ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารวิชาการ

เรื่อง
การศึกษาธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย เทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต

โดย

นางสาวจิดาภา โอบอ้อม

ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน

สถานีพัฒนาที่ดินภูเก็ต

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 11

กรมพัฒนาที่ดิน

พฤษภาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารวิชาการ

เรื่อง

การศึกษาธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย เทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต

โดย

นางสาวจิดาภา โอบอ้อม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่ 06 พ.ย. 2562
เลขหมู่ 631.875 ว392ก
เลขทะเบียน b 10204

ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน

สถานีพัฒนาที่ดินภูเก็ต

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 11

กรมพัฒนาที่ดิน

พฤษภาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
สารบัญภาพภาคผนวก	(5)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	2
1.4 ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินงาน	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ข้อมูลทั่วไป	
2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต	4
2.2 ลักษณะภูมิอากาศ	4
2.3 ลักษณะภูมิประเทศ	4
2.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน	5
2.5 สภาพปัญหาและการเกิดน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตอง	6
บทที่ 3 การตรวจเอกสาร	
3.1 น้ำเสียชุมชน	12
3.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย	13
3.3 ปุ๋ยหมัก	31
3.4 การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งซุปเปอร์พด.1	44
3.5 มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน	46

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ศึกษารายงานผลการวิจัยการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย	48
4.2 การศึกษาธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต	53
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	
5.1 สรุป	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	59
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	65

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่เทศบาลเมืองป่าตอง	5
2	ปริมาณน้ำเสียเข้าโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง	10
3	ปริมาณกากตะกอนน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง	11
4	คุณลักษณะตะกอนจุลินทรีย์ที่ผ่านเครื่องรีดตะกอนแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง	11
5	ปริมาณสลัดจ์จากน้ำเสียและเปอร์เซ็นต์ของแข็ง	22
6	กรรมวิธีทำข้นสลัดจ์	23
7	สรุปข้อเปรียบเทียบวิธีการจัดการกากตะกอนแบบต่างๆ	27
8	ข้อมูลเปรียบเทียบธาตุอาหารของปุ๋ยกับกากตะกอน	29
9	ปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร	29
10	ปริมาณโลหะหนักในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช	30
11	ปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่มีได้ในกากตะกอนที่นำไปใส่ในพื้นที่ป่า	30
12	ปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่ยอมให้มีในการนำกากตะกอนไปทิ้งในพื้นที่ต่างๆ	31
13	ปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) โดยเฉลี่ยของวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ	36
14	อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	40
15	ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในปุ๋ยหมัก	43
16	คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก	50
17	ผลการวิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของกากตะกอน	52
18	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) ของกากตะกอน	52
19	แสดงสมบัติทางเคมีในตัวอย่างตะกอนน้ำเสีย	54
20	แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างกากตะกอนน้ำเสีย	54
21	แสดงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย	56
22	แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย (ธาตุอาหารหลัก)	57
23	แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย (ธาตุอาหารรอง)	57

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่สภาพการใช้ที่ดินเทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2561	5
2	โรงกำจัดตะกอนเทศบาลเมืองป่าตอง	8
3	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเทศบาลเมืองป่าตอง	9

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	ระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตอง	66
2	กากตะกอนน้ำเสียที่ผ่านเครื่องรีด	67
3	ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย	68

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

จังหวัดภูเก็ตในปัจจุบัน ประสบกับปัญหาน้ำเน่าเสีย และมีแนวโน้มความรุนแรงในพื้นที่ชุมชนที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญๆ ของจังหวัด โดยเฉพาะชุมชนบริเวณชายหาด ที่มีกิจการโรงแรมและสถานประกอบการพาณิชย์หนาแน่น เช่น ในเขตชุมชนเทศบาลนครภูเก็ต ชุมชนเทศบาลเมืองป่าตอง เทศบาลตำบลกะรน เทศบาลตำบลเชิงทะเล และเทศบาลตำบลกมลา เป็นต้น ปัญหาน้ำเน่าเสียดังกล่าว จำเป็นจะต้องมีการควบคุมและจัดการที่เหมาะสม เพื่อให้คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจะมีกากตะกอนเกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ ของการบำบัด ทั้งจากถังตะกอนแรก จากการใช้สารเคมี จากถังเติมอากาศ และจากถังย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน การกำจัดตะกอนชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมักจะนำไปฝังกลบ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการด้วยวิธีอื่นแต่การฝังกลบจำเป็นต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากมีระบบการจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในด้านของที่ดินที่มีราคาสูงขึ้นในอนาคตทำให้ยากต่อการหาพื้นที่ในการฝังกลบ นอกจากนี้ยังมีการต่อต้านจากชุมชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียง กากตะกอนน้ำเสียเหล่านี้มีองค์ประกอบของธาตุอาหารและอินทรีย์สารที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่จะมีปริมาณโพแทสเซียมน้อย การนำกากตะกอนเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน จึงเป็นการนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ เป็นการลดปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดกากตะกอนน้ำเสีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การนำตะกอนชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถย่อยสลายได้มาใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ยหมัก เป็นกระบวนการทางชีวภาพที่อาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อาจเป็นกระบวนการใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมประกอบด้วยความชื้น อุณหภูมิ รวมทั้งสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ผลผลิตที่ได้จากการหมักจะเป็นวัสดุสีน้ำตาลดำที่มีเนื้อร่วนซุยซึ่งมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น พวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สามารถนำไปปรับปรุงสภาพดินและเป็นอาหารพืชได้ เป็นการลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากสารอินทรีย์ อีกทั้งเป็นการลดปริมาตรของเสีย ซึ่งทำให้งบประมาณในการขนย้ายลดลง นอกจากนี้ยังเป็นการนำชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติ กลับมาใช้ประโยชน์โดยการแปรรูปเป็นปุ๋ยซึ่งมีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพดิน อย่างไรก็ตามในการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ในการเกษตรจะต้องคำนึงถึงในด้านความเหมาะสม ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก และอื่นๆ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากตะกอนน้ำเสียเพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดปัญหาการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย

1.2.2 เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียภายในชุมชน

1.2.3 เพื่อเป็นการลดปัญหาการกำจัดกากตะกอนน้ำเสีย

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

ดำเนินการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย ซึ่งเป็นกากตะกอนน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต โดยศึกษาขั้นตอนการผลิตปุ๋ยหมัก และวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และระดับธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย

1.4 ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงาน	ทำการศึกษาระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2560 ถึงพฤษภาคม 2561
สถานที่ดำเนินงาน	บ่อบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต
	สถานีพัฒนาที่ดินภูเก็ต อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต

1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

1.5.1 ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลกระบวนการต่างๆ ในการบำบัดน้ำเสีย การกำจัดกากตะกอนน้ำเสียวิธีต่างๆ ทฤษฎี กฎระเบียบในการกำจัดกากตะกอนน้ำเสีย การทำปุ๋ยหมักและคุณภาพปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียจากงานวิจัยที่ผ่านมา และดำเนินการเรียบเรียงให้เป็นระบบ จัดพิมพ์เป็นรูปเล่มเอกสารวิชาการ

1.5.2 ศึกษาระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียและเป็นการนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ ดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างกากตะกอนน้ำเสียและนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารพืชและสมบัติทางเคมีในกากตะกอนน้ำเสีย ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

ขั้นตอนที่ 2 ผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย จำนวน 4 ตำรับ ได้แก่

1) กากตะกอนน้ำเสีย 100 เปอร์เซ็นต์

2) กากตะกอนน้ำเสีย 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ขุยมะพร้าว 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

3) กากตะกอนน้ำเสีย 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ขุยมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

4) กากตะกอนน้ำเสีย 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ขุยมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

โดยทุกตำรับ ทำการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับยูเรีย 200 กรัม มูลสัตว์ 20 กิโลกรัมและสารเร่งซุปเปอร์ พด. 1 จำนวน 1 ซอง

ขั้นตอนที่ 3 เก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์แล้วส่งวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ซัลเฟอร์ (S) และอินทรียวัตถุ (OM)

วิธีการวิเคราะห์กากตะกอนน้ำเสียและปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย มีรายละเอียดการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ตามคู่มือของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547) ดังนี้

ความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้เครื่องมือวัดค่าปฏิกิริยาของดิน (pH meter) อัตราส่วนกากตะกอนน้ำเสียต่อน้ำ เท่ากับ 1:4 อัตราส่วนปุ๋ยหมักต่อน้ำ เท่ากับ 1:4

ค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้า อัตราส่วนของตะกอนน้ำเสียต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 อัตราส่วนปุ๋ยหมักต่อน้ำ เท่ากับ 1:10

อินทรียวัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black method (Walkley and Black, 1947)

ไนโตรเจนทั้งหมด ใช้วิธี Kjeldahl method (Chapman and Pratt,1961)

ฟอสฟอรัสทั้งหมด ย่อยสลายด้วยกรดไนตริก:เปอร์คลอริก (2:1) ทำให้เกิดสีด้วยวิธี Vanadomolybdate (Barton) method และวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer

โพแทสเซียมทั้งหมด ย่อยสลายด้วยกรดไนตริก:เปอร์คลอริก (2:1) วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Flame photometer

แคลเซียมทั้งหมด ย่อยสลายด้วยกรดไนตริก:เปอร์คลอริก (2:1) วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer

แมกนีเซียมทั้งหมด ย่อยสลายด้วยกรดไนตริก:เปอร์คลอริก (2:1) วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic absorption Spectrophotometer

กำมะถันทั้งหมด ย่อยสลายด้วยกรดไนตริก:เปอร์คลอริก (2:1) ทำให้เกิดตะกอนด้วยวิธี Turbidimetric method แลวัดความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer

1.5.3 สรุปและรายงานผลการดำเนินงาน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 2

ข้อมูลทั่วไป

2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

เทศบาลเมืองป่าตอง มีพื้นที่รับผิดชอบ 16.4 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในอำเภอกะทู้ทางฝั่งตะวันตกของเกาะภูเก็ต มีทรัพยากรธรรมชาติที่สวยงาม คือ หาดป่าตองซึ่งเป็นชายหาดที่มีความยาวประมาณ 3 กิโลเมตร อยู่ระหว่างหาดกมลาและหาดกะรน เมืองป่าตองห่างจากตัวเมืองภูเก็ตประมาณ 16 กิโลเมตร อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ตามเส้นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 และทางหลวงจังหวัดหมายเลข 402 รวมระยะทาง 877 กิโลเมตร (เทศบาลเมืองป่าตอง,2561) มีอาณาเขต ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ อบต.กมลา และเทศบาลเมืองกะทู้ อำเภอกะทู้
ทิศตะวันออก ติดต่อกับเทศบาลเมืองกะทู้ อำเภอกะทู้
ทิศใต้ ติดต่อกับเทศบาลตำบลกะรน อำเภอเมือง
ทิศตะวันตก ติดต่อกับทะเลอันดามัน

2.2 ลักษณะภูมิอากาศ

มีลักษณะภูมิอากาศแบบเขตมรสุมเขตร้อน อยู่ในเขตอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และชุ่มชื้นตลอดปี มีเพียง 2 ฤดู (เทศบาลเมืองป่าตอง,2561) ประกอบด้วย

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน ถึงเดือนพฤศจิกายน อยู่ในอิทธิพลของลมตะวันตกเฉียงใต้ และลมตะวันตก

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม ถึงเดือนมีนาคม อยู่ในอิทธิพลของลมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมตะวันออก

2.3 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่เขตเทศบาลเมืองป่าตอง มีลักษณะเป็นเทือกเขา มีความสูงระหว่าง 200-400 เมตร จากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง ทอดตัวรอบอ่าวป่าตอง ทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ เป็นรูปคล้ายอัฒจันทร์ และเฉพาะทิศตะวันออกของอ่าวป่าตองเท่านั้น ที่เป็นเชิงเขามีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มต่ำและหาดทราย ความสูงระหว่าง 1-30 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง จากลักษณะภูมิประเทศดังกล่าวทำให้น้ำไหลระบายลงมาจากภูเขาจะมาสะสมอยู่ในที่ลุ่มต่ำ ซึ่งอยู่ระหว่างที่ราบตอนในกับหาดทราย จากนั้นจึงไหลระบายลงสู่อ่าวป่าตอง (เทศบาลเมืองป่าตอง,2561)

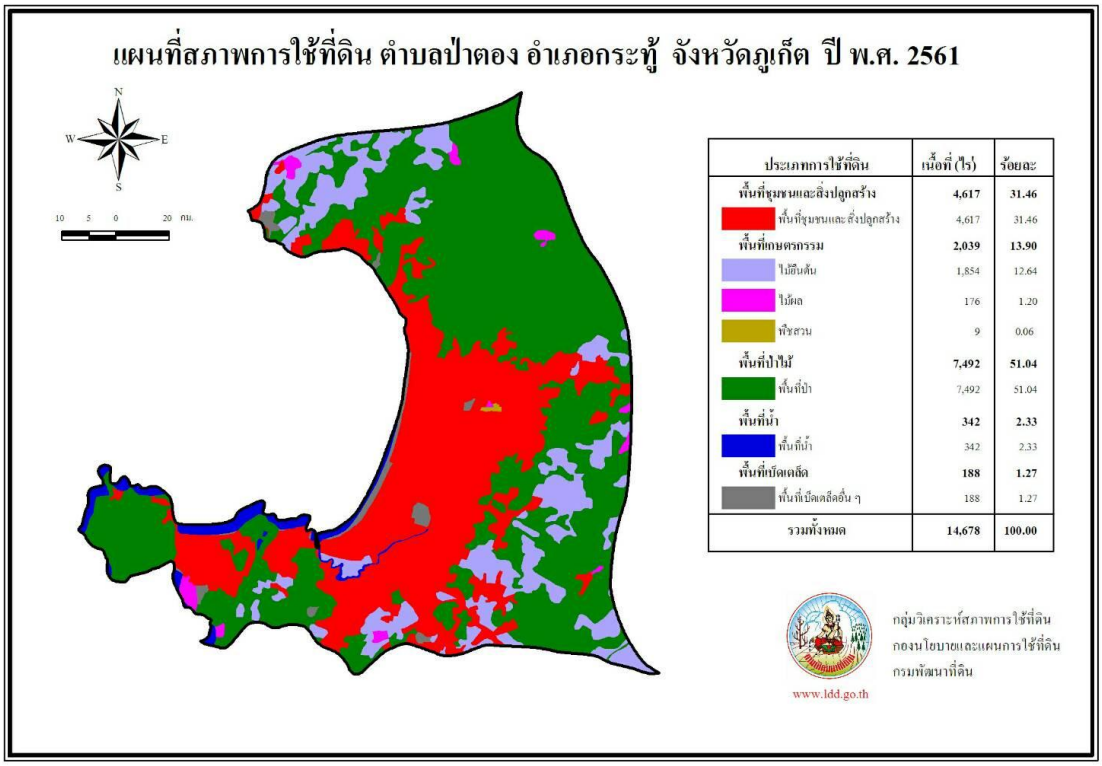
2.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

