับปรุงดินผสมกับมูลวัวแช่น้ำและตากแห้งในอัตราส่วน ร้อยละ 40:60 โดยน้ำหนัก แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนนำมาเลี้ยงไส้เดือนดิน ในอ่างพลาสติกทรงรี และ จัดวางขวดพลาสติกเจาะรูเป็นระยะ ๆ เพื่อระบายความร้อนภายในอ่างทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-25

ผลการวิเคราะห์สารตกค้างชี้ให้เห็นว่า มีสารตกค้างในวัสดุทดสอบก่อนการเติมไส้เดือนดินจำนวน 6 ชนิด และหลังจากเติมไส้เดือนดินผ่านไป 20 วัน พบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ขี้ตาแร่ (P) มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารพาราควอต ไดฟิโนโคลนาโซล และ ไดยูรอน ได้ร้อยละ 13.68 67.57 และ 50.00 ตามลำดับ ในขณะที่ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกัน ไนท์ คลอเรอร์ (AF) มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารพาราควอต และ ไดยูรอน ได้ร้อยละ 23.43 และ 65.96 ตามลำดับ แต่ไม่สามารถลดปริมาณสารไดฟิโนโคลนาโซลได้

ไส้เดือนทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่สามารถลดปริมาณสารหนู แคดเมียม และ ตะกั่วได้เลยเมื่อเทียบกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการก่อนหน้านี้ (ข้อ 4.2) ที่พบว่าแคดเมียมและตะกั่วสามารถย่อยสลายได้โดยธรรมชาติภายหลังการทดสอบที่ 30 วันเป็นต้นไป ผลการทดสอบนี้อาจจะเนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นกว่า (20 วัน) จึงยังไม่พบการลดลงของสารหนู แคดเมียม และ ตะกั่ว ในทางตรงกันข้ามกลับพบว่ามีความเข้มข้นที่สูงขึ้นในมูลไส้เดือนที่นำมาทดสอบ มากกว่าความเข้มข้นที่ตรวจพบในวัสดุทดสอบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการทางเคมีและชีวภาพภายในร่างกายของไส้เดือนดินทำให้

สารบางชนิดเกิดการย่อยสลายและเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้าง โดยเฉพาะการสกัดน้ำออกไป ส่งผลให้สารที่ตกค้างในมูลไส้เดือนมีความเข้มข้นสูงขึ้น

ตารางที่ 4-25 ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในการทดสอบรูปแบบการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชนในห้องปฏิบัติการ

สารตกค้าง	สายพันธุ์ P			สายพันธุ์ AF		
	ก่อนการทดสอบ*	หลังการทดสอบ 20 วัน*	ร้อยละของสารที่ลดลง	ก่อนการทดสอบ*	หลังการทดสอบ 20 วัน*	ร้อยละของสารที่ลดลง
Paraquat	0.32	0.27	13.68	0.25	0.19	23.43
Difenoconazole	0.02	0.01	50.00	0.02	0.02	0.00
Diuron	0.09	0.03	67.57	0.12	0.04	65.96
As	0.34	0.55	-61.67	0.57	0.91	-60.23
Cd	0.85	0.94	-10.59	0.91	0.94	-3.3
Pb	17.99	18.97	-5.45	16.42	20.12	-22.53

* ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่ตรวจพบจาก 4 ซ้ำ (หน่วย: มก./กก.)

4.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารพาราควอตในพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจรขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

4.3.2.1 การวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างจากพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล และบริเวณใกล้เคียง

ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดิน ดิน ดินตะกอน และน้ำในพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล และพื้นที่บริเวณใกล้เคียง แสดงในตารางที่ 4-26 และ 4-27

- พื้นที่โดยทั่วไปในบริเวณศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจรเทศบาลตำบลกำแพง ไม่พบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช ยกเว้นบริเวณพื้นที่ทิ้งวัสดุคงเหลือจากการคัดแยก ซึ่งพบว่ามีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน จำนวน 5 ชนิด คือ Ethion Cypermethrin Propiconazole Glyphosate และ Paraquat ในระดับ 0.01 0.14 0.02 0.03 และ 0.42 มก./กก. ทั้งนี้อาจเกิดจากการสะสมของสารดังกล่าวจากวัสดุคงเหลือที่นำมาทิ้ง (ตารางที่ 4-26)

ตารางที่ 4-26 ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างจากศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

สารเคมี	แหล่งตัวอย่าง					
	วัสดุปรับปรุงดิน	ดินเตรียมเป็นสวนเกษตร	ดินพื้นที่ทิ้งวัสดุคงเหลือ	ดินสวนสน	น้ำในบ่อพักบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (บ่อ 4)	น้ำในบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (บ่อ 4)
1. สารกำจัดแมลง						
Ethion	Nd*	Nd	0.01	Nd	Nd	Nd
Cypermethrin	Nd	Nd	0.14	Nd	Nd	Nd
2. สารกำจัดโรคพืช						
Propiconazole	Nd	Nd	0.02	Nd	Nd	Nd
3. สารกำจัดวัชพืช						
Glyphosate	Nd	Nd	0.03	Nd	Nd	Nd
AMPA	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Paraquat	Nd	Nd	0.42	Nd	Nd	Nd
Bromacil	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Diuron	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
4. โลหะหนัก						
As	11.97	7.44	3.38	8.91	0.01	0.0069
Cd	0.2	0.31	16.97	<0.13	Nd	Nd
Pb	14.92	18.92	60.53	17.44	Nd	Nd

* Nd (Not detected) หมายถึง ตรวจไม่พบ

- พื้นที่โดยทั่วไปภายนอกศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจรเทศบาลตำบลกำแพง พบการตกค้างของสารกำจัดวัชพืช 4 ชนิด โดยพบการปนเปื้อนของสารพาราควอตในดินจากสวนยางพาราที่มีการนำวัสดุปรับปรุงดินจากศูนย์กำจัดขยะฯ ไปใช้ ในระดับความเข้มข้น 0.02-0.22 มก./กก. อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปได้ว่าการปนเปื้อนดังกล่าวเกิดจากการใช้วัสดุปรับปรุงดินหรือไม่ เช่นเดียวกับการปนเปื้อนในดินตะกอนจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (ฝายน้ำล้น) ซึ่งพบการปนเปื้อนของสารพาราควอต ในระดับความเข้มข้น 0.08 มก./กก. ในขณะที่ตัวอย่างน้ำ พบการปนเปื้อนของสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พาราควอต ได้แก่ Bromacil และ Diuron ในระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.15 มก./ล. ตามลำดับ (ตารางที่ 4-27)

- ดินจากพื้นที่ทิ้งวัสดุคงเหลือจากโรงคัดแยกขยะ มี แคดเมียม และตะกั่ว ปนเปื้อนสูงกว่าดินจากบริเวณอื่นในบริเวณศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร และดินจากบริเวณศูนย์กำจัดขยะครบวงจรมีแคดเมียม และตะกั่ว สูงกว่าดินนอกพื้นที่ศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร

ตารางที่ 4-27 ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างจาก พื้นที่บริเวณใกล้เคียงศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

สารเคมี	แหล่งตัวอย่าง			
	ดินสวนยางพารา 1	ดินสวนยางพารา 2	น้ำฝายน้ำล้นบ้านนาพญา (ห้วยตะเคียน)	ดินตะกอนฝายน้ำล้นบ้านนาพญา (ห้วยตะเคียน)
1. สารกำจัดวัชพืช				
AMPA	<0.02	<0.02	Nd	<0.02
Paraquat	0.22	0.02	Nd	0.08
Bromacil	Nd	Nd	0.1	Nd
Diuron	Nd	Nd	0.15	Nd
2. โลหะหนัก				
As	1.08	9.17	<0.0010	1.88
Cd	<0.13	0.2	Nd	Nd
Pb	3.19	7.8	<0.0010	9.96

4.3.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบก่อนหน้านี้ (ข้อ 4.2 และ 4.3.1) พบว่าสารตกค้างส่วนใหญ่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติเมื่อเวลาผ่านไปอย่างน้อย 30 วัน ยกเว้นสารพาราควอต และการทดสอบในระยะ 20 วัน พบว่าโลหะหนักจะไม่ถูกย่อยสลายทั้งในกรณีที่มีและไม่มีไส้เดือนดิน การทดสอบนี้จึงทำการวิเคราะห์สารพาราควอตเพียงชนิดเดียว และเพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้จึงทดสอบในระยะ 20 วันเพื่อให้เห็นผลในการย่อยสลายในระยะสั้นที่สุด

การทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล ระหว่างวันที่ 5-25 กุมภาพันธ์ 2562 โดยผสมวัสดุปรับปรุงดินกับมูลวัวที่แช่น้ำแล้วตากแห้ง ในอัตราส่วนร้อยละ 30:70 โดยน้ำหนัก แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน ในอ่างทดสอบพลาสติกทรงรี ที่จัดวางขวดพลาสติกเจาะรูเพื่อระบายความร้อน พบว่าไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความสามารถในการลดปริมาณสารพาราควอตที่ปนเปื้อนในตัวอย่างทดสอบได้ใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 36.26-37.00 (ตารางที่ 4-28)

ผลการทดสอบนี้สรุปได้ว่ารูปแบบการนำไส้เดือนดินไปใช้ในการย่อยสลายสารพาราควอตตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินจากขยะชุมชน คือ การนำวัสดุปรับปรุงดินมาผสมกับมูลวัวแช่น้ำและตากแห้งในอัตราส่วนร้อยละ 30:70 โดยน้ำหนัก จำนวน 30 กก. แช่น้ำไว้ 1 คืน แล้วใส่ไส้เดือนดิน สายพันธุ์ขี้ตาแร่ หรือ แอฟริกัน ไนท์ คลอเรอร์ จำนวน 1 กก. จะสามารถลดปริมาณสารพาราควอตตกค้างลงได้ร้อยละ 36-37 ภายใน 20 วัน และจากเทคนิคการวางขวดพลาสติกเจาะรูเพื่อระบายความร้อน และเพิ่มการหมุนเวียนของอากาศภายในอ่างทดสอบที่มีความสูง 30 ซม. ทำให้ไม่มีน้ำส่วนเกินไหลออกสู่ภายนอก ไม่เกิดสภาวะไร้ออกซิเจนบริเวณพื้นล่างของอ่างทดสอบ รวมทั้งการปรับอัตราส่วนวัสดุทดสอบให้มีปริมาณมูลวัวสูงถึง ร้อยละ 70 ทำให้ไส้เดือนดินอาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี จึงอาจเป็นสาเหตุที่ผลการทดสอบนี้พบว่าสารพาราควอตย่อยสลายได้ดีกว่าการทดสอบที่ผ่านมา

ตารางที่ 4-28 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการลดสารพาราควอตตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

กรรมวิธี	ความเข้มข้นของสารพาราควอต* (มก.กก.)		ร้อยละที่ลดลง
	ก่อนการทดสอบ	หลังการทดสอบ 20 วัน	
ไส้เดือนสายพันธุ์ขี้ตาแร่	0.228	0.145	36.26
ไส้เดือนสายพันธุ์แอฟริกัน ไนท์ คลอเรอร์	0.250	0.158	37.00

* ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่ตรวจพบจาก 4 ซ้ำ

4.4 แนวทางการแก้ไขผลกระทบจากสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร

ผลการหารือแนวทางการแก้ไขการลดปริมาณสารตกค้างในปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดินจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร หลังการรายงานผลการศึกษาสารตกค้างที่ตรวจพบในปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดินขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแต่ละแห่ง มีดังนี้