พื้นที่เทศบาลเมืองป่าตอง แบ่งประเภทการใช้ที่ดินได้ ดังนี้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด รายละเอียดดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่เทศบาลเมืองป่าตอง

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	4,617	31.46
พื้นที่เกษตรกรรม	2,039	13.89
-ไม้ยืนต้น	1,854	12.64
-ไม้ผล	176	1.20
-พืชสวน	9	0.06
พื้นที่ป่าไม้	7,492	51.04
พื้นที่น้ำ	342	2.33
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	188	1.27
รวม	14,678	100.00

ที่มา : กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2561)



ภาพที่ 1 แผนที่สภาพการใช้ที่ดินเทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2561
ที่มา : กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ที่ดิน 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

2.5 สภาพปัญหาและการเกิดน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตอง

เทศบาลเมืองป่าตองเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดภูเก็ต แต่ละปีมีประชากรและนักท่องเที่ยวเดินทางเข้าป่ามาเป็นจำนวนมาก มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาด้วย โดยเฉพาะปัญหาความเสื่อมโทรมของน้ำทะเลและชายฝั่ง

จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2559 จำนวน 20,649 คน เป็นชาย 10,120 คน หญิง 10,529 คน จำนวนครัวเรือน 4,815 ครัวเรือน จำนวนบ้าน 15,785 หลัง เนื่องจากเขตเทศบาลเมืองป่าตองเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดภูเก็ตและขณะเดียวกันก็เป็นที่นิยมและมีชื่อเสียงไปทั่วโลก ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้เข้ามาอาศัยและมาประกอบอาชีพที่ไม่ใช่นักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นประชากรแฝงที่ไม่มีการย้ายชื่อหรือแจ้งการย้ายที่อยู่ตามกฎหมายทะเบียนราษฎรจำนวนมาก ผู้คนเหล่านี้จึงอยู่ในลักษณะของประชากรแฝงที่เทศบาลไม่สามารถทราบจำนวนที่แน่ชัดได้ และที่สำคัญเทศบาลต้องจัดทำบริการสาธารณะด้านต่างๆ เพื่อให้บริการประชากรแฝงเหล่านี้ด้วย ทั้งที่งบประมาณที่ได้รับการอุดหนุนเกณฑ์ในการจัดสรรส่วนหนึ่งจะใช้จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎรเป็นหลัก ด้วยเหตุนี้จึงนับว่ากลุ่มประชากรแฝงเหล่านี้ เป็นกลุ่มประชากรที่สำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาเมือง เมื่อคำนวณตามจำนวนขยะมูลฝอยที่เทศบาลต้องจัดเก็บแต่ละวัน ประมาณวันละ 131.03 ตัน (ถัวเฉลี่ยทั้งปี) จะสะท้อนให้เห็นว่ามีประชากรแฝงอยู่ประมาณ 98,217 คน (คำนวณจากปริมาณขยะมูลฝอย 1 คนต่อ 1.11 กิโลกรัมต่อวัน) และส่วนช่วงที่เป็น high season ของการท่องเที่ยวหาดป่าตอง ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม ของทุกปี จะมีนักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาจำนวนมาก ปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มขึ้นเป็น 140 ตันต่อวัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า มีประชากรแฝงที่เป็นประเภทนักท่องเที่ยวอีกไม่ต่ำกว่า 106,409 คนต่อวัน

แหล่งที่มาของน้ำเสียจากพื้นที่ต่างๆ ภายในเทศบาลเมืองป่าตอง มีดังนี้ ชุมชนทั้งหมด 7 ชุมชน ประกอบด้วย ชุมชนชายวัด ชุมชนบ้านมอญ ชุมชนบ้านไสน้ำเย็น ชุมชนบ้านนาใน ชุมชนบ้านโคกมะขาม ชุมชนบ้านกะหลิม และชุมชนหาดป่าตอง โรงพยาบาลขนาด 60 เตียง 1 แห่ง โรงแรม จำนวน 120 แห่ง เกสต์เฮาส์ จำนวน 492 แห่ง กิจการนวดและสปา จำนวน 251 แห่ง ร้านอาหารตาม พรบ.การสาธารณสุข พ.ศ. 2535 จำนวน 760 ร้าน โรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 6 โรงงาน ประกอบไปด้วย โรงงานผลิตน้ำแข็ง โรงงานผลิตสุราแช่ชนิดเบียร์ โรงงานผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสม โรงงานซ่อมแซมรถยนต์ โรงงานผลิตน้ำดื่ม โรงงานซักรีดเสื้อผ้า ตลาดสดเอกชนจำนวน 1 แห่ง และห้างสรรพสินค้า จำนวน 2 แห่ง

จากปัญหาดังกล่าว คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงได้ออกประกาศฉบับที่ 2 ลงวันที่ 7 สิงหาคม 2535 กำหนดให้ท้องที่เขตจังหวัดภูเก็ตเป็นเขตควบคุมมลพิษและมีการจัดทำแผนปฏิบัติการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในเขตควบคุมมลพิษ โดยการจัดทำโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนสุขาภิบาล ในระยะแรกได้ดำเนินการก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ชนิดคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) สามารถรองรับน้ำเสียได้ 2,250 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองป่าตอง 450 ไร่ โดยเริ่มเปิดดำเนินการในปี 2532 ต่อมาได้ดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ชนิดคลองวนเวียนเพิ่มเติม เปิดดำเนินการในปี 2535 สามารถรองรับน้ำเสียได้ 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีความสามารถในการรองรับน้ำเสียได้ 5,250 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ครอบคลุมพื้นที่บริการรวม 1,000 ไร่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ในปี พ.ศ. 2540 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดให้ท้องที่เขตจังหวัดภูเก็ตเป็นพื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อมและเขตควบคุมมลพิษ โดยเห็นชอบในแผนปฏิบัติการ เพื่อการจัดการพื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อมและเขตควบคุมมลพิษจังหวัดภูเก็ต

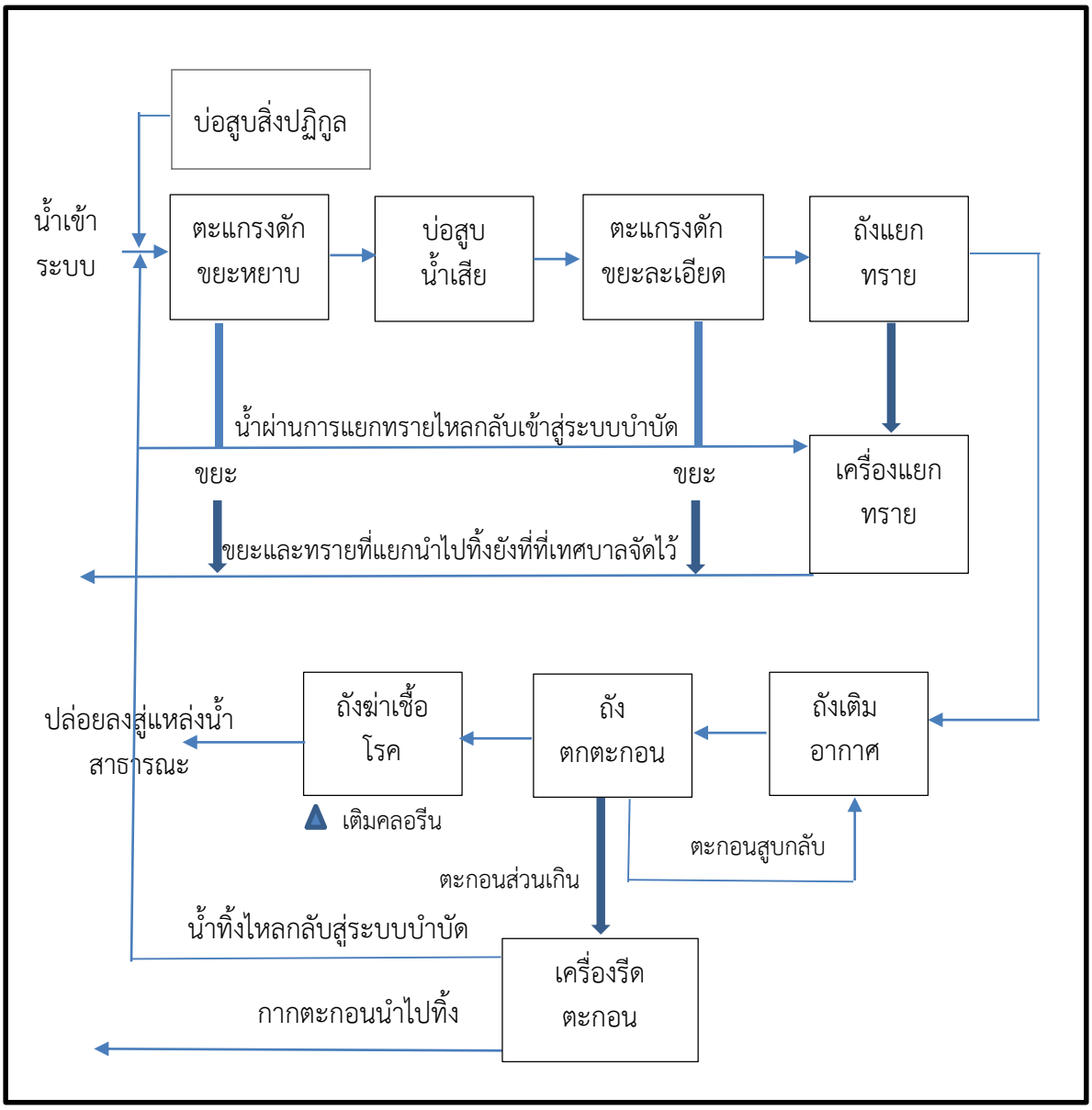
ในปี พ.ศ. 2542 เทศบาลเมืองป่าตองดำเนินการก่อสร้างระบบระบายน้ำ ระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มเติม โดยแบ่งการก่อสร้างเป็น 3 ระยะ ครอบคลุมพื้นที่ 14.1 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยอาคารดักน้ำเสีย (Combine Sewer Overflows: CSO) อาคารดักน้ำเสียและสถานีสูบน้ำเสีย (Combine Sewer Overflows and Pump Station: CSO&PS) ท่อรวบรวมน้ำเสียขนาดต่างๆ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ชนิด Single –Stage Nitrification สามารถรองรับน้ำเสียเพิ่มเติมได้ 18,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปัจจุบันโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ เทศบาลเมืองป่าตอง สามารถรองรับน้ำเสียได้รวม 23,250 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และบีโอดีน้ำเข้าไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในปี พ.ศ. 2560 เทศบาลเมืองป่าตองดำเนินการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียระยะที่ 4 เพิ่มเติม เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ชนิด Single –Stage Nitrification ก่อสร้างแล้วเสร็จจะสามารถรองรับน้ำเสียเพิ่มเติมได้ 9,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ภาพที่ 2 และ 3)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาพที่ 2 โรงกำจัดตะกอนเทศบาลเมืองป่าตอง

ที่มา : กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง (2560)



ภาพที่ 3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเทศบาลเมืองป่าตอง
ที่มา : กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง (2560)

ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตองมีประสิทธิภาพรองรับน้ำเสียได้ 23,250 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ตารางที่ 2) และน้ำเสียมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากการเจริญเติบโตของเมืองป่าตองอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่เกิดขึ้นมีจำนวนมาก (ตารางที่ 3 และตารางที่ 4) อีกทั้งพื้นที่ในเขตเทศบาลเมืองป่าตองไม่มีที่รองรับสำหรับการทิ้งกากตะกอนดังกล่าว ทำให้เป็นปัญหาในการบริหารจัดการอย่างมีระบบ จึงจำเป็นที่จะต้องเร่งแก้ไขเพื่อมิให้เกิดผลกระทบในหลายๆด้านตามมา การนำตะกอนจุลินทรีย์ที่ผ่านการรีดแล้วเป็นวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตวัสดุบำรุงดิน เป็นการลดปัญหาการทิ้งตะกอนส่วนเกินโดยไม่ถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ก่อให้เกิดประโยชน์และสร้างรายได้ให้กับท้องถิ่น

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำเสียเข้าโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง

เดือน	ปริมาณน้ำเสียเข้าโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	
	ปี 2560[1/]	ปี 2561[2/]
มกราคม	23,079.25	24,849.15
กุมภาพันธ์	22,091.50	23,079.25
มีนาคม	21,526.55	20,482.55
เมษายน	21,330.83	24,104.97
พฤษภาคม	24,669.48	24,299.16
มิถุนายน	26,083.93	23,751.07
กรกฎาคม	23,594.23	23,983.06
สิงหาคม	28,448.61	23,284.00
กันยายน	27,142.90	23,318.87
ตุลาคม	21,991.16	25,900.16
พฤศจิกายน	21,564.10	26,053.43
ธันวาคม	24,290.94	27,174.87
เฉลี่ย	23,817.79	24,190.05

ที่มา : [1/]กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง (2560)

[2/]กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง (2561)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 3 ปริมาณกากตะกอนน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง

เดือน	ปริมาณกากตะกอนน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง (กิโลกรัม/วัน)	
	ปี 2560[1/]	ปี 2561[2/]
มกราคม	4,513.55	5,347.42
กุมภาพันธ์	4,462.14	7,948.21
มีนาคม	6,641.94	7,879.35
เมษายน	5,445.00	7,660.67
พฤษภาคม	4,876.45	7,890.00
มิถุนายน	4,270.00	7,889.33
กรกฎาคม	4,655.00	6,126.77
สิงหาคม	4,814.84	4,843.55
กันยายน	4,803.33	4,655.67
ตุลาคม	4,641.94	4,680.32
พฤศจิกายน	5,347.42	5,566.67
ธันวาคม	6,312.90	5,564.19
เฉลี่ย	5,065.38	6,337.68

ที่มา : [1/]กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง (2560)
[2/]กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง (2561)

ตารางที่ 4 คุณลักษณะกากตะกอนจุลินทรีย์ที่ผ่านเครื่องรีดตะกอนแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองป่าตอง

คุณลักษณะ	ตะกอนที่ผ่านเครื่องรีด
ความชื้นและสารที่ระเหยได้	73.85 เปอร์เซ็นต์
หิน กรวด	-
เศษพลาสติก เศษแก้ว วัสดุมีคม และโหะอื่นๆ	ตรวจไม่พบ
ปริมาณอินทรียวัตถุ	27.69 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.56
อัตราส่วนคาร์คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)	7:1
ค่าการนำไฟฟ้า	0.97 ds/m
ไนโตรเจนทั้งหมด	2.24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	2.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
โพแทสเซียมทั้งหมด	1.20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
การย่อยสลายสมบูรณ์	32.34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ที่มา : กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง (2560)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 3