4.4.1 เทศบาลเมืองสุโขทัยธานี จังหวัดสุโขทัย

เทศบาลเมืองสุโขทัยธานีขอความร่วมมือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในท้องที่ที่รับผิดชอบให้มีการจัดการขยะอันตรายโดยดำเนินการคัดแยกตั้งแต่ต้นทาง และทางศูนย์กำจัดขยะจะทำการปรับปรุงกระบวนการหมัก โดยเพิ่มการกลับกองเติมอากาศให้กับกองขยะและเพิ่มระยะเวลาในการหมักให้เหมาะสม ทั้งนี้สารปรับปรุงดินที่ผลิตมาแล้วมีการปนเปื้อนโลหะหนัก (ปรอท) แต่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพืช ซึ่งสามารถนำไปใช้กับการปลูกต้นไม้ที่ไม่ใช่พืชอาหาร หรือบริเวณที่ต้องการปรับปรุงสภาพดิน โดยทางเทศบาลเมืองสุโขทัยจะระบุเพิ่มเติมบนบรรจุภัณฑ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจสำหรับผู้นำไปใช้งานก่อนทำการแจกจ่าย

4.4.2 องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง

องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปางมีงบประมาณในการจัดการขยะอันตราย โดยกำหนดนัดวันที่องค์กรปกครองแต่ละแห่งในจังหวัดลำปาง จะนำขยะอันตรายมาส่ง เดือนละ 1 ครั้ง เพื่อรวบรวมส่งไปกำจัดยังบริษัท เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน จำกัด (มหาชน) จ.สระบุรี จึงขอความร่วมมือให้มีการคัดแยกขยะจำพวก ถ่านไฟฉาย ตลับเครื่องสำอางใช้แล้วออกจากขยะชุมชน และให้มารวมอยู่ในขยะอันตราย และมีแนวทางจัดประกวดและมอบรางวัลแก่องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นที่สามารถจัดการขยะที่ต้นทางอย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของปุ๋ยหรือวัสดุปรับปรุงดินที่ผลิตมาแล้วมีการปนเปื้อนโลหะหนัก (แคดเมียม) แต่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพืช จะดำเนินการแจกจ่ายหรือนำไปใช้ในการปรับปรุงดินเสื่อมโทรม ใส่ในป่ารกร้าง ที่ไม่ใช่บริเวณป่าต้นน้ำ

4.4.3 เทศบาลตำบลเวียงฝาง จังหวัดเชียงใหม่

เทศบาลตำบลเวียงฝางจะดำเนินการบริหารจัดการร่วมกับองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการให้ความรู้ และขอความร่วมมือในการคัดแยกขยะที่ต้นทาง การจัดการขยะอินทรีย์ตามบ้านเรือน และการจัดการทางด้านการใช้ยาปราบศัตรูพืช สารกำจัดโรคพืช ในทางการเกษตร ที่นิยมนำมาใช้ในสวนส้ม ซึ่งเป็นผลไม้ในท้องถิ่นของอำเภอฝาง นอกจากนี้ศูนย์กำจัขยะฯ จะปรับปรุงกระบวนการหมักปุ๋ย โดยการให้ความชื้น การฉีดพ่น EM กลับกองเติมอากาศให้กับกองปุ๋ย และเพิ่มระยะเวลาในการหมัก

4.4.4 เทศบาลตำบลกำแพง จังหวัดสตูล

เทศบาลตำบลกำแพง จะดำเนินการตรวจวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดินเพิ่มขึ้น ประมาณ 6 ครั้ง/ปี (ขึ้นอยู่กับการจัดสรรงบประมาณ) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ และเฝ้าระวังการนำวัสดุปรับปรุงดินไปใช้ และประสานกับทางเกษตรจังหวัด เพื่อขอรับ พ.ด. มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการหมัก โดยเป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ให้กับกองขยะ และเพิ่มระยะเวลาในการหมักให้เหมาะสม

4.4.5 องค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน จังหวัดกาญจนบุรี

องค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน จะดำเนินการนำขยะเก่าในพื้นที่มาทำโรงไฟฟ้า โดยมีต้นแบบจากประเทศจีน โดยทางเทศบาลขอความร่วมมือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในท้องที่ที่รับผิดชอบในการขนส่งขยะเข้ามายังศูนย์กำจัดขยะให้ตรวจสอบรถบรรทุกขยะ เพื่อไม่ให้มีน้ำขยะหกรั่วไหล และถุงพลาสติกตกหล่นออกมาจากรถ และจำกัดความเร็วของรถบรรทุกขยะในการนำขยะมาส่ง เพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่ตลอดเส้นทางขนส่งขยะ

4.4.6 เทศบาลเมืองสระบุรี

เทศบาลเมืองสระบุรีมีการดำเนินการคัดแยกขยะอินทรีย์ให้ได้ร้อยละ 100 เพื่อทำปุ๋ยหมัก และจากการรายงานผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวอย่างปุ๋ยของเทศบาลเมืองสระบุรีมีค่าธาตุอาหารไม่เพียงพอ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการลดปริมาณมูลวัวที่ใช้ในการผสมในขั้นตอนการหมักปุ๋ย โดยทางเทศบาลจะดำเนินการผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม

4.4.7 เทศบาลตำบลสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

เทศบาลตำบลสูงเนิน มีการดำเนินการลดขยะอันตรายในพื้นที่ด้วยการนำแผ่นป้ายไวนิลที่ไม่ได้ใช้งานแล้วมาเย็บทำเป็นถุง และพ่วงท้ายไปกับรถขยะ เพื่อดำเนินการเก็บทุกวัน โดยที่ประชาชน

ไม่ต้องเก็บขยะอันตรายไว้ภายในบ้าน และนำขยะอันตรายมารวบรวมที่เทศบาลตำบลสูงเนินก่อนทำการส่งให้กับทางองค์การบริหารส่วนจังหวัดตามเวลาที่กำหนด ทางศูนย์กำจัดขยะจะทำการปรับปรุงกระบวนการหมัก โดยเพิ่มการกลับกองเติมอากาศให้กับกองขยะ และเพิ่มระยะเวลาในการหมักให้เหมาะสม เพื่อให้วัสดุปรับปรุงดินได้มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

4.4.8 เทศบาลตำบลสตึก จังหวัดบุรีรัมย์

เทศบาลตำบลสตึกขอความร่วมมือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในท้องที่ที่รับผิดชอบให้มีการดำเนินการคัดแยกตั้งแต่ต้นทาง การคัดแยกขยะอันตราย และเสนอแนวทางการลดปริมาณขยะมูลฝอย ด้วยนโยบายจังหวัดสะอาด หลัก 3Rs โดยมีการจัดกิจกรรมต่างๆ ภายในชุมชน เช่น การทำน้ำหมักชีวภาพจากขยะอินทรีย์ การทำถังข้าวหมู เก็บเศษอาหารจากร้านอาหาร/บ้านพักอาศัย การเลี้ยงไส้เดือน เป็นต้น

4.4.9 เทศบาลเมืองศรีสะเกษ

เทศบาลเมืองศรีสะเกษได้หารือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในท้องที่ที่รับผิดชอบในที่ประชุม ได้ข้อสรุปดังนี้

1) การย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ของวัสดุปรับปรุงดินของทางเทศบาลเมืองศรีสะเกษจะดำเนินการปรับปรุงกระบวนการหมัก โดยนำวัสดุปรับปรุงดินที่ได้จากการกระบวนการหมักด้วยเครื่องกวน (NBT) มาเพิ่มระยะเวลาในการหมัก และควบคุมความชื้น และอุณหภูมิให้เหมาะสม

2) มีการรณรงค์ และประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้กับประชาชนในการคัดแยกขยะที่ต้นทาง และขยะอันตราย เพื่อลดการปนเปื้อนของสารตกค้าง และการนำร่องโครงการตามโรงเรียนในพื้นที่เทศบาลเมืองศรีสะเกษ

3) นำผลการศึกษาใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับไปที่ต้นทางในการหามาตรการทางด้านกฎหมายของการนำเข้าสารเคมีในพื้นที่ การแบ่งพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชที่จำเป็นต้องใช้สารเคมีในการปลูก

บทที่ 5

บทสรุป

การวิเคราะห์สารตกค้างของสาร 2 กลุ่ม ได้แก่ สารกำจัดศัตรูพืช จำนวน 133 ชนิด และโลหะหนัก จำนวน 4 ชนิด ในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก จากศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรและแหล่งอื่น ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2560 ถึง เมษายน 2561 จำนวน 25 ตัวอย่าง พบว่าทุกตัวอย่างมีการปนเปื้อนของสารอันตรายทั้ง 2 กลุ่ม โดยชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบนั้นแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาของวัสดุที่นำมาใช้ผลิตวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก เช่น ในพื้นที่ที่มีวัสดุและซากพืชจากการเกษตรเป็นแหล่งหลักของขยะชุมชน จะพบว่ามีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินมากกว่าในพื้นที่อื่น และตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ได้จากแหล่งอื่นที่ไม่ปะปนกับขยะชุมชนจะมีชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างน้อยกว่าตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินที่ได้จากขยะชุมชน

สารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบได้ จำนวน 35 ชนิด แบ่งเป็นสารกำจัดวัชพืช จำนวน 10 ชนิด สารกำจัดแมลง จำนวน 16 ชนิด และสารกำจัดโรคพืช จำนวน 9 ชนิด พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชที่พบบ่อยที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ พาราควอต (Paraquat), ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin), อิมิดาคลอพริด (Imidacloprid), ไกลโฟเสท (Glyphosate), คาร์เบนดาซิม (Carbendazim), คลอร์ไพริฟอส (Chlorpyrifos) , ทูโฟดี (2,4-D), ไดฟีโนโคนาโซล (Difenoconazole) , อามีทรีน (Ametryn) และ ไบเฟนทริน (Bifentrin) ซึ่งสามารถตรวจพบได้ร้อยละ 92.31, 73.08, 50.00, 42.31, 38.46, 34.62, 30.77, 23.08, 23.08 และ 23.08 ตามลำดับ ซึ่งแหล่งที่มาของสารเหล่านี้อาจได้มาจากทั้งทางการเกษตร สาธารณสุข (ในบ้านเรือน) และการใช้ทั่วไปโดยหน่วยงานท้องถิ่นและอื่น ๆ

โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และ ปรอท (Hg) พบว่าสารทั้ง 4 ชนิด มีการปนเปื้อนในตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะชุมชนมากกว่าตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่มาจากแหล่งอื่น ทั้งชนิดและปริมาณ และตรวจพบตัวอย่างที่มีค่าแคดเมียมและปรอทสูงกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2547 1.6-5.1 และ 0.5-2.8 เท่า ตามลำดับ

การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปรับปรุงดินตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าวัสดุปรับปรุงดินส่วนใหญ่มีค่าองค์ประกอบของสารอินทรีย์และค่าธาตุอาหารผ่านเกณฑ์ ในขณะที่ค่าการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์ ชี้ให้เห็นว่าหากมีการหมักขยะที่ย่อยสลายได้ให้เป็นไป

ตามกระบวนการอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ รวมถึงการกำจัดสารอันตรายออกจากขยะเหล่านี้ได้ ก็จะสามารถนำวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักที่ได้จากศูนย์กำจัดขยะมาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชได้เป็นอย่างดี และเป็นการนำทรัพยากรมาใช้ได้อย่างยั่งยืนและคุ้มค่า