การตรวจเอกสาร

3.1 น้ำเสียชุมชน

กรมควบคุมมลพิษ (2545) ได้กล่าวเกี่ยวกับน้ำเสีย ไว้ดังนี้

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติ ก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่างๆ เป็นต้น ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากบ้านเรือน อาคาร จะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ หรืออาจประเมินได้จากจำนวนประชากร หรือพื้นที่ใช้สอยของอาคารแต่ละประเภท

ลักษณะน้ำเสีย ที่เกิดจากบ้านพักอาศัยจะประกอบไปด้วยน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำ นิยมวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์และซัลเฟอร์ เป็นต้น โลหะหนักและสารพิษอาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมียม และทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงาน อุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านซุบโลหะ อู่ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงและกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู ของแข็ง เมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำ ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ สารก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือ โรงงานอาหารกระป๋องจะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต สามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำ และกลิ่นซึ่งเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย

กรมควบคุมมลพิษ (2545) ได้กล่าวถึงโรงบำบัดน้ำเสียไว้ดังนี้ โรงบำบัดน้ำเสียเป็นสถานที่รวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือน แหล่งพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และสถาบันเข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบต่างๆ เพื่อกำจัดมลสารที่อยู่ในน้ำเสีย ให้มีคุณภาพดีขึ้นและไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อแม่น้ำ ลำคลอง แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่แม่น้ำสาธารณะ หรือบางส่วนยังสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และอื่นๆ แม้ว่าน้ำจะเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีการใช้ซ้ำหลายครั้งวนเวียนเป็นวัฏจักร และมีกระบวนการทำให้สะอาดโดยตัวมันเอง แต่กระบวนการนี้ก็มีขีดความสามารถจำกัดในแต่ละแหล่งน้ำ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงเป็นกลไกสำคัญอันหนึ่งที่จะช่วยลดภาระของแหล่งน้ำในการทำความสะอาดตัวเองตามธรรมชาติและช่วยป้องกันมิให้สารมลพิษปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา

3.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548) แบ่งประเภทกระบวนการบำบัดน้ำเสียได้ 3 ประเภท คือ

กระบวนการทางกายภาพ เป็นกระบวนการแยกของแข็ง (ส่วนใหญ่เป็นของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ซึ่งตกตะกอนด้วยตัวเองได้ง่าย) เช่น ขยะต่างๆ ที่มากับน้ำเสีย กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน (ที่ไม่ละลายน้ำ) ในน้ำเสียออกเสียก่อนที่จะเข้าระบบการบำบัดในขั้นตอนต่อไป เพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องสูบ ปฏิบัติการหน่วยทางกายภาพนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสียที่บำบัด โดยทั่วไป ได้แก่ ตะแกรง บ่อดักตะกอนดิน บ่อดักไขมัน เป็นต้น โดยตะแกรงหยาบใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถุงพลาสติก ตะแกรงละเอียดใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็ก ตะแกรงทั้งสองนี้ช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน ถังดักกรวดทราย เป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่าน ถังดักกรวดทรายเป็นสิ่งที่จำเป็น ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อนและเกิดความเสียหาย เนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย น้ำเสียหลายประเภทมีน้ำมันหรือไขมันปนอยู่ด้วย เนื่องจากไขมันหรือน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าจึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทำให้สามารถใช้ถังดักไขมันดักไขมันทางออกของถังดักไขมันจุ่มอยู่ใต้น้ำซึ่งต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน จึงสามารถดึงเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักไขมันด้วยท่อรูปตัว T ไขมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถตักออกไปทิ้งได้ ถังดักไขมันขนาดเล็กนิยมใช้กับน้ำเสียจากการปรุงอาหารซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีปริมาตรต่ำ ในกรณีที่น้ำเสียมีปริมาตรสูง ควรใช้ถังไขมันและน้ำมันแบบชนิด API (American Petroleum Institute) น้ำเสียที่มีน้ำมันหรือไขมันละลายอยู่ไม่สามารถใช้ถังดักหรือแยกน้ำมันดังกล่าวได้ วิธีแก้ไขก็คือ ต้องทำให้น้ำมัน และน้ำเสียแยกตัวออกจากกัน โดยใช้สารเคมีช่วยเสียก่อน จากนั้นจึงใช้ถังดักหรือแยกไขมันและน้ำมัน บางครั้งการแยกกากน้ำมันหรือไขมันอาจใช้วิธีทำให้ลอยตัวก็ได้ ของแข็งหรือสารแขวนลอยที่สามารถผ่านตะแกรงมาได้ จะถูกบำบัดออกจากน้ำเสียด้วยถังตกตะกอนซึ่งเป็นถังขนาดใหญ่ที่เป็นท่อพักน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียไหลผ่านเข้ามาในถังตกตะกอนน้ำเสียจะใช้เวลาอยู่ในนี้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ทำให้สารแขวนลอยมีเวลาตกตะกอนลงสู่ก้นถัง น้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีสารแขวนลอยเหลือน้อย ถังตกตะกอนมีบทบาทอยู่ในการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ เกือบทุกประเภท และถือว่าเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดสารแขวนลอย ถังตกตะกอนแบบวงกลมให้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานดีกว่าถังแบบตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม แต่ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม เหมาะสมที่จะใช้ในกรณีที่มีพื้นที่อยู่อย่างจำกัด แต่ต้องการสร้างถังตกตะกอนหลายถัง

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้ มีกรดหรือด่างสูงเกินไป มีโลหะหนักที่เป็นพิษ มีสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก มีสารประกอบอินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ มีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีประกอบด้วยกระบวนการโคแอกกูลเลชัน เป็นกระบวนการคอลลอยด์ซึ่งเป็นสารแขวนลอยชนิดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามาก คอลลอยด์มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.1-1 นาโนเมตร ซึ่งไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนธรรมชาติ เนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์มีขนาดเล็กเกินไป หลักการของกระบวนการโคแอกกูลเลชันคือ การเติมสารโคแอกกูลแลนท์ (Coagulant) เช่น สารส้ม ลงไปในน้ำเสียทำให้คอลลอยด์หลายๆ อนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่ม เรียกว่า ฟล็อก (Floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว สารโคแอกกูแลนด์ ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาครวมตัวกันเป็นฟล็อก ส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการโคแอกกูลเลชันมี 2 ส่วน คือ ถังกวนเร็ว และ ถังกวนช้า ถังกวนเร็วเป็นที่เติมสารเคมีและเป็นทางเข้าของน้ำเสีย สารเคมีและน้ำเสียจะผสมกันอย่างรวดเร็วในถังนี้ ส่วนถังกวนช้าที่เป็นสำหรับกระบวนการฟล็อก (Flocculation) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคคอลลอยด์ เพื่อส่งตะกอนไปยังถังตกตะกอนซึ่งอยู่ตามหลังถังกวนช้าหรืออาจรวมอยู่ในถังเดียวกันกับถังกวนช้า อนุภาคคอลลลอยด์ที่ไม่ถูกบำบัดโดยถังตกตะกอนจะถูกส่งต่อไปบำบัดในถังกรอง น้ำที่ออกจากถังกรองจึงมีความใสสูงมาก นอกจากนี้ยังสามารถเติมสารโคแอกกูลแลนท์เอด (Coagulant aid) เป็นสารเคมีประเภทโพลิอิเล็กโตรไลต์ (Polyelectrolyte) ซึ่งเป็นสารประเภทโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยใช้โคแอกกูลแลนท์เอดทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคหรือฟล็อกให้เกิดเป็นขนาดใหญ่และตกตะกอนได้ง่าย สารโพลิอิเล็กโตรไลต์ที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูลเลชัน มีอยู่ 3 ประเภท คือ โพลิเมอร์ประจุบวก โพลิเมอร์ประจุลบ และโพลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ กระบวนการตกตะกอนผลึก (Precipitation) โลหะหนักที่พบในน้ำเสียและที่เป็นปัญหามักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถบำบัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีการตกตะกอนหรือกรองเพียงลำพัง การกำจัดโลหะหนักจำเป็นต้องทำให้เกิดการตกตะกอนผลึกของแข็ง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ไอออนบวกและลบรวมกันเป็นตะกอนแข็งไม่ละลายน้ำเสียก่อน จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อก เพื่อให้สามารถแยกออกจากน้ำได้โดยวิธีการตกตะกอนหรือกรอง ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการจัดการโลหะหนักต้องใช้วิธีการตกผลึกร่วมกับวิธีโคแอกกูลเลชันตามด้วยวิธีตกตะกอนและวิธีการกรอง โลหะหนัก เช่น สังกะสี ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ จะเป็นปัญหาเฉพาะกับน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ เนื่องจากโลหะหนักสามารถละลายน้ำที่ค่าพีเอชต่ำ การเพิ่มค่าพีเอชจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของโลหะหนักลดลงและสามารถตกผลึกได้ ดังนั้นการเติมสารเคมีประเภทด่าง ๆเช่น โซดาไฟ หรือ ปูนขาว ให้กับน้ำเสีย จนมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสมจนทำให้โลหะหนักตกตะกอนรวมกับไอออนของไฮดรอกไซด์ได้ จากนั้นจึงทำให้ผลึกของแข็งรวมตัวกันเป็นฟล็อก ด้วยกระบวนการโคแอกกูลเลชัน แล้วจึงแยกฟล็อกออกจากน้ำด้วยถังตกตะกอน ปริมาณปูนขาวหรือโซดาไฟ ใช้การคำนวณคร่าวๆ ได้ จากสมการเคมีของปฏิกิริยาการสร้างตะกอน แต่ทางที่ดีควรทำการทดสอบการกำจัดโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาระดับค่าพีเอชที่เหมาะสมและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับกำจัดโลหะหนักของแต่ละงาน โดยทำ Titration Curve ของเสียที่เกิดจากการเติมด่างและการทำจาร์เทสท์ เพื่อหาระดับค่าพีเอชและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุด การตกตะกอนผลึกโลหะด้วยปูนขาวจะได้รับความนิยมมากกว่าโซดาไฟ เพราะว่าเมื่อใช้ปูนขาวจะได้ตะกอนผลึกของโลหะหนักขนาดใหญ่กว่าการใช้โซดาไฟ การทำให้เป็นกลางหรือการปรับพีเอช (Neutralization) ค่าพีเอชมีบทบาทสำคัญในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้น ในการเติมกรดหรือด่างเพื่อปรับค่าพีเอชของ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

น้ำเสียจึงเป็นสิ่งจำเป็น น้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาว โซดาไฟ หรือโซดาแอช ส่วนน้ำที่มีค่าพีเอชสูงทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็ได้ การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน สามารถกำจัดไอออนบวกและไอออนลบจากน้ำเสียได้ ในปัจจุบันสารแลกเปลี่ยนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ซีโอไลต์ และเรซินแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งเรซินแลกเปลี่ยนไอออนเป็นที่นิยมมากกว่า เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาก น้ำเสียจะไหลผ่านถังที่บรรจุเรซินแลกเปลี่ยนไอออน ไอออนประจุบวกในน้ำเสียจะแลกเปลี่ยนกับไอออนของไฮโดรเจน หรือไอออนโซเดียม ของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนได้แก่ เรซินแบบกรดแก่ และเรซินแบบกรดอ่อน ส่วนไอออนประจุลบในน้ำเสียจะถูกแลกเปลี่ยนกับไอออนของไฮดรอกไซด์ ของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนแบบด่างแก่ เรซินทุกชนิดเมื่อใช้ไปในระยะเวลาหนึ่งจะหมดประสิทธิภาพ แต่สามารถเรียกประสิทธิภาพกลับคืนมาได้อีกโดยการฟื้นฟูสภาพ ซึ่งเรซินแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการรีเจเนอเรชันต่างกัน หน้าที่ของกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนมี 2 ประการ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกัน คือ 1) การกำจัดไอออนต่างๆ ออกจากน้ำ และอาจใช้ในการกำจัดโลหะต่างๆ ได้ด้วย แต่อาจต้องใช้เรซินที่สังเคราะห์เป็นพิเศษ 2) การทำให้ไอออนต่างๆ มีความเข้มข้นสูงมากๆ ส่วนที่เกิดหลังจากที่ได้น้ำสะอาดแล้ว กล่าวคือ ไอออนที่ถูกกำจัดออกจากสารละลายจะหลุดออกมากับสารละลายฟื้นฟูสภาพ ในระหว่างการทำฟื้นฟูสภาพ เนื่องจากปริมาตรของสารละลายฟื้นฟูสภาพต่ำกว่าปริมาณสารละลายซึ่งเป็นที่อยู่เดิมของไอออน ทำให้ความเข้มข้นของไอออนสูงมาก ในบางระบบสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงดังกล่าวถือว่าเป็นของเสีย แต่ในบางกรณีอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ และกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction) ในกรณีที่ต้องกำจัดสารมลพิษที่ละลายอยู่ในน้ำ แต่ไม่สามารถใช้วิธีการตกตะกอนผลึกได้ อาจใช้กระบวนออกซิเดชัน-รีดักชันที่เปลี่ยนสารมลพิษให้เป็นสารที่ไม่มีพิษ กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน ได้แก่ การเติมสารเคมี ซึ่งอาจจะเป็นสารออกซิไดซ์หรือสารรีดิวซ์ อย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันกับสารมลพิษ ผลของปฏิกิริยาทำให้ได้สารที่ไม่เป็นพิษหรือมีความเป็นพิษน้อยลดลง

กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์ทั้งที่เป็นคอลลอยด์ที่แขวนลอย รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำเสีย และในบางกรณียังใช้ในการบำบัดธาตุอาหารออกจากน้ำเสียด้วย ความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ที่บำบัดได้จะต้องเป็นสารอินทรีย์ซึ่งสามารถถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และแหล่งของพลังงานโดยจุลินทรีย์เพื่อสังเคราะห์เซลล์ใหม่ได้ ผลก็คือทำให้ความสกปรกในน้ำเสียลดลง โดยจุลินทรีย์อาจแบ่งเป็นใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ ซึ่งในแต่ละประเภทยังสามารถแบ่งออกได้เป็น แบบที่ให้จุลินทรีย์ล่องลอยอยู่ในน้ำเสีย และแบบที่ให้จุลินทรีย์เกาะติดกับวัสดุตัวกลาง ระบบบำบัดที่อาศัยหลักการทางชีวภาพมีหลายชนิด อาทิเช่น ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ ระบบโปรยกรอง ระบบชุดสัมผัสหมุนชีวภาพ และระบบถังกรองไร้อากาศ เป็นต้น