การทดสอบการประยุกต์ใช้ไส้เดือนดินเพื่อลดปริมาณสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล โดยผสมวัสดุปรับปรุงดินกับมูลวัวที่แช่น้ำแล้วตากแห้งในอัตราส่วน ร้อยละ 30:70 โดยน้ำหนัก จำนวน 30 กก. แล้วแช่น้ำ 1 คืน ในอ่างทดสอบพลาสติกทรงรี ที่จัดวางขวดพลาสติกเจาะรูเพื่อระบายความร้อน และใช้ไส้เดือนดินในอัตรา 1 กก. พบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF (African night crawler, *Eudrilus eugeniae*) จะย่อยสลายสารพาราควอตได้ร้อยละ 37 ไส้เดือนดินสายพันธุ์ขี้ตาแร่ (*Perionix* sp.) จะย่อยสลายสารพาราควอตได้ร้อยละ 36.26 จะย่อยสลายสารพาราควอตได้ร้อยละ 36.26 ภายใน 20 วัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการหารือแนวทางการแก้ไขเพื่อลดผลกระทบจากสารตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมักจากศูนย์กำจัดขยะครบวงจร สรุปได้ดังนี้

1. การรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และให้ความรู้กับประชาชนในด้านการตกค้างของสารอันตรายในวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อให้เกิดการคัดแยกขยะต้นทางตามหลัก 3 Rs โดยเฉพาะขยะอันตราย โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทุกแห่งดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บขยะอันตรายมากขึ้นด้วย
2. การปรับปรุงกระบวนการผลิตปุ๋ยจากขยะชุมชนให้เป็นไปตามข้อกำหนด เช่น การให้ความชื้น การเติมอากาศ การเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ด้วย EM เพิ่มระยะเวลาการหมักที่เหมาะสม รวมไปถึงการจัดสรรงบประมาณเพื่อตรวจวัดระดับสารปนเปื้อนในวัสดุปรับปรุงดินเป็นประจำ
3. การกำหนดให้มีการติดข้อความบนวัสดุปรับปรุงดินที่จะนำไปแจกจ่าย หรือ ขายให้กับประชาชน โดยให้ระบุแหล่งที่ผลิต ข้อควรระวัง และ ข้อจำกัดในการใช้ เช่น ห้ามใช้กับพืชที่นำมาบริโภค ห้ามใช้ในพื้นที่สวนหย่อม พื้นที่สันทนาการ เพื่อป้องกันการหลุดรอดและปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมอื่นๆ
4. การปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น การนำเข้าสารเคมี เพื่อตัดปัญหาตั้งแต่ต้นทาง
5. ส่งเสริมให้มีการนำไส้เดือนดินไปใช้ในการบำบัดสารตกค้างทั้งในสภาพไร่ และการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. 2561. **รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561.** สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/Waste/Wst2018.pdf เมื่อเดือนสิงหาคม 2562.

[2] กรมควบคุมมลพิษ. **แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559 – 2564.** สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/waste/Roadmapbook.pdf?CFID เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[3] กรมควบคุมมลพิษ. **Road Map การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย 2557.** สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/waste/Roadmapbook.pdf?CFID เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[4] กรมควบคุมมลพิษ. **แผนปฏิบัติการประเทศไทยไร้ขยะ ตามแนวทางประชารัฐ ระยะ 1 ปี (พ.ศ. 2559 – 2560)**. กรุงเทพฯ : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

[5] กรมประชาสัมพันธ์ของรัฐบาลไทย. **นโยบายประเทศไทย 4.0 ที่จะเป็นกลไกเพื่อการปฏิรูปประเทศ**. สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561.

[6] **รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550.** สืบค้นจาก http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/A/040/1.PDF เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[7] **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535.** สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/file/Info_act40/9_5/NEQA2535v5.pdf เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[8] **พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560.** สืบค้นจากhttp://laws.anamai.moph.go.th/ewtadmin/ewt/laws/main.php?filename=1HLaws2016 เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[9] **พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 และ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2560**. สืบค้นจาก http://library2.parliament.go.th/giventake/content_nla2557/law5-150160-1.pdf เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[10] **พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535**. สืบค้นจาก http://www.acfs.go.th/km/download/act_factory_2535.pdf เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[11] **พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2552**. สืบค้นจาก http://www.thongthinlaws.com/2015/03/2542.html เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[12] **พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2528**. สืบค้นจาก http://www.local.moi.go.th/2009/pdf/p.bangkok2528.pdf เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[13] **พระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัด พ.ศ. 2540**. สืบค้นจาก http://hydrolaw.thaiwater.net/web/ เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[14] **พระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496**. สืบค้นจาก http://udoncity.dungbhumi.com/public4/content เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[15] **พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537**. สืบค้นจาก http://hydrolaw.thaiwater.net/web/ เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[16] **พระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการเมืองพัทยา พ.ศ. 2521**. สืบค้นจาก https://www.baanwan.go.th/www/file/law/file6.42.pdf เมื่อเดือนเมษายน 2561.

[17] กรมควบคุมมลพิษ. 2552. **คู่มือการทำปุ๋ยหมักจากขยะมูลฝอย (Composting)**. กรุงเทพฯ : ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล สำนักจัดการกากของเสียอันตราย กรมควบคุมมลพิษ.