3.2.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสียแต่ละชนิด โดย สุเทพ (มปป) แบ่งขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียไว้ ดังนี้

ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นตอนแรก มักจะเป็นปฏิบัติการทางกายภาพ ในการกำจัดสารที่ลอยหรือตกตะกอนได้ในน้ำเสีย หรือแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย เป็นการลดปริมาณของแข็งและน้ำมันหรือไขมันที่ลอยอยู่ และลดปริมาณภาระแบกรับสารของการบำบัดน้ำเสียในขั้นต่อไป กระบวนการบำบัดขั้นต้นไม่เน้นการกำจัดสารอินทรีย์ กระบวนการนี้

อาจจะกำจัดปริมาณของแข็งและบีโอดีได้ราว 10 – 35 เปอร์เซ็นต์ วิธีการที่ใช้มีดังนี้ การดักด้วยตะแกรง ใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำได้ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถุงพลาสติก เป็นต้น แบ่งเป็นตะแกรงหยาบ มีช่องว่างขนาด 40 มิลลิเมตร ตะแกรงขนาดกลางมีช่องว่างขนาดเล็กกว่า 40 มิลลิเมตร และแบบละเอียด มีช่องว่างขนาด 1.5-6 มิลลิเมตร โดยตะแกรงจะวางเอียงไปตามทิศทางไหลของน้ำ โดยมีความเอียงประมาณ 30-60 องศา ตะแกรงจะช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน การกำจัดกรวด-ทราย ในขั้นนี้จะออกแบบบ่อโดยทำให้น้ำมีความเร็วอยู่ในช่วง 20-30 เซนติเมตรต่อวินาที เพื่อให้ดิน กรวด ทราย ที่น้ำพามาตกตะกอนออกไปมีเวลาเก็บกักประมาณ 1-3 นาที อาจมีการให้อากาศ เพื่อไม่ให้สารลอยอื่นตกตะกอนในถังนี้นอกจากกรวดและทราย การตกตะกอนขั้นต้น มีลักษณะคล้ายกับบ่อกำจัดกรวด-ทราย แต่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้ ถังตกตะกอนเป็นถังขนาดใหญ่ที่เป็นที่พักน้ำเสียอัตราการไหลจะอยู่ในช่วง 15-20 เซนติเมตรต่อวินาที และมีเวลากักพักประมาณ 2-4 ชั่วโมง น้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีตะกอนแขวนลอยเหลือน้อย โดยถังตกตะกอนที่มีความลึกประมาณ 3-5 เมตร ถังตกตะกอนมีบทบาทอยู่ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ เกือบทุกประเภท และถือเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดตะกอนแขวนลอยในน้ำ ประสิทธิภาพปกติเท่ากับ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนลงสู่ก้นถัง เรียกว่าสลัดจ์ จะถูกสูบออกไปในการตกตะกอน อาจมีการเติมสารเคมี เช่น พอลิเมอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งให้สูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น การกำจัดน้ำมันและไขมัน โดยทั่วไปแล้วก่อนที่น้ำเสียชุมชนจะถูกปล่อยทิ้ง อาจผ่านถังดักไขมันมาแล้วขั้นหนึ่ง ยังมีอีกจำนวนมากที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำเสีย ถังดักไขมันและน้ำมันอาศัยหลักที่ว่าไขมันน้ำมันเบากว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทางออกของถังดักไขมันจึงจุ่มอยู่ใต้น้ำ (ต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน) และสามารถดึงเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักด้วยท่อรูปตัว T ในถังวงขอบซีเมนต์ ไขมันหรือน้ำมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถตักออกไปทิ้งได้ ถังซีเมนต์นี้เป็นถังดักไขมันขนาดเล็กที่นิยมใช้กับน้ำเสียจากการปรุงอาหาร ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีปริมาตรต่ำ ในกรณีที่น้ำเสียมีปริมาณสูงควรใช้ถังแยกน้ำมันหรือไขมันแบบที่เรียกว่า API Separator น้ำเสียที่มีน้ำมันหรือไขมันละลายอยู่ไม่สามารถใช้ถังดักหรือแยกน้ำมันดังกล่าวได้ เนื่องจากน้ำมันจับเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำเสีย วิธีแก้ไขคือ ต้องทำให้น้ำมันและน้ำเสียแยกตัวจากกัน โดยใช้สารเคมีช่วยเสียก่อน จากนั้นจึงใช้ถังดักหรือแยกไขมันและน้ำมัน บางครั้งการแยกน้ำมันหรือไขมันอาจใช้วิธีทำให้ลอยตัวได้ ในบางกรณีที่น้ำเสียมีสารพิษ เช่น โลหะหนัก และสารประกอบอินทรีย์บางชนิด อาจจะมีกำจัดสารพิษเหล่านี้ก่อนเข้าสู่ระบบชีวภาพ เช่น การปรับ pH และการบำบัดด้วยโอโซน เป็นต้น

ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายในน้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกินสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ การบำบัดน้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2556) ได้รายงานแต่ละรูปแบบ ไว้ดังนี้

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 แบบ คือ บ่อแอนแอโรบิค บ่อแฟคคัลเททีฟ บ่อ

แอโรบิค และหากมีบ่อหลายบ่อต่อเนื่องกัน บ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม รายละเอียดดังนี้ บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) เป็นระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงโดยไม่ต้องการออกซิเจน บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถผลิตและป้อนออกซิเจนได้ทัน ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อ จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อนี้จะระบายต่อไปยังบ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) เพื่อบำบัดต่อไป บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) เป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุด ภายในบ่อมีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนของบ่อเป็นแบบแอโรบิคได้รับออกซิเจนจากการถ่ายเทอากาศที่บริเวณผิวน้ำและจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพแอนแอโรบิค บ่อแฟคคัลเททีฟนี้โดยปกติแล้วจะรับน้ำเสียจากที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อน กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นในบ่อแฟคคัลเททีฟ เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจน เพื่อเป็นอาหารและสำหรับการสร้างเซลล์ใหม่และเป็นพลังงาน โดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่อยู่ในบ่อส่วนบน สำหรับบ่อส่วนล่างจนถึงก้นบ่อซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึง จะมีปริมาณออกซิเจนต่ำจนเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน และมีจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจนทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และแปรสภาพเป็นก๊าซเช่นเดียวกับบ่อแอนแอโรบิค แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond) เป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ เป็นบ่อที่มีความลึกไม่มากนักเพื่อให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดความลึก โดยอาศัยออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย การเติมอากาศที่ผิวหน้า และยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ส่วนหนึ่งโดยอาศัยแสงแดดอีกด้วย บ่อบ่ม (Maturation) มีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดทั้งบ่อ จึงมีความลึกไม่มากและแสงแดดส่องถึงก้นบ่อ ใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อฟอกน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้น และอาศัยแสงแดดทำลายเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งก่อนการระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี ได้ร้อยละ 80-95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยมีเครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ สามารถบำบัดน้ำเสียได้ทั้งน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่มีความสกปรกค่อนข้างมาก และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม โดยปกติจะออกแบบให้บ่อมีความลึกประมาณ 2-6 เมตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำภายในบ่อเติมอากาศประมาณ 3-10 วัน และเครื่องเติมอากาศจะต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพสามารถทำให้เกิดการผสมกันของตะกอนจุลินทรีย์ ออกซิเจนละลายในน้ำและน้ำเสีย นอกจากนี้ต้องมีบ่อบ่ม รองรับน้ำเสียจากบ่อเติมอากาศเพื่อตกตะกอนและปรับสภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จะต้องควบคุมอัตราการไหลของน้ำภายในบ่อบ่มและระยะเวลาเก็บกักให้เหมาะสมไม่นานเกินไป เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณของสาหร่ายในบ่อบ่มมากเกินไป ส่วนประกอบของระบบบ่อเติมอากาศ มีดังนี้ บ่อเติมอากาศ

(จำนวนบ่อขึ้นอยู่กับการออกแบบ) บ่อบ่มเพิ่มปรับสภาพน้ำทิ้ง (จำนวนบ่อขึ้นอยู่กับการออกแบบ) บ่อเติมคลอรีนสำหรับฆ่าเชื้อโรค จำนวน 1 บ่อ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) บึงประดิษฐ์มี 2 ประเภท ได้แก่ Free Water Surface Wetland (FES) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับบึงธรรมชาติ และแบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) ซึ่งจะมีชั้นดินปนทรายสำหรับปลูกพืชน้ำและชั้นหินรองก้นบ่อเพื่อเป็นตัวกรองน้ำเสีย หลักการทำงานของระบบ เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบึงประดิษฐ์ส่วนต้น สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะตกตะกอนจมตัวลงสู่ก้นบึง และถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำหรือชั้นหินและจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ระบบนี้จะได้รับออกซิเจนจากการแทรกซึมของอากาศผ่านผิวน้ำหรือชั้นหินลงมา ออกซิเจนบางส่วนจะได้จากการสังเคราะห์แสงแต่มีปริมาณไม่มากนัก สำหรับสารแขวนลอยจะถูกกรองและจมตัวอยู่ในช่วงต้น ๆ ของระบบ การลดปริมาณไนโตรเจนจะเป็นไปตามกระบวนการไนตริฟิเคชั่น และดิไนตริฟิเคชั่น ส่วนการลดปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะเกิดที่ชั้นดินส่วนพื้นบ่อ และพืชน้ำจะช่วยดูดซับฟอสฟอรัสผ่านทางรากและนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถกำจัดโลหะหนักได้บางส่วนอีกด้วย ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland (FWS) เป็นแบบที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งหลังจากผ่านการบำบัดจากบ่อปรับเสถียรแล้ว ลักษณะของระบบแบบนี้จะเป็นบ่อดินที่มีการบดอัดดินให้แน่นหรือปูพื้นด้วยแผ่น HDPE ให้ได้ระดับเพื่อให้น้ำเสียไหลตามแนวนอนขนานกับพื้นดิน บ่อดินจะมีความลึกแตกต่างกัน เพื่อให้กระบวนการบำบัดตามธรรมชาติอย่างสมบูรณ์โครงสร้างของระบบแบ่งเป็น 3 ส่วน (อาจเป็นบ่อเดียวกันหรือหลายบ่อขึ้นกับการออกแบบ) คือ ส่วนแรก เป็นส่วนที่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงโผล่พ้นน้ำและรากเกาะดินปลูกไว้ เช่น กก แฝก ธูปฤาษี เพื่อช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้กำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้บางส่วนเป็นการลดสารแขวนลอยและค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่ง ส่วนที่สอง เป็นส่วนที่มีพืชชนิดลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น จอก แหน บัว รวมทั้งพืชขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ พื้นที่ส่วนที่สองนี้จะไม่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงโผล่พ้นน้ำเหมือนในส่วนแรกและส่วนที่สาม น้ำในส่วนนี้จึงมีการสัมผัสอากาศและแสงแดดทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เป็นการลดค่าบีโอดีในน้ำเสีย และยังเกิดสภาพไนตริฟิเคชั่นด้วย ส่วนที่สาม มีการปลูกพืชในลักษณะเดียวกับส่วนแรก เพื่อช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่ และทำให้เกิดสภาพดิไนตริฟิเคชั่น เนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำลดลง ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจนได้ สำหรับระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) จะมีข้อดีกว่าแบบ Free Water Surface Wetland คือ เป็นระบบที่แยกน้ำเสียไม่ให้ถูกรบกวนจากแมลงหรือสัตว์ และป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ต่างๆ ที่ทำให้เกิดโรคมาปนเปื้อนกับคนได้ ในบางประเทศใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ และปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเต็ดจ์สลัดจ์ และระบบอาร์บีซีหรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากอาคารดักน้ำเสีย ส่วนประกอบที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้คือ พืชที่ปลูกในระบบ จะมีหน้าที่สนับสนุนให้เกิดการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย และยังทำหน้าที่สนับสนุนให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น ก๊าซมีเทน จากการย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค สามารถระบายออกจากระบบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้โดยการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ตัวกลาง จะมีหน้าที่สำคัญ คือ เป็นที่สำหรับให้รากของพืชที่ปลูกในระบบยึดเกาะ ช่วยให้เกิดกระจายของน้ำเสียที่เข้า

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ระบบและช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออก เป็นที่สำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ และสำหรับใช้กรองสารแขวนลอยต่างๆ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในปัจจุบันระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส ระบบคลองวนเวียน หรือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ เป็นต้น หลักการทำงานของระบบ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอกติเวเต็ดสลัดจ์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ออกแบบไว้ สภาวะภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิค จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ แบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge : CMAS) ลักษณะสำคัญคือ จะต้องมีถังเติมอากาศที่สามารถกวนให้น้ำและสลัดจ์ที่อยู่ในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งถัง ระบบแบบนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียจะกระจายไปทั่วถึง และสภาพแวดล้อมต่างๆ ในถังเติมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีอยู่มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งถัง ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge : CSAS) ลักษณะสำคัญคือ จะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน ได้แก่ ถังสัมผัส และถังย่อยสลาย โดยตะกอนที่สูบมาจากก้นถังตกตะกอนขั้นสองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย จากนั้นตะกอนจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในถังสัมผัสนี้ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนขั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส โดยน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ และตะกอนที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปถังย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปทิ้ง ทำให้บ่อเติมอากาศมีขนาดเล็กกว่าบ่อเติมอากาศของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ทั่วไป ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD) ลักษณะสำคัญคือรูปแบบของถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงรีหรือวงกลม ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว ของถังเติมอากาศ และรูปแบบของการกวนที่ใช้เครื่องกลเติมอากาศตีน้ำในแนวนอน รูปแบบของถังเติมอากาศลักษณะนี้จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า แอน็อกซิก ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำทำให้ไนเตรทถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยแบคทีเรียจำพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor : SBR) เป็นระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ประเภทเติมเข้า-ถ่ายออก โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตะกอนเร่งแบบอื่นๆ คือ การเติมอากาศ และการตกตะกอน จะดำเนินการเป็นไปตามลำดับภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน โดยการเดินระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์หนึ่งรอบการทำงาน จะมี 5 ช่วง ตามลำดับ คือ (1) ช่วงเติมน้ำเสีย (fill) นำน้ำเสียเข้าระบบ (2) ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (BOD) (3) ช่วงตกตะกอน (Settle) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงก้นถังปฏิกิริยา (4) ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัด และ (5) ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมหรือรอรับน้ำเสียใหม่

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor : RBC) ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางลักษณะทรงกระบอกซึ่งวางจุ่มอยู่ในถังบำบัด ตัวกลางทรงกระบอกนี้จะหมุนอย่างช้าๆ เมื่อหมุนขึ้นพ้นน้ำและสัมผัสอากาศ จุลินทรีย์ที่อาศัยติดอยู่กับตัวกลางจะใช้ออกซิเจนจากอากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สัมผัสติดตัวกลางขึ้นมา และเมื่อหมุนจมลงก็จะนำน้ำเสียขึ้นมาบำบัดใหม่สลับกันเช่นนี้ตลอดเวลา หลักการทำงานของระบบ กลไกการทำงานของระบบในการบำบัดน้ำเสียอาศัยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศจำนวนมากที่ยึดเกาะติดบนแผ่นจานหมุนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยการหมุนแผ่นจานผ่านน้ำเสีย ซึ่งเมื่อแผ่นจานหมุนขึ้นมาสัมผัสกับอากาศก็จะพาเอาฟิล์มน้ำเสียขึ้นสู่อากาศด้วย ทำให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนจากอากาศ เพื่อใช้ในการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์เหล่านั้นให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์จุลินทรีย์ ต่อจากนั้นแผ่นจานจะหมุนลงไปสัมผัสกับน้ำเสียในถังปฏิกิริยาอีกครั้ง ทำให้ออกซิเจนส่วนที่เหลือผสมกับน้ำเสีย ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียอีกส่วนหนึ่ง สลับกันเช่นนี้ตลอดเป็นวัฏจักร แต่เมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์ยึดเกาะแผ่นจานหมุนหนามากขึ้น จะทำให้มีตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนหลุดลอกจากแผ่นจานเนื่องจากแรงเฉือยของการหมุน ซึ่งจะรักษาความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มให้ค่อนข้างคงที่โดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยที่ไหลออกจากถังปฏิกิริยานี้ จะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์และน้ำ ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพเป็นระบบบำบัดน้ำเสียอีกรูปแบบหนึ่งของระบบบำบัดขั้นที่สอง ซึ่งองค์ประกอบหลักของระบบประกอบด้วย ถังตกตะกอนขั้นต้น ทำหน้าที่ในการแยกของแข็งที่มากับน้ำเสีย ถังปฏิกิริยา ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ถังตกตะกอนขั้นที่สอง ทำหน้าที่ในการแยกตะกอนจุลินทรีย์และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยในส่วนของถังปฏิกิริยาประกอบด้วยแผ่นจานพลาสติกจำนวนมากที่ทำจาก Polyethylene (PE) หรือ High Density Polyethylene (HDPE) วางเรียงขนานซ้อนกัน โดยติดตั้งฉากกับเพลาแนวนอนตรงจุดศูนย์กลางแผ่น ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะยึดเกาะติดบนแผ่นจานนี้เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ หนาประมาณ 1-4 มิลลิเมตร หรือที่เรียกระบบนี้อีกอย่างว่าเป็นระบบ Fixed Film ทั้งนี้ชุดแผ่นจานหมุนทั้งหมดวางติดตั้งในถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ระดับของเพลาจะอยู่เหนือผิวน้ำเล็กน้อย ทำให้พื้นที่ผิวของแผ่นจานจมอยู่ในน้ำประมาณร้อยละ 35 -40 ของพื้นที่แผ่นทั้งหมด และในการหมุนของแผ่นจานหมุนชีวภาพอาศัยชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเพลาและเฟืองทดสอบ เพื่อหมุนแผ่นจานในอัตราประมาณ 1-3 รอบต่อนาที ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ จะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้ บ่อปรับสภาพการไหล (Equalizing Tank) ถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank) ระบบแผ่นหมุนเวียนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor) ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 (Secondary Sedimentation Tank) และบ่อเติมคลอรีน (Chlorine Tank)

ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) สุเทพ (ม.ป.ป) ได้กล่าวว่า ระบบบำบัดขั้นที่สามเป็นการกำจัดน้ำเสียโดยการกำจัดสารแขวนลอย ของแข็งละลายบางชนิด สารอินทรีย์ที่จุลชีพใช้ไม่ได้ สารอาหาร สี กลิ่น และสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่หลงเหลือจากการบำบัดขั้นที่สอง อาจประกอบด้วยระบบดังต่อไปนี้ การกำจัดฟอสฟอรัส (Phosphorus Removal) ได้แก่ การเปลี่ยนฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำอยู่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ให้เป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำและตกตะกอนแยกจากน้ำได้ สารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส ได้แก่ สารส้ม และ Ferric Chloride การกำจัดไนโตรเจน (Nitrogen Removal) ได้แก่ การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในน้ำเสียจากแอมโมเนีย ให้เป็นไนเตรต โดยกระบวนการ Nitrification ในสภาวะที่มีออกซิเจน และการเปลี่ยนไนเตรต ให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ในกระบวนการ Denitrification ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เป็นวิธีการใช้จุลินทรีย์จำเพาะชนิด เพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ต้องการ การกรอง (Filtration) ได้แก่ การกำจัดปริมาณของแข็งจากน้ำเสียเพื่อให้ได้น้ำที่มีคุณภาพสูง อาจใช้เยื่อกรอง ซึ่งมักจะมีค่าใช้จ่ายสูง หรือใช้ชั้นตัวกลางเช่น คาร์บอนและทรายขนาดเล็ก ในถังลึกประมาณ 1 เมตร อาจใช้ร่วมกับสารสร้างตะกอนช่วยให้ของแข็งจับตัวเป็นก้อนใหญ่ก่อนผ่านชั้นกรองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การดูดติดผิวด้วยถ่าน (Carbon Adsorption) ได้แก่ การกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำและไม่ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาทางชีวภาพ เช่น สารที่ทำให้เกิดสีและกลิ่นโดยการให้ถูกดูดไว้บนผิวของถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ่านที่ใช้จนหมดสภาพแล้วสามารถนำไปฟื้นฟูสภาพ และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วยการเผาให้สารอินทรีย์ระเหยไป การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) เป็นการใช้สารตัวกลางที่มีประจุที่พื้นผิวอาจทำมาจากโพลิเมอร์ หรือผลึกซีโอไลท์ที่สามารถแลกเปลี่ยนกับประจุในน้ำได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดของแข็งละลาย และไอออนที่ไม่ต้องการออกจากน้ำ การกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนพร้อมกัน (Combined Removal of Phosphorous and Nitrogen) ได้แก่ การใช้ถังหรือโซนแบบไร้อากาศ กึ่งไร้อากาศ และให้อากาศสลับกัน เพื่อกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจน มักจะมีวิธีสงวนลิขสิทธิ์ เช่น Bardenpho System UCT หรือ VIP เป็นต้น โดยแต่ละระบบจะมีการออกแบบและควบคุมที่แตกต่างกันโดยเฉพาะ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาตามต้องการ และระบบการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) การฆ่าเชื้อเป็นการบำบัดขั้นสุดท้ายก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำที่เข้าสู่กระบวนการนี้จะเป็นน้ำใส ถ้าเป็นน้ำที่ขุ่น จะต้องถูกกรองให้ใสก่อนเพื่อให้การฆ่าเชื้อเกิดอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีที่ใช้โดยมากมักจะเป็นวิธีทางเคมีโดยการเติมสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง เช่น คลอรีน และโอโซน หรือแสงอัลตราไวโอเลต หรือการผสมระหว่างการใช้โอโซนและแสงอัลตราไวโอเลต เป็นต้น

3.2.3 การบำบัดและการกำจัดสลัดจ์ (Sludge Treatment and Disposal)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552) ได้กล่าวถึง สลัดจ์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียต้องได้รับการบำบัดก่อนจะนำไปทิ้ง กรรมวิธีการบำบัดและกำจัดสลัดจ์มีหลายขั้นตอน

สลัดจ์มาจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียซึ่งแยกเอาของแข็งและสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียแล้วปล่อยน้ำที่บำบัดแล้วทิ้งไป คงเหลือแต่สลัดจ์ที่ต้องผ่านการบำบัด ลักษณะของสลัดจ์จะมีความแตกต่างกันเนื่องจากแหล่งที่มาชนิดของแข็ง อายุสลัดจ์ และกรรมวิธีที่ทำให้เกิดสลัดจ์นั้น โดยพบว่า สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นแรก จะมีสีเทาเป็นเมือก มีกลิ่นเหม็นมาก และสามารถย่อยสลายได้โดยง่าย สลัดจ์จากการใช้สารเคมี มักจะมีสีดำหรือแดงหากมีเหล็กปนอยู่มาก มีกลิ่นเหม็นเป็นเมือกวุ้น หากตั้งทิ้งไว้จะย่อยสลายอย่างช้า ๆ และมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น สลัดจ์จากถังเติมอากาศ มีสีน้ำตาล ลักษณะเป็นฝุ่น ไม่มีกลิ่น แต่หากหยุดเติมอากาศจะกลายสภาพอย่างรวดเร็ว เปลี่ยนเป็นสีดำ และมีกลิ่นเหม็นของการหมัก สลัดจ์จากการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน มีสีน้ำตาลแก่ปนดำ มีก๊าซมากหากย่อยสลายจนเต็มที่แล้ว จะมีเพียงกลิ่นจางๆ คล้ายกลิ่นยาง สามารถแตกตัวได้ง่าย

ตารางที่ 5 ปริมาณสลัดจ์จากน้ำเสียและเปอร์เซ็นต์ของแข็ง

กรรมวิธี	ปริมาณสลัดจ์ กก./1,000 ลบ.ม.น้ำเสีย	เปอรเซ็นต์ของแข็งในสลัดจ์
ถังตกตะกอนขั้นแรก	110 - 170	5.00
สลัดจ์จากถังเติมอากาศ	70 - 100	0.75
สลัดจ์จากถังกรองชีวภาพ	55 - 90	1.50
ถังย่อยแบบไร้ออกซิเจน	-	4.00

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552)

การปฏิบัติขั้นต้น ได้แก่ การบดสลัดจ์ การแยกกรวดทราย การผสม และการเก็บกักมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้สลัดจ์ที่มาจากส่วนต่างๆ ของระบบมีลักษณะเดียวกัน โดยการบดสลัดจ์ ทำให้ของแข็งในสลัดจ์มีขนาดเล็กลง เพื่อความง่ายในการบำบัดสลัดจ์ ป้องกันการอุดตันในท่อและยังช่วยให้สลัดจ์ที่เป็นของแข็งทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น การแยกกรวดทรายหากมีกรวดทรายหลุดรอดไปถึงกระบวนการบำบัดสลัดจ์ก็จะเกิดการสะสมในถังย่อยสลายสลัดจ์ และสิ้นเปลืองเนื้อที่การแยกกรวดและทรายมักอาศัยวิธีแรงหนีศูนย์กลาง การผสมสลัดจ์ใช้ในกรณีที่มีสลัดจ์หลายชนิด และการเก็บสลัดจ์เป็นการเก็บสลัดจ์ไว้ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อเตรียมตัวนำไปบำบัดต่อไป

การทำข้นสลัดจ์ (Sludge Thickening) การทำให้สลัดจ์ข้นขึ้น คือ การแยกน้ำออกจากของแข็ง ทำให้ปริมาณของแข็งในสลัดจ์สูงขึ้น กรรมวิธีในการทำให้ตะกอนข้นขึ้น คือ การตกตะกอน การทำให้ลอย (Flotation) และการหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) การลดปริมาตรของสลัดจ์ทำให้ขนาดถังและอุปกรณ์ของกระบวนการที่ตามมา เช่น ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพสลัดจ์ และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำให้แห้งและเผาลดลง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ การทำให้สลัดจ์ข้นแบบตกตะกอน เป็นการตกตะกอนโดยใช้ถังทำข้น (Thickener) ลักษณะของถังทำข้นจะมีเครื่องกวาดและกวนสลัดจ์ เครื่องกวาดสลัดจ์ทำหน้าที่กวาดสลัดจ์ที่ตกลงก้นถังให้รวมกันและไหลเข้าไปอยู่ในหลุมเก็บสลัดจ์เพื่อจะระบายทิ้ง ส่วนเครื่องกวนสลัดจ์จะหมุนช้า ๆ และมีหน้าที่เปิดช่องว่างในชั้นสลัดจ์เพื่อให้น้ำหนีออกจากชั้นของสลัดจ์และจะเป็นผลให้สลัดจ์อัดตัวแน่นขึ้นอีก การตกตะกอนของสลัดจ์จะมีน้ำที่อยู่ข้างล่างใต้ชั้นสลัดจ์ถูกเบียดและไหลขึ้นมาข้างบน ถ้าชั้นสลัดจ์มีความเข้มข้นมากจนกระทั่งมีช่องว่างเหลืออยู่น้อย การจมตัวของสลัดจ์จะเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากว่าน้ำที่ถูกแทนที่ไม่สามารถหนีขึ้นมาข้างบนได้ การกวนอย่างช้า ๆ โดยใบกวนที่มีขนาดใหญ่จะช่วยทำให้เกิดช่องว่างในชั้นสลัดจ์ทำให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาทางด้านบนได้จะสามารถช่วยการทำให้ข้นของสลัดจ์ได้ผลดียิ่งขึ้น การทำให้ข้นแบบลอยตัว (Flotation) การทำให้ข้นแบบลอยตัวเป็นการทำให้สลัดจ์ลอยตัวขึ้นข้างบน การลอยตัวของสลัดจ์เกิดขึ้นโดยอาศัยลมช่วยทำให้เกิดฟองอากาศพาสลัดจ์ลอยตัวขึ้นสู่บนผิวน้ำ การทำข้นสลัดจ์แบบลอยตัวแบบที่นิยมใช้กัน คือ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissolved Air Flotation, DAF) อากาศถูกอัดอยู่ภายในน้ำและถูกปล่อยผ่านหัวฉีดให้ผสมกับสลัดจ์ เมื่อลดแรงดันอากาศจะกลายเป็นฟองขนาดเล็กเกาะจับกันกับฟล็อกแบคทีเรีย ทำให้ฟล็อกลอยตัวขึ้นบนผิวน้ำข้างบนซึ่งมีสลัดจ์เข้มข้นอยู่ถูกกวาดออกไป การทำให้ข้นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) โดยปกติแล้วเครื่องหมุนเหวี่ยงมักใช้ในการแยกน้ำออกจากสลัดจ์ (Dewatering) สามารถนำมาใช้ทำข้นกับสลัดจ์ชีวภาพที่ทิ้งจากระบบเอเอส วิธีนี้ไม่นิยมใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กเนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายสูงแต่มีข้อดีที่ประหยัดพื้นที่ได้มากและกะทัดรัดบางครั้งจึงมีการนำไปใช้กับระบบเอเอสขนาดใหญ่