[18] ธเรศ ศรีสถิตย์. 2558. **วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน.** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

[19] MOEA: Reduce, Reuse, Recycle Definitions, http://www.moea.state.mn.us/reduce/ rrr_defs.cfm สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[20] Solid Waste Management Sourcebook, http://www.unep.or.jp/ietc/estdir/pub/msw/ sp/sp4/ sp4_1.asp สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[21] How to Make Compost, a Compost Guide, http://www.compostguide.com สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[22] Composting Process, http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[23] Composting for Home Gardens, http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-8100.html สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[24] Composting Fundamentals, http://www.cyber-north.com/gardening/compost.html สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[25] Master Composter Resource Manual, Metro Toronto Home Composting Education Project, January 1992 สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[26] http://www.doa.go.th/human/other_48/organic.pdf สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[27] http://www.klickitatcounty.org/SolidWaste/ontentROne.asp?fContentIdSelecte d=1939319116&fCategoryIdSelected=965105457 สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[28] http://vegweb.com/composting/systems.shtml สืบค้นเมื่อเดือนเมษายน 2561

[29] กรมวิชาการเกษตร. **มาตรฐานปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ในประเทศไทย.** สืบค้นเมื่อเดือนกรกฎาคม 2561

[30] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2245 สืบค้นเมื่อเดือนพฤษภาคม 2561

[31] กรมควบคุมมลพิษ. 2552. **การกำจัดขยะมูลฝอย แบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)**. กรุงเทพฯ : ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย.

[32] ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. **การจัดการขยะแบบผสมผสาน (Solid Waste Management: ISWM)**. สืบค้นจากhttp://biomass.sut.ac.th/biomass/?page=WebInfoMenu/webInfoShow&id=18 เมื่อเดือนพฤษภาคม 2561

[33] ธีรศักดิ์ เสภากล่อม. 2552. พลังงานจากขยะ การเพิ่มมูลค่าจากสิ่งเหลือทิ้ง. สืบค้นจาก http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=9571 สืบค้นเมื่อเดือนพฤษภาคม 2561

[34] Kearney, P.C. (1998) Disposal options based on properties of pesticides in soil and water. pp. 35-54. *In* P. Kearney and T. Roberts (Eds), Pesticide Remediation in Soil and Water. John Wiley & Sons Ltd., 381 pp.

[35] Vidali, M. (2001) Bioremediation. An overview. Pure Appl. Chem., 73(7): 1163-1172.

[36] อานัฐ ตันโช. 2561. **คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และการเลี้ยงหนอนแม่โจ้**. เชียงใหม่ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[37] อภิชาติ ศรีสะอาด, ศุภวรรธณ์ ใจแสน. 2553. **คู่มือการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนเงินล้าน**. กรุงเทพฯ : นาคา อินเตอร์มีเดีย.

[38] อภิชาติ ศรีสะอาด, พัชรี สำโรงเย็น. 2558. **แนวทางและแบบอย่างการผลิต มูลไส้เดือนยุคใหม่ให้รวย**. กรุงเทพฯ : นาคา อินเตอร์มีเดีย.

[39] Sinha, R.K., S. Hirat, D. Valani and K. Chauhan. (2010) Earthworms – the environmental engineers: review of vermiculture technologies for environmental management and resource development. International Journal of Global Environmental Issues. Griffith Research online

[40] Satchell, J.E. (1983) Earthworm Ecology: from Darwin to vermiculture. Chapman & Hall, London, pp. 1-5.

[41] Wang, Z.W. (2000) Research advancs in earthworms bioengineering technology. Medica: 31(5): 386-389.

[42] Remteke, P.W. and Hans, R.K. (1992) Isolation of hexachlorocyclohexane (HCH) degrading microorganisms from earthworm gut. Environmental Science & Health: 27(8): 2113-2122.

[43] Ireland, M.P (1983) Heavy metals uptake in earthworms. *In* J.E. Satchell. (Ed.) Earthworm Ecology: from Darwin to vermiculture. Chapman & Hall, London, pp. 247-266

[44] Martinucci, G.B., P. Crespi, P. Omodeo, G. Osella and G. Traldi. Earthworms and TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxinX in Seveso. *In* J.E. Satchell. (Ed.) Earthworm Ecology: from Darwin to vermiculture. Chapman & Hall, London, pp. 275-284.

[45] Bhawalker, U.S. (1995) Vermiculture Eco-technology. Bhawalker Earthworm Research Institute (BERI), Pune, India.

[46] Safawat, H., S. Hanna, R.W. Weaver. (2002) Earthworms survival in oil contamina-ted soil. Plant and Soil: 240: 127-132

[47] Hartenstein, R., E.F. Neuhauser, and J. Collier. (1980) Accumulation of heavy metals in the earthworm *E. foetida*. Environmental Quality: 9; 23-26.

[48] Davis, B. (1971). Laboratory studies on the uptake of dieldrin and DDT by earthworms. Soil Biology and Biochemistry: 3: 221-223.

[49] Haimi, J., J. Salminen, V. Huntha, J. Knuutinen and H. Plam. (1992) Bioaccumula-tion of organochlorine compounds in earthworms. Soil Biology and Biochemistry: 24(12): 1699-1703.

[50] Eijackers, H., C.A.M. Van Gestel, S. De Jonge, B. Muijis, and D. Slijkerman (2001) PAH-polluted drege peat sediments and earthworms: a mutual inference. Ecotoxicology: 10:35-50.

[51] Gevao, B. C. Mordaunt, K.T. Semple, T.G. Piearce and K.C. Jones. (2001) Bioavai-lability of non-extractable (bound) pesticide residues ti earthworms. Envi, Sci, Tech.: 35; 501-507.

[52] Bolan, M.S. and S. Baskaran. (1996) Characteristics of earthworm casts affecting herbicide sorption and movement. Biological Fertility of Soils: 22; 367-372.

[53] Lowe, C.N. and K.R. Butt. (2003) Inocukation of earthworms into reclaimed soils: experiences from Britain. Proc. Of Ninth International Waste Management and Landfill Symposium.