ตารางที่ 6 กรรมวิธีทำข้นสลัดจ์

กรรมวิธี	ชนิดของสลัดจ์	ความนิยมและผล
ตกตะกอน	สลัดจ์ขั้นแรก	นิยมใช้และได้ผลดี
ตกตะกอน	สลัดจ์ขั้นแรกและเอเอส	ใช้มากโดยเฉพาะในโรงงานขนาดเล็กและตะกอนข้นร้อยละ 4-6
ตกตะกอน	เอเอส	ไม่ใช้และได้ผลไม่ดี
ลอยตัวด้วยอากาศ	เอเอส	นิยมใช้และได้ผลดี
หมุนเหวี่ยง	เอเอส	ใช้น้อยและมีปัญหา

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2552)

การปรับเสถียรสลัดจ์ สลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียมีส่วนประกอบ คือ สารอินทรีย์ที่สามารถเน่าเปื่อยและย่อยสลายได้ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเป็นที่น่ารังเกียจ การปรับเสถียรสลัดจ์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดกลิ่นเหม็นลดจำนวนเชื้อโรคและการเน่าเปื่อยของสลัดจ์ โดยกรรมวิธีที่ใช้ ได้แก่ การออกซิไดซ์ด้วยคลอรีน กระทำโดยให้ก๊าซคลอรีนปริมาณสูง ทำปฏิกิริยากับสลัดจ์ในถังปิดในเวลาสั้น ๆ วิธีนี้มีขีดจำกัดในการใช้กับโรงบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดเล็กกว่า 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การเปลี่ยนสภาพด้วยปูนขาว กระทำโดยเติมปูนขาวให้ตะกอนมีค่า pH สูงถึง 12 ที่ค่า pH นี้ จุลินทรีย์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ มีผู้พบว่าหากคงค่า pH ที่ 12 ไว้นาน 3 ชั่วโมง จะสามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการย่อยแบบไร้อากาศ แต่หลังจากเปลี่ยนสภาพแล้วสารอินทรีย์ที่คงอยู่อาจเน่าเปื่อยได้อีกเมื่อค่า pH ต่ำลง การย่อยแบบไร้อากาศ อาศัยการทำงานของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สร้างมีเทน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องรักษาสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องของแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่ม หากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งเปลี่ยนไป ก็จะมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งและประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้ การย่อยแบบใช้อากาศ อาศัยแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้อากาศสามารถจำแนกได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นกระบวนการนำสารอินทรีย์หรือสารอาหารเข้าไปในเซลล์ โดยจุลินทรีย์จะส่งเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มาเกาะติดที่ผนังเซลล์เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสารโมเลกุลเล็กที่จะสามารถผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ ขั้นตอนที่ 2 เป็นกระบวนการทางชีวเคมีภายในเซลล์จุลินทรีย์ เพื่อที่จะผลิตพลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ และการสร้างเซลล์ใหม่ เมื่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนรูปมาเป็นจุลินทรีย์เซลล์ใหม่ จะรวมกันเป็นฟล็อกก็จะมีน้ำหนักมากขึ้น และแยกออกจากน้ำเสียได้ง่ายด้วยการตกตะกอน

การแยกน้ำออก ซึ่งการแยกน้ำออกจากสลัดจ์ช่วยลดปริมาณสลัดจ์ที่จะต้องนำไปกำจัดในขั้นสุดท้ายเป็นการลดค่าใช้จ่าย นอกจากสลัดจ์ที่แห้ง (น้ำน้อยกว่าร้อยละ 70) สามารถขนถ่าย ตัก บรรทุกได้ง่ายในการถมที่ควรใช้สลัดจ์แห้งเพื่อป้องกันน้ำเสียไหลซึมออกไป กรรมวิธีที่ใช้ในการแยกน้ำได้แก่ การกรองด้วยสุญญากาศ การเหวี่ยง การกรองด้วยแรงอัด การกรองด้วยสายพาน การตากสลัดจ์ และบ่อกักสลัดจ์ การเลือกใช้วิธีแยกน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของสลัดจ์ ความแห้งที่ต้องการ และขนาดของที่ดิน โรงบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กที่มีที่ดินเพียงพอมักใช้ลานตากสลัดจ์หรือบ่อกักสลัดจ์ สำหรับโรงบำบัดสลัดจ์ที่มีพื้นที่น้อยควรใช้เครื่องจักรกลในการแยกน้ำ เช่น เครื่องอัดกรอง สายพานรีดน้ำ หรือเครื่องหมุนเหวี่ยง การกำจัดน้ำของเครื่องอัดกรองทำงานโดยใช้เครื่องสูบสลัดจ์ที่มีแรงดันสูงอัดน้ำผ่านผ้ากรองให้ออกจากสลัดจ์ เครื่องอัดสลัดจ์ประเภทนี้ประกอบด้วยผ้ากรองสี่เหลี่ยมขนาดต่างๆ วางประกบกันในแนวนอนที่ตั้งฉากกับพื้น สลัดจ์จะถูกสูบเข้าไปในช่องระหว่างผ้ากรองด้วยความดันสูงผ้ากรองจะบรรจุอยู่ในกรอบที่เป็นโครง

เหล็กหรือพลาสติกชนิดแข็ง ในการกรองจะใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง น้ำใสจะถูกกรองออกมาและสลัดจ์แห้งจะติดอยู่ภายในช่องว่างระหว่างผ้ากรองซึ่งสามารถถอดออกได้เมื่อกรองจนแห้งพอแล้ว ก็จะมีจะมีการถอดแผ่นกรองเพื่อเอาสลัดจ์แห้งออกและทำความสะอาดผ้ากรอง เครื่องรีดน้ำสลัดจ์แบบสายพานรีดน้ำ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ เครื่องป้อนสลัดจ์แบบ Mono หรือ Diaphragm เครื่องป้อนโพลิเมอร์ เครื่องกวนสลัดจ์และเครื่องรีดน้ำสลัดจ์จะถูกผสมกับโพลิเมอร์ (ชนิดประจุบวก) เพื่อให้กรองง่ายและป้อนเข้าสู่เครื่องรีดน้ำสลัดจ์ที่มีสายพานผ้ากรองเคลื่อนที่ผ่านลูกกลิ้ง สลัดจ์จะอยู่บนผ้ากรองที่หมุนช้า ๆ การกำจัดน้ำจะเกิดขึ้นบนผ้ากรอง 2 บริเวณ คือ บริเวณใช้แรงดึดดูดโลก และบริเวณที่มีแรงดัน สลัดจ์จะถูกป้อนเข้าผ้ากรองบริเวณแรกที่กรองน้ำโดยใช้แรงดึงดูดโลก จากนั้นสายพานจะพาสลัดจ์ไปรีดน้ำด้วยลูกกลิ้ง เนื่องจากการกรองสลัดจ์โดยไม่เติมโพลิเมอร์จะไม่สามารถรีดน้ำออกจากสลัดจ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรีดน้ำด้วยวิธีนี้จึงต้องมีการเติมโพลิเมอร์ชนิดประจุบวก เพื่อให้อนุภาคของสลัดจ์จับตัวเกาะกันเป็นฟล็อกได้ เนื่องจากว่าโพลิเมอร์ชนิดประจุบวกจะไปทำให้ประจุลบของสลัดจ์ลดลง สลัดจ์จึงสามารถจับและเกาะกันได้แน่นน้ำจะถูกดันออกไป กรรมวิธีในการแยกน้ำออกจากสลัดจ์บางชนิดจะรวมการปรับสภาพสลัดจ์เพื่อช่วยให้แยกน้ำออกจากสลัดจ์ได้ง่าย วิธีนิยมใช้มากที่สุด คือ การเติมสารเคมี และการใช้ความร้อน การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ประหยัดกว่า โดยสามารถเพิ่มอัตราการแยกน้ำและเปลี่ยนแปลงการใช้ได้สะดวก

3.2.4 โลหะหนักในน้ำเสียชุมชน

ธเรศ และคณะ (2544) ได้กล่าวถึงโลหะหนัก ไว้ดังนี้ โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 ภายในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ มีจำนวนทั้งหมด 68 ธาตุ โลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ) สมบัติทางกายภาพของโลหะหนัก คือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความเป็นมันวาว เหนียว สามารถนำมาตีเป็นแผ่นบางๆ ได้ และสะท้อนแสงได้ ส่วนสมบัติทางด้านเคมีที่สำคัญของโลหะหนัก คือ มีค่าออกซิเดชั่นได้หลายค่า ดังนั้นโลหะหนักจึงสามารถที่จะรวมกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ได้หลายรูปที่เสถียรกว่าโลหะอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร โลหะเหล่านี้จะแพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยปนเปื้อนในดิน น้ำ อากาศ ผักและผลไม้ จากนั้นจะเข้าสู่มนุษย์ โลหะหนักหลายชนิดมีคุณสมบัติเป็นอันตรายร้ายแรง เมื่อเข้าไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจมีผลทำให้สิ่งมีชีวิตพิการหรือตายได้ ตัวอย่างของโลหะหนักที่สำคัญในน้ำเสียชุมชน เช่น อลูมิเนียม แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว ปรอท สังกะสี เป็นต้น

โลหะหนักที่พบในน้ำเสียก่อนบำบัด ขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของโรงบำบัดน้ำเสีย ประเภทของระบบการบำบัดน้ำเสีย ลักษณะน้ำเสียจากแต่ละชุมชน แหล่งของโลหะหนักที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย สามารถจำแนกได้ 5 ประเภท คือ น้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม การไหลบ่า บรรยากาศ และพื้นดิน โดยน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมเป็นแหล่งของโลหะหนักที่สำคัญที่สุด โลหะหนักที่ปรากฏในน้ำเสียชุมชนมาจากพื้นที่ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัย และรวมถึงการบริการต่าง ๆ เช่น ร้านซ่อมเครื่องยนต์ อู่ซ่อมรถ ร้านอาหาร ซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การอาบน้ำ แปรงฟัน สระผม การทำความสะอาดต่างๆ โดยในกิจกรรมต่างๆ นั้น ต้องเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่มีโลหะหนักเป็นส่วนผสมทั้งสิ้น

เรียมสงวน (2544) ได้อธิบายถึงโลหะหนักที่พบได้ในน้ำเสียไว้ดังนี้

สารหนู (As) เป็นธาตุกึ่งโลหะ เป็นสารที่มีลักษณะเป็นผงโลหะสีเทา มีมากเป็นอันดับที่ 20 ของธาตุที่พบมากบนโลก โดยจะพบในสิ่งที่มีชีวิต พืชและสัตว์ ตลอดจนพบในธรรมชาติ สำหรับพืชบนพื้นดินตรวจพบว่าในพืชไร่มีปริมาณสารหนู 0-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับพื้นที่เพาะปลูก ถ้าหากปลูกใกล้แหล่งอุตสาหกรรม หรือในพื้นดินที่มีปริมาณสารหนูสูง พืชดังกล่าวก็จะมีการดูดซึมสารชนิดนี้ได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าว ตรวจพบสารหนูสูงมาก คือปริมาณสูงถึง 150-250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับพื้นที่เพาะปลูก นอกจากนี้เห็ดที่บริโภคได้บางชนิดที่ปลูกในดินที่มีสารหนูก็จะพบสารชนิดนี้เช่นกัน ในใบยาสูบ ปริมาณสารหนูที่คนกินแล้วเป็นพิษ ถึงขั้นเสียชีวิตนั้นอยู่ในช่วง 1.5 - 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

แคดเมียม (Cd) เป็นโลหะทรานสิชันสีขาว-ฟ้า เป็นธาตุมีพิษ ในธรรมชาติพบอยู่ในแร่สังกะสี แคดเมียมใช้ประโยชน์ในการทำแบตเตอรี่ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปลอดภัยที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก ที่กำหนดไว้ว่าคนปกติไม่ควรได้รับแคดมียมเกินสัปดาห์ละ 0.40-0.50 มิลลิกรัม สำหรับคนไทยได้รับสัปดาห์ละ 0.105-0.113 มิลลิกรัม ซึ่งยังต่ำกว่าค่าที่องค์การอนามัยโลกกำหนดแต่ถ้าหากินอาหารที่มีอาหารทะเลประเภทหอยแมลงภู่ และหอยนางรม เป็นประจำบ่อยๆ ก็จะได้รับแคดเมียมจากอาหารสูง และถ้ายิ่งสูบบุหรี่ด้วยแล้วยิ่งทำให้ได้รับแคดเมียมเข้าในร่างกายได้มาก

ตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะสีเทาเงิน หรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ในเปลือกโลกตะกั่วในพื้นดินอาจเกิดตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากภาวะมลพิษดินที่มีสภาพเป็นกรด จะมีสารตะกั่วน้อยกว่าดินที่เป็นด่าง เนื่องจากอินทรีย์สารในดินอาจทำปฏิกิริยา กับสารตะกั่ว ที่มีอยู่ สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกานมนุษย์ได้โดยการบริโภคอาหาร น้ำ หรือหายใจ เอาอากาศที่มีสารตะกั่วเจือปนเข้าไป ในบางกรณีร่างกาย อาจดูดซึมตะกั่วอินทรีย์ที่ไม่ใช่สารตะกั่ว ในบรรยากาศเข้าทางผิวหนังได้ สารตะกั่วมีพิษมาก โดยเฉพาะในเด็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมองพิการ ส่วนในผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลง ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไต ทางเดินอาหาร ตับ และหัวใจ สารตะกั่วพบได้ทั่วไปทั้งในดิน หิน น้ำ พืช และอากาศ

ปรอท (Hg) ใช้ผสมหรือเจอโลหะต่างๆ เช่น ทองคำ เงิน และทองแดงที่เรียกว่า อะมัลกัม นำไปใช้ในการอุดฟัน ใช้เป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเป็นองค์ประกอบของยาปราบศัตรูพืชและสัตว์ พิษของปรอทเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจทำลายเนื้อเยื่อปอด ทำลายระบบขับถ่ายและระบบประสาทส่วนกลาง ปรอทเป็นสารพิษที่มีพิษร้ายแรงมาก สามารถดูดซึมผ่านระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหารและซึมผ่านทางผิวหนังถ้ามีแผลหรือรอยแตกและสะสมพิษเอาไว้ เนื่องจากปรอทเป็นธาตุที่ระเหยได้และสามารถอิ่มตัวในอากาศจึงเป็นสารที่มีอันตรายมาก สารปรอทที่มีพิษมากที่สุด ได้แก่ เมทธิลเมอร์คิวรี่ เมอร์คิวริกคลอไรด์ ซึ่งสามารถระเหิดได้และมีพิษกัดกร่อนสูง

3.2.5 การกำจัดสลัดจ์ขั้นสุดท้าย

สุเทพ (มปป) ได้สรุปการกำจัดสลัดจ์ขั้นสุดท้าย ไว้ดังนี้

การขนส่งผ่านท่อหรือบรรทุกเรือนำไปทิ้งทะเล (Marine Disposal) เป็นวิธีการที่ใช้กันในหลายประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองใหญ่ ๆ ที่ตั้งอยู่ติดทะเล อย่างไรก็ตามจากผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพน้ำทะเลและระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เป็นผลให้การกำจัดตกตะกอนโดยวิธีดังกล่าวได้รับการต่อต้านจากหลายหน่วยงาน ประเทศต่างๆ ได้ออกกฎหมายห้ามมิให้กำจัดตะกอนโดยทิ้งทะเล หรืออาจ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ยอมให้มีการทิ้งทะเลได้ แต่กำหนดให้ห่างจากฝั่งออกไปเป็นระยะทางไกล ๆ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพิ่มมากขึ้น

การนำไปปรับปรุงดิน (Land Application) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน โดยตะกอนที่นำไปกำจัดอาจอยู่ในรูปตะกอนเปียก หรือตะกอนแห้ง วิธีการดังกล่าวมีข้อดีที่ว่าโดยทั่วไปตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย จะมีสารประกอบหลายอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อาทิ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอาหารอื่น ๆ ตะกอนที่จะนำไปกำจัดควรจะผ่านกระบวนการบำบัดแล้วและแยกน้ำออกจนมีสภาพเป็นตะกอนแห้ง เพื่อมิให้ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น และปัญหาภาวะมลพิษในพื้นที่ที่นำไปกำจัด ปัญหาของการกำจัดตะกอนวิธีการนี้คือ ตะกอนอาจมีส่วนผสมของสารบางอย่างซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายในระยะยาวต่อพืชและสัตว์ที่กินพืชนั้นเป็นอาหารจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบส่วนประกอบของตะกอนก่อนที่จะนำมาใช้ ปัญหาการหาพื้นที่เกษตรกรรมที่มีเนื้อที่มากพอแล้วมีระยะไม่ไกลจากสถานที่บำบัดน้ำเสียมากเกินไป และหากเป็นพื้นที่นา ซึ่งในการทำการเพาะปลูกจำเป็นต้องมีการกักเก็บน้ำในระยะเวลาหนึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการกำจัดตะกอน ปัญหาด้านสภาพภูมิอากาศก็เป็นปัญหาที่สำคัญโดยเฉพาะช่วงฤดูฝน

การนำไปฝังกลบ (Landfill) โดยตะกอนอยู่ในรูปตะกอนแห้ง โดยตะกอนที่นำไปกำจัดควรอยู่ในรูปตะกอนแห้ง ซึ่งมีของแข็งอยู่มากกว่าร้อยละ 30 ของสลัดจ์ทั้งหมดอย่างไรก็ตามเพื่อที่จะให้การกำจัดตะกอนเป็นไปอย่างถูกสุขลักษณะ ควรเป็นการกำจัดแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และจำเป็นต้องจัดหาพื้นที่สำหรับการกำจัดที่เหมาะสม ซึ่งมีระยะไม่ห่างไกลจากโรงบำบัดน้ำเสียมากเกินไป ไม่อยู่ใกล้แหล่งชุมชน และมีการศึกษาถึงผลกระทบที่อาจมีต่อคุณภาพน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินที่อยู่ใกล้เคียง

การเผา (Incineration) โดยทางทฤษฎีแล้วตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียเป็นวัสดุอย่างดีที่สามารถนำไปกำจัดโดยการเผา ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 80 สามารถที่จะเผาไหม้ได้เองโดยไม่ต้องอาศัยเชื้อเพลิงอื่น ๆ การเผามีข้อดีที่สามารถกำจัดตะกอนได้อย่างสมบูรณ์โดยมิต้องส่งไปกำจัดที่อื่นและได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของเตาเผาให้มีประสิทธิภาพสูงและง่ายต่อการควบคุมการทำงาน อย่างไรก็ดีค่าลงทุนในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการยังค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ

การหมักทำปุ๋ย (Composting) เป็นวิธีการกำจัดตะกอนที่ดีวิธีหนึ่งสำหรับตะกอนที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณสารพิษปนอยู่น้อย ด้วยเหตุผลเดียวกันกับการกำจัดโดยนำไปปรับปรุงดิน โดยนำกากตะกอนมาหมักเป็นเวลา 20 วัน อาจมีการผสมกับกากเหลือใช้จากกระบวนการผลิตอื่นๆ เช่น ฟางข้าวเพื่อให้แห้งเร็ว จนมีของแข็งร้อยละ 95 และผสมด้วยกากถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจน หรือผสมด้วยแกลบเพื่อเพิ่มความร่วนซุยทั้งนี้ขึ้นอยู่ความเหมาะสมและการใช้งาน

ตารางที่ 7 สรุปข้อเปรียบเทียบวิธีการจัดการกากตะกอนแบบต่างๆ

ข้อพิจารณา	วิธีการจัดการกากตะกอน			
	การหมัก	การนำไปใส่ดิน	การฝังกลบ	การเผา
1.ด้านเทคนิค				
1.1 ความยากง่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง				
-ระดับของเทคโนโลยีที่ใช้	ระดับไม่สูง	ระดับไม่สูง	ระดับปานกลาง	ระดับสูง
-ระดับความชำนาญของเจ้าหน้าที่ควบคุม	ระดับปานกลาง	ระดับปานกลาง	ระดับไม่สูง	ระดับสูง
1.2 ประสิทธิภาพในการจัดการ				
-ปริมาณกากตะกอนที่จัดการได้	กำจัดได้ 100%	กำจัดได้ 100%	กำจัดได้ 100%	ลดปริมาตรได้เกือบ 100% เถ้าที่เหลือนำไปฝังกลบ
-ความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค	กำจัดได้ 70%	กำจัดได้ 70%	กำจัดได้เล็กน้อย	กำจัดได้ 100%
1.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม				
-น้ำผิวดิน	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีได้สูง	ไม่มี
-น้ำใต้ดิน	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีได้สูง	ไม่มี
-อากาศ	ไม่มี	ไม่มี	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย
-กลิ่น แมลง พาหะนำโรค	อาจมีได้	อาจมีได้	มีได้สูง	ไม่มี
1.4 ลักษณะสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน	ต้องเป็นสารที่ย่อยสลายได้มีความชื้น 50-70 %	ต้องเป็นสารที่ย่อยสลายได้มีความชื้น 50-70 %	รับกากตะกอนได้เกือบทุกประเภทยกเว้นกากตะกอนติดเชื้อหรือสารพิษ	ต้องเป็นสารที่เผาไหม้ได้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 4,500 kcal/kg และความชื้นน้อยกว่า 40%
1.5 ขนาดที่ดิน	ใช้เนื้อที่ปานกลาง	ใช้เนื้อที่มาก	ใช้เนื้อที่มาก	ใช้เนื้อที่น้อย

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อพิจารณา	วิธีการจัดการกากตะกอน			
	การหมัก	การนำไปใส่ดิน	การฝังกลบ	การเผา
2. ด้านเศรษฐกิจ				
2.1 เงินลงทุนในการก่อสร้าง	ปานกลางถึงสูง	ค่อนข้างต่ำ	ค่อนข้างสูง	สูงมาก
2.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ/ซ่อมบำรุง	ขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้	ต่ำ	ค่อนข้างต่ำ	สูง
2.3 ผลพลอยได้จากกการกำจัด	ปุ๋ยอินทรีย์จากการหมัก	เป็นแหล่งอาหารและปุ๋ยให้แก่พืช	ปรับพื้นที่เป็นสวนสาธารณะได้ ได้ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิง	ได้พลังงานความร้อนจากการเผา

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2561)

สำหรับประเทศไทย วิธีการกำจัดกากตะกอนที่เหมาะสม คือ การนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เนื่องจากกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น กากตะกอนจากระบบบำบัดนำเสียกรุงเทพมหานคร มีศักยภาพความเป็นปุ๋ย และประเทศไทยเองก็มีความเหมาะสม เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิสูง มีแสงแดดจ้าตลอดปี ซึ่งเป็นผลดีต่อการลดปัญหาเรื่องพยาธิวิทยาของกากตะกอน อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในกากตะกอนว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

การนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมีความน่าสนใจ มีความเป็นไปได้คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการกำจัดกากตะกอนด้วยวิธีอื่น ๆ และส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อย (Webber และคณะ, 1984) กากตะกอนมีคุณสมบัติในการเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ซึ่งประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และปริมาณอินทรียวัตถุ ซึ่งมีอยู่มากในตะกอนร่วมกับความสามารถในการสลายตัวของกากตะกอนทำให้กากตะกอนนั้น มีศักยภาพความเป็นปุ๋ยสูง ดังตารางที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยทั่วๆ ไป กับกากตะกอน จะเห็นได้ว่ากากตะกอนมีธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณที่มากพอสมควรเมื่อเทียบกับปุ๋ยโดยทั่วไป

ตารางที่ 8 ข้อมูลเปรียบเทียบธาตุอาหารของปุ๋ยกับกากตะกอน

ธาตุอาหาร	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)
ปุ๋ยทั่วไป	5	10	10
กากตะกอน	3.3	2.3	0.3

ที่มา : เกรียงศักดิ์ (2539)

Webber และคณะ (1984) ได้กล่าวว่า ความเสี่ยงในการนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรนั้นสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นชั่วคราว ได้แก่ กลิ่นรบกวนของกากตะกอน การปนเปื้อนของจุลินทรีย์และพยาธิที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรค การปนเปื้อนของน้ำใต้ดินจากไนเตรทไนโตรเจน ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นถาวร ได้แก่ การเพิ่มการสะสมโลหะหนักในดิน ในพืช และห่วงโซ่อาหาร แต่ความเสี่ยงนี้สามารถป้องกันได้ โดยการเติมกากตะกอนในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ปริมาณโลหะหนักไม่เกินมาตรฐาน และไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช

ตารางที่ 9 ปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร

ประเทศที่กำหนด	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)							
	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Cd	Hg
อังกฤษ	500	280	140	500	35	550	3.5	0.3
เยอรมัน	-*	300	100	-	50	100	3.0	-
ฝรั่งเศส	-	300	100	-	50	100	2.0	-
เนเธอร์แลนด์	-	100	50	-	20	100	1.0	-
ช่วงของทั้ง 4 ประเทศ	500	100-280	50-140	500	20-50	100-550	1-3.5	0.3

ที่มา : Webber และคณะ (1984)

หมายเหตุ : * ไม่มีรายงาน

ปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร แสดงในตารางที่ 9 และปริมาณโลหะหนักในพืช ที่ระดับปกติ และระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ปริมาณโลหะหนักในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	ระดับปกติ	ระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช
แมงกานีส (Mn)	15 -150	400 – 2,000
สังกะสี (Zn)	15 - 150	500 – 1,500
ทองแดง (Cu)	3 – 20	25 - 40
โครเมียม (Cr)	-*	-
นิกเกิล (Ni)	0.1 – 5	50 -100
ตะกั่ว (Pb)	2 – 5	-
แคดเมียม (Cd)	0.1 – 1	5 -700
ปรอท (Hg)	-	-

ที่มา : Chancy (1982)

หมายเหตุ : * ไม่มีรายงาน

การนำกากตะกอนไปทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก จำเป็นต้องมีกากตะกอนที่ได้คุณภาพ คือ มีความปลอดภัยต่อคนและสัตว์ ไม่ก่อมลพิษ ซึ่งต้องพิจารณาถึงสารอินทรีย์ สารอาหาร เชื้อโรค โลหะหนัก และสารพิษต่างๆ ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด การนำกากตะกอนไปทิ้งบนพื้นต่างๆ จะมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น

ในประเทศอังกฤษ ได้นำกากตะกอนไปใส่ลงในพื้นที่ป่า เพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับต้นไม้ในป่า โดยเฉพาะไม้เศรษฐกิจต่างๆ อัตราการเติมสูงสุดเท่ากับ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์สำหรับกากตะกอนที่เป็นของเหลว ระยะเวลาที่เหมาะสมกับการใส่กากตะกอนคือ ช่วงฤดูกาลเจริญเติบโตของต้นไม้ และช่วงเวลาที่ไม่มีฝนตกหนักหรือมีลมแรง บริเวณป่าที่ทำการเติมกากตะกอนควรอยู่ห่างจากแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคบริโภคอย่างน้อย 50 เมตร และควรมีแนวป้องกันอย่างน้อย 20 เมตรก่อนถึงถนนในป่า ในด้านของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกากตะกอน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสมบัติของดิน และสิ่งมีชีวิตในป่า ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญและต้องระมัดระวังให้มีการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่มีได้ในกากตะกอนที่นำไปใส่ในพื้นที่ป่า

ธาตุ	อัตราการเติมเฉลี่ย (kg/ha ต่อปี)	ปริมาณสูงสุดในดิน (mg/kg น้ำหนักแห้ง)
แคดเมียม	0.15	3
โครเมียม	15	400
ทองแดง	7.5	80
ตะกั่ว	15	300
ปรอท	0.1	1
นิกเกิล	3	50
สังกะสี	15	200

ที่มา : Forestry Commission (1992)

ประเทศออสเตรเลียได้กำหนดปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนที่จะใส่ลงในพื้นที่เกษตรกรรม โดยแบ่งคุณภาพของกากตะกอนออกเป็น 4 ระดับ โดยกากตะกอนระดับ A เป็นกากตะกอนที่มีคุณภาพดี มีการปนเปื้อนของโลหะหนักน้อย เหมาะสมจะนำไปใส่ในพื้นที่ประเภทสวนดอกไม้หรือแปลงผักในบ้าน กากตะกอนระดับ B เป็นกากตะกอนที่สามารถนำไปใส่ในพื้นที่ต่างๆ ได้ เนื่องจากมีโลหะหนักอยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตราย ส่วนระดับ C และ D สามารถนำไปใส่ในพื้นที่ป่า แต่กากตะกอนที่มีการปนเปื้อนมากกว่าระดับ D ควรจะนำไปทำการฝังกลบ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่ยอมให้มีในการนำกากตะกอนไปทิ้งในพื้นที่ต่างๆ

สารเคมี	ความเข้มข้น (mg/kg น้ำหนักแห้ง)			
	ระดับ A	ระดับ B	ระดับ C	ระดับ D
อาร์เซนิค	20	20	20	30
แคดเมียม	3	5	20	32
โครเมียม	100	250	500	600
ทองแดง	100	375	2,000	2,000
ตะกั่ว	150	150	420	500
ปรอท	1	4	15	19
นิกเกิล	60	125	270	300
เซลิเนียม	5	8	50	90
สังกะสี	200	700	2,500	3,500

ที่มา : NSWEPA (1995)