[54] Butt, K.R., C.N. Lowe, J. Frederickson, and A.J. Moffat. (2004) The development of sustainable earthworm populations at Calvert landfill site, UK. Land Degradation and Development: 15; 27-36

ภาคผนวก ก

ศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจร

ศูนย์กำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจร

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	ผู้ให้ข้อมูล
1	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมแบบครบวงจร จังหวัดระยอง	หมู่ที่ 3 ตำบลน้ำคอก อำเภอเมือง จังหวัดระยอง	1. คุณหนึ่งฤทัย ล้ำสุทธิ ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ CSR เบอร์โทรศัพท์ 0874874788 2. คุณตันหยง สิลมัฐ ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ด้านคุณภาพ เบอร์โทรศัพท์ 0992210585
2	ศูนย์จัดการมูลฝอยรวมแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสตึก	บ้านหนองเกาะ หมู่ที่ 8 ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์	คุณสตรีรัตน์ กล่อมเชาวนันท์ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เบอร์โทรศัพท์ 0948826382
3	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองศรีสะเกษ	ชุมชนหนองสาด หมู่ที่ 4 ตำบลหนองครก อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ	นายประดิษฐ์ เควันดี รักษาการในตำแหน่ง ผู้อำนวยการส่วนช่างสุขาภิบาล เบอร์โทรศัพท์ 0864600580
4	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลกำแพง	บ้านนาพญา หมู่ที่ 8 ตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล	คุณสมศักดิ์ เหมรา ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เบอร์โทรศัพท์ 0815531348
5	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองสระบุรี	หมู่ 11 ตำบลพุแค อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี	คุณเนตรนภา ทองเกลี้ยง ตำแหน่ง นักวิชาการสุขาภิบาล เบอร์โทรศัพท์ 0982837212 E-mail: netr_san@hotmail.com
6	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสูงเนิน	บ้านปางเต้ หมู่ที่ 13 ตำบลสูงเนิน อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา	คุณคัมภิรัตน์ แก้วสุวรรณ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกองสาธารณสุข เบอร์โทรศัพท์ 0815935582 E-mail: namwater2510@gmail.com
7	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลแม่สาย	บ้านป่าเหมือด หมู่ 5 ตำบลเวียงพางคำ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย	ดร.วรรณปกรณ์ สุดตะนา ตำแหน่ง หัวหน้าบริหารสาธารณสุข
8	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย	หมู่ 13 ตำบลเวียง	คุณวนิดา นกทอง

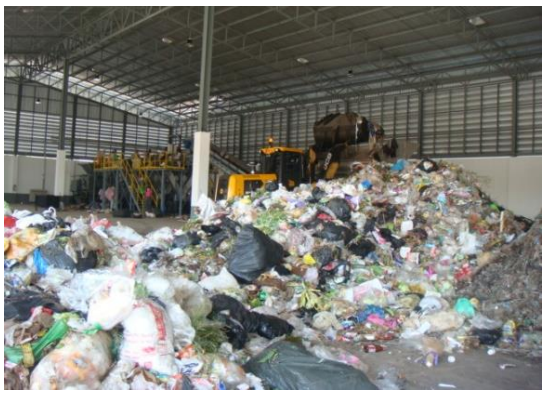
ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	ผู้ให้ข้อมูล
	ตามหลักสุขาภิบาล เทศบาลตำบลเวียงฝาง	อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่	ตำแหน่ง ผู้ช่วยนักวิชาการสิ่งแวดล้อม เบอร์โทรศัพท์ 0833206106 E-mail: anny_wanida2536@hotmail.com
9	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรขององค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง	หมู่ 5 ตำบลต้นธงชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง	1. คุณเฉลิมพล มิ่งเชื้อ ตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายสาธารณภัยและสิ่งแวดล้อม เบอร์โทรศัพท์ 0857111357 2.-คุณไกรศักดิ์ จันทรสุกรี ตำแหน่ง ผู้จัดการศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร จ. ลำปาง (บริษัท วีพีเอ็น คอลเล็คชั่นส์ จำกัด) เบอร์โทรศัพท์ 0897554409
10	ศูนย์กำจัดมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล เทศบาลเมืองสุโขทัยธานี	หมู่ 2 ตำบลตาลเตี้ย อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย	คุณเชาวฤทธิ์ ศรีเมือง ตำแหน่ง นักวิชาการสุขาภิบาล เบอร์โทรศัพท์ 0896416716
11	ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจร องค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน	หมู่ 5 ตำบลแก่งเสี้ยน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี	คุณสุภาพร อินทบุตร ตำแหน่ง นักพัฒนาชุมชน เบอร์โทรศัพท์ 0954153235
12	ศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร องค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก	ถนนเพชรเกษม ตำบลทับสะแก อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	นายโพสิทธิ์ เครือวัลย์ ตำแหน่ง รองนายก อบต. ทับสะแก เบอร์โทรศัพท์ 0969499793

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมแบบครบวงจรจังหวัดระยอง

ศูนย์จัดการมูลฝอยรวมแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสตึก จังหวัดบุรีรัมย์

environmental.com

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองศรีสะเกษ



JCB
JCB

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลตำบลกำแพง จังหวัดสตูล

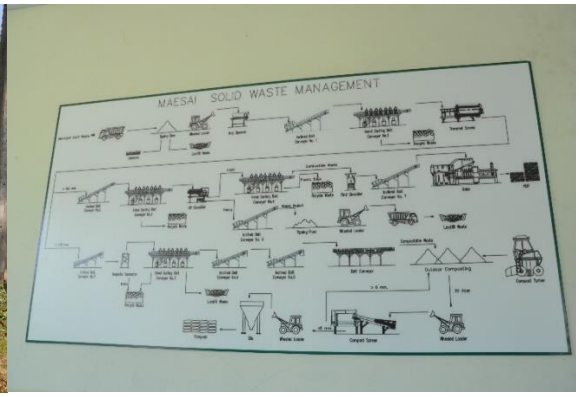
ประกาศเกียรติคุณนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
เทศบาลตำบลกำแพง จังหวัดสตูล
เป็นแหล่งเรียนรู้ต้นแบบ
"การจัดการขยะมูลฝอยครบวงจร"
ให้ไว้ ณ วันที่ ๖ กันยายน ๒๕๖๐
นายสากล ฐิยะกุล
อธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

แปลงเกษตรสาธิต

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองสระบุรี

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจรเทศบาลตำบลแม่สาย จังหวัดเชียงราย

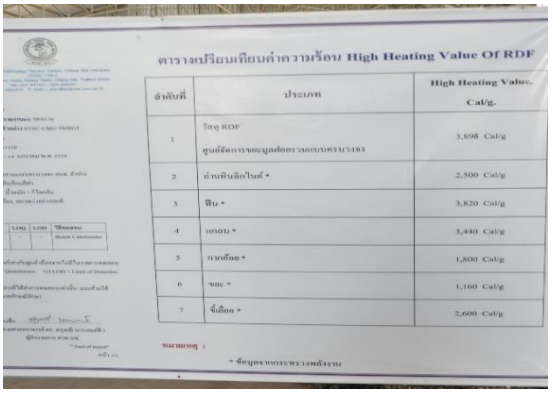


บ่อฝังกลบขยะ

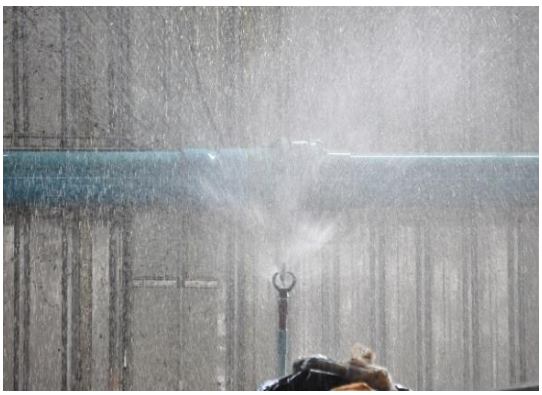
ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาลเทศบาลตำบลเวียงฝาง จังหวัดเชียงใหม่

พลาสติก
กระดาษ

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบครบวงจร องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง


ตารางเปรียบเทียบค่าความร้อน High Heating Value Of RDF
ลำดับที่
ประเภท
High Heating Value.
Cal/g.
1
วัสดุ RDF
ศูนย์จัดการขยะมูลฝอยรวมแบบครบวงจร
3,898 Cal/g
2
ถ่านหินลิกไนต์ *
2,500 Cal/g
3
ฟืน *
3,820 Cal/g
4
แกลบ *
3,440 Cal/g
5
กากอ้อย *
1,800 Cal/g
6
ขยะ *
1,160 Cal/g
7
ขี้เลื่อย *
2,600 Cal/g
* ข้อมูลจากกระทรวงพลังงาน

ไทยเปอร์กรอยด์ 35



20-1-61

ศูนย์กำจัดมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล เทศบาลเมืองสุโขทัย

โครงการความร่วมมือ การบริหารและจัดการขยะมูลฝอยระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กับประชาชน องค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน จังหวัดกาญจนบุรี

ศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจร องค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

AQUA
LINE

ภาคผนวก ข

การรายงานผลการวิเคราะห์สารอันตรายตกค้างในวัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยหมัก

เทศบาลเมืองสุโขทัยธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

ที่ว่าการอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

องค์การบริหารส่วนตำบลแก่งเสี้ยน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี

เทศบาลเมืองสระบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี

เทศบาลตำบลสูงเนิน อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

เทศบาลตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์

เทศบาลเมืองศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

ภาคผนวก ค

การรายงานผลการศึกษาและสาธิตการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายในการกำจัดขยะ

การรายงานผลการทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนดินในการบำบัดสารพาราควอตในวัสดุปรับปรุงดินของศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร เทศบาลตำบลกำแพง อำเภอละงู จังหวัดสตูล

การสาธิตการใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดสารอันตรายในการกำจัดขยะชุมชน

ภาคผนวก ง

การส่งเสริมและสาธิตการใช้ไส้เดือนในการกำจัดเศษอาหารให้ชุมชนในพื้นที่อำเภอละงู

การส่งเสริมและสาธิตการใช้ไส้เดือนในการกำจัดเศษอาหารให้ชุมชนในพื้นที่อำเภอละงู

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ประวัติส่วนตัว	ดร. วรรณวิมล ภัทรสิริวงศ์
หน่วยงานสังกัด	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2530	ปริญญาตรี กีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2533	ปริญญาโท กีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2546	ปริญญาเอก กีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2533-2538	นักวิจัย บ. ทีเอบี วิจัยและพัฒนา จำกัด
พ.ศ. 2538-2562	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ	พิษวิทยาของสารกำจัดศัตรูพืช การวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงจากสารพิษในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศเกษตร

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ประวัติส่วนตัว	นายพนมพร วงษ์ปาน
หน่วยงานสังกัด	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2526	พืชศาสตร์ (พืชสวน) มหาวิทยาราชมงคลสุวรรณภูมิ
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2539-2562	ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ	การวิเคราะห์โลหะหนักจากตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ประวัติส่วนตัว	นางสาวผกามาศ อิสริยะรังสรรค์
หน่วยงานสังกัด	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2551	ปริญญาตรี วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2555	ปริญญาโท เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2559-2560	วิศวกร กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
พ.ศ. 2560-2561	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพและสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ	การจัดการขยะ ระบบบำบัดน้ำดี/น้ำเสีย พลังงานสะอาด

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ประวัติส่วนตัว	นางสาวเรียม ยินดี
หน่วยงานสังกัด	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2521	มัธยมศึกษาตอนต้น
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2541	ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ	-