3.3 ปุ๋ยหมัก

3.3.1 ความหมายและความสำคัญของของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งส่วนใหญ่มาจากวัสดุอินทรีย์ที่ถูกหมักให้ย่อยสลายกลายสภาพเป็นปุ๋ย ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับอินทรียวัตถุในดินทุกประการ ปุ๋ยหมักเป็นผลผลิตสุดท้ายที่คงตัว ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายทางชีววิทยาของวัสดุอินทรีย์ ถ้าการย่อยสลายเสร็จสิ้นสมบูรณ์จะเป็นวัสดุผสมมีสีน้ำตาล-ดำ ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า และปราศจากเชื้อโรค ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทิพวรรณ (2542) ได้กล่าวไว้ว่า ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำขึ้น โดยเลียนแบบธรรมชาติในป่า ได้จากเศษพืช มูลสัตว์มากองรวมกันแล้วเกิดการย่อยสลาย ซึ่งมีสีน้ำตาลดำมีคุณสมบัติในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินโปร่ง เพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้การระบายน้ำและอากาศในดินดีขึ้น ทั้งช่วยให้ดินอุ้มน้ำและดูดซึมธาตุอาหารพืชดีขึ้น นัยนา (2542) และธงชัย (2545) ได้กล่าวไว้ว่า ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำขึ้น โดยการนำเอาวัสดุเหลือทิ้ง เช่น ใบไม้ ฟางข้าว เศษหญ้า หรือ ขยะตามบ้านเรือนมากองรวมกัน แล้วปรับความชื้นให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดกระบวนการหมักจากจุลินทรีย์หลายชนิดที่ปะปนและอาศัยอยู่ในกองปุ๋ยช่วยกันแปรสภาพของเศษพืชหรือวัสดุต่างๆ ให้กลายเป็นวัสดุชิ้นใหม่ที่มีสีดำลักษณะพรุน ร่วนซุย เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาหมักรวมกันแล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลาย โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย สีน้ำตาลปนดำ และมุขดา (2545) ได้กล่าวไว้ว่า ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการหมัก

สารอินทรีย์ให้สลายตัวผุพังตามธรรมชาติ โดยนำสิ่งเหล่านั้นมากองรวมกัน รดน้ำให้ชื้น แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการย่อยสลายตัว โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงนำไปใช้ปรับปรุงดิน ในการเตรียมกองปุ๋ยหมักอาจใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อช่วยเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน และเป็นการเพิ่มคุณค่าด้านธาตุอาหารของปุ๋ยหมักด้วย

ปุ๋ยหมักเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เพราะพืชจะให้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในปริมาณที่เพียงพอ โดยปกติพืชจะได้ธาตุอาหารต่างๆ จากดิน แต่เนื่องจากพื้นที่ดินที่ทำการเพาะปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน ประกอบการนำผลิตภัณฑ์จากพืชไปใช้โดยมนุษย์ ธาตุอาหารต่างๆ ในดินจึงถูกนำออกไปจากดินด้วย จึงทำให้ธาตุอาหารมีปริมาณลดลงและเสื่อมสภาพความสมดุลไป นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่น ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ก็จะทำให้ดินเสื่อมเร็วกว่าประเทศในเขตหนาวหรือเขตอบอุ่นกว่า ดังนั้นจะต้องมีการปรับปรุงบำรุงรักษา มิฉะนั้นแม้แต่ดินที่ทำการบุกเบิกมาใช้ทำการเกษตรใหม่ ๆ ก็จะเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ไปอย่างรวดเร็ว

ข้อกำหนดสำคัญในเรื่องคุณภาพของปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยหมักควรเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุอินทรีย์เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดิน นอกจากนั้นต้องคงตัวทั้งทางเคมี และชีวะ ไม่เป็นพิษ และมีธาตุอาหารที่สมดุล ปริมาณอินทรียวัตถุหรือถ้าจะกล่าวเจาะจงลงไป คือ ปริมาณของฮิวมัส สามารถจะใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของปุ๋ยหมักนั้นๆ คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายแบบมีอากาศและแบบไม่มีอากาศ ไม่ค่อยจะแตกต่างกันนัก และคุณภาพปุ๋ยหมักจากทั้งสองกระบวนการ ก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุอินทรีย์เหลือใช้เริ่มต้น ปุ๋ยหมักที่คุณภาพที่ดีที่สุดทำมาจากวัสดุอินทรีย์ซึ่งมีการปนเปื้อนทั้งที่มองเห็นด้วยสายตา การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์และการปนเปื้อนด้วยโลหะหนักในระดับต่ำ

ปุ๋ยหมักควรสม่ำเสมอ ซึ่งหมายถึงว่า ส่วนที่เป็นอินทรีย์ของวัสดุควรจะถูกย่อยสลายอย่างพอเพียง ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้ต้องปราศจากกลิ่นและง่ายต่อการนำไปใช้ รวมทั้งการเก็บและการขนส่ง

ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากปุ๋ยเคมีอีกข้อหนึ่ง คือ ถึงแม้ว่าธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมีอาจจะมากกว่าในปุ๋ยหมักอย่างมาก แต่ธาตุอาหารพืชเหล่านี้มักจะละลายและถูกชะล้างไปจากบริเวณรากพืชได้ง่าย ส่วนปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีคุณสมบัติยึดธาตุอาหารพืชในรูปคอลลอยด์ ซึ่งจะเป็นรูปที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้อย่างช้าๆ เมื่อวัสดุอินทรีย์ย่อยสลายในดินธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากปุ๋ยหมักที่มักจะมีอยู่ปริมาณต่ำนั้นอยู่ในรูปที่ควบคุมได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมูลสัตว์ หรือปุ๋ยคอกแล้ว ปุ๋ยหมักที่ได้มาจากขยะมูลฝอยมีปริมาณเกลือต่ำซึ่งเป็นผลดีต่อระบบรากพืชเพราะหากปริมาณเกลือสูงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรากพืชได้

จุฑามาศ (2548) กล่าวถึงประโยชน์ของปุ๋ยหมักไว้ว่า แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของดิน ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการปรับสภาพของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าเป็นดินเนื้อละเอียดอัดตัวกันแน่น เช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักก็จะช่วยให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ไม่อัดตัวกันแน่นทึบ ทำให้การระบายน้ำและการระบายอากาศดีขึ้น ช่วยให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำหรือดูดซับน้ำที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้มากขึ้น ทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้รวดเร็ว แข็งแรง แตกแขนงได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์ จึงดูดซับแร่ธาตุต่างๆ และน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทราย ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีสารอินทรีย์อยู่น้อย ไม่อุ้มน้ำ การใส่ปุ๋ยหมักก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และทำให้ดินเหล่านั้นสามารถดูดซับน้ำไว้ให้พืชได้มากขึ้น ในดินเนื้อหยาบจึงควรต้องใส่ปุ๋ยหมักให้มากกว่าปกติ นอกจากคุณสมบัติต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ปุ๋ยหมักยังสามารถช่วยปรับปรุงดินในแง่อื่นๆ อีก เช่น ช่วยลดการจับตัวเป็น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

แผ่นแข็งของหน้าดิน ทำให้การงอกของเมล็ดและการซึมของน้ำลงไปในดินสะดวกขึ้น ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำขณะฝนตก เป็นการลดการพัดพาหน้าดินที่สมบูรณ์ไป

ปุ๋ยหมักเป็นแหล่งแร่ธาตุอาหารที่จะปลดปล่อยออกมาให้แก่ต้นพืชอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ โดยทั่วไปแล้วปุ๋ยหมักจะมีแร่ธาตุอาหารพืชที่สำคัญครบถ้วน กล่าวคือ มีไนโตรเจนทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.4-2.5 ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 0.2-2.5 และโพแทสเซียมอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 0.5-1.8 ปริมาณแร่ธาตุอาหารดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเศษอินทรีย์ที่นำมาหมักและวัสดุอื่นๆ ที่ใส่ลงไปในกองปุ๋ย นอกจากธาตุอาหาร 3 ธาตุ ที่กล่าวมาแล้ว ปุ๋ยหมักยังมีธาตุอาหารพืชชนิดอื่นๆ อีก เช่น แคลเซียม กำมะถัน แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และธาตุอื่นๆ ซึ่งปกติแล้วปุ๋ยเคมีจะไม่มีหรือมีเพียงบางธาตุเท่านั้น ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก เพียงแต่ต้องการปริมาณน้อยเท่านั้น นอกจากจะเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชแล้ว ปุ๋ยหมักยังมีคุณค่าในแง่การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินอีกหลายประการ เช่น ช่วยทำให้แร่ธาตุอาหารพืชในดินแปรสภาพไปอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้ง่าย ช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชเอาไว้ไม่ให้ถูกน้ำฝนหรือชลประทานชะล้างสูญหายไปได้ง่าย เป็นการช่วยถนอมแร่ธาตุอาหารหรือความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้อีกทางหนึ่ง จะเห็นได้ว่า แม้ปุ๋ยหมักจะมีปริมาณแร่ธาตุอาหารในปุ๋ยไม่เข้มข้นเหมือนปุ๋ยเคมี แต่ก็มีลักษณะดีอื่นๆ ที่ช่วยรักษา และปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างดี

ประโยชน์ของปุ๋ยหมักในด้านการปรับปรุงสภาพแวดล้อมสรุปได้ดังนี้ เป็นการกำจัดขยะทั่วไป ทำให้บริเวณที่อยู่อาศัย ถูกสุขลักษณะน่าอยู่ สะอาด ช่วยลดอุบัติเหตุซึ่งเกิดจากการทำลายเศษพืชโดยการเผา เช่น ตอซัง ข้าว เศษหญ้า เศษขยะข้างถนน ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดอุบัติเหตุ การจราจรติดขัด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน และยังทำให้เกิดอากาศเป็นพิษ รวมทั้งทำลายสิ่งแวดล้อมของโลกด้วยการนำเศษพืชเหล่านั้นมาทำปุ๋ยหมักจะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ลดปัญหาทางด้านกลิ่นจากวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ของเหลือต่างๆ หากปล่อยทิ้งไว้นานๆ เข้า จะเกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เมื่อได้นำมาทำเป็นปุ๋ยหมักแล้ว จะเป็นการนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก และยังเป็นการลดปัญหาทางด้านกลิ่นได้ด้วย เป็นการกำจัดวัชพืชน้ำต่างๆ ทำให้สัตว์น้ำได้รับออกซิเจน และแสงแดดเต็มที่ เกิดสภาพสมดุลในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ช่วยให้การสัญจรทางน้ำสะดวกขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกำจัดผักตบชวาซึ่งมักมีมากเกินความต้องการตามแม่น้ำ ห้วย หนอง คลอง บึงและแหล่งน้ำทั่วไป

3.3.2 กระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก (Composting)

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นกระบวนการทางชีวเคมี ซึ่งสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายเป็นสารคล้ายฮิวมัสและเป็นกระบวนการที่ธาตุอาหารและสารอินทรีย์ในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรถูกนำมาใช้ประโยชน์อีกครั้งหนึ่ง ได้มีผู้ให้คำจำกัดความของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักไว้มากมาย ดังเช่น

Bell (1973) ได้ให้คำจำกัดความกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักไว้ว่า เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้อากาศมีช่วงอุณหภูมิสูงและสะสมความร้อนภายในตัวเองซึ่งเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ และสะสมวัสดุอินทรีย์ที่มีการย่อยสลาย

Biddlestone and Gray (1973) กล่าวว่า กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มีเนื้อต่างชนิดกันโดยกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในสภาพแวดล้อมแบบมีอากาศและร้อนชื้น

American Society of Agricultural Engineers (1975) รายงานว่า กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้อินทรีย์แบบมีอากาศที่อุณหภูมิสูงเป็นสารประกอบฮิวมัสที่ค่อนข้างคงตัว

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ฮิวมัสที่เกิดขึ้นนี้อาจจะมีถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และจะย่อยสลายต่อไปอย่างช้ามาก แต่ก็คงตัวเพียงพอที่จะไม่ร้อนขึ้นมาอีกหรือก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนหรือเป็นที่เกิดของแมลงวัน

Haug (1980) จำกัดความกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักว่า เป็นการย่อยสลายและการทำให้คงตัวทางชีววิทยาของวัสดุอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่เอื้อต่อการสะสมอุณหภูมิจนสูง ซึ่งเป็นผลจากการสร้างความร้อนโดยปฏิกิริยาทางชีววิทยา ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จะมีความคงตัวเพียงที่จะนำไปเก็บและใส่ลงดินโดยไม่ก่อให้เกิดผลร้ายต่อสิ่งแวดล้อม

Finstein (1975) กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นเหมือนปรากฏการณ์ซึ่งมวลของวัสดุอินทรีย์มีแนวโน้มเกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากภายในกองวัสดุและผลิตผลที่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเศรษฐกิจ กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้เป็นเทคโนโลยีเพื่อการกำจัดของเสียเพราะเป็นกระบวนการที่มุ่งใช้วัสดุที่เน่าเหม็น ก่อให้เกิดการลดลงของปริมาตรน้ำหนักและปริมาตรน้ำ ผลิตวัสดุสุดท้ายที่คงตัวและเป็นกระบวนการที่ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

Finstein และคณะ (1982) กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักนี้แตกต่างจากการย่อย หรือการหมัก ตรงที่สารที่นำมาย่อยสลายนั้น เริ่มแรกเป็นของแข็ง ซึ่งมีช่องว่างเปิดมากกว่าที่จะเป็นของแข็ง ในของเหลวหรือในกึ่งของเหลว กระบวนการเกิดขึ้นในสภาพไม่มีอากาศ ในที่มีอุณหภูมิปานกลาง ไปจนถึงอุณหภูมิสูง แต่สภาพที่เอื้ออำนวยให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ที่สุดก็คือ สภาพที่มีอากาศและอุณหภูมิสูง ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก คือส่วนผสมของอนุภาคที่คงตัวและมีประโยชน์โดยใช้เป็นสิ่งที่ช่วยปรับสภาพดินปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยาของดินให้ดีขึ้น และมีผลก่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิตพืช

Bredenbach (1971) กระบวนการย่อยสลายอาจเกิดได้ตามธรรมชาติเช่นการย่อยสลายของเศษใบไม้ในป่าหรือการย่อยสลายของรากพืชที่ตายแล้วในดิน นอกจากนี้ยังอาจเป็นกระบวนการที่มนุษย์เป็นผู้กระตุ้นเร่งให้เกิดขึ้นก็ได้เช่นการเพิ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยเซลลูโลสลงไปในกองปุ๋ยหมัก

หลักของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก การย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นโดยกลุ่มของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ กันไป ซึ่งมีทั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา แอคติโนมัยซีสและโปรโตซัว เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรก็คือ เชื้อจุลินทรีย์พวกที่ย่อยเซลลูโลสและลิกนิน จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการย่อยสลายได้รับพลังงานและคาร์บอนจากการย่อยสลายวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ จุลินทรีย์จะใช้คาร์บอน 10 ส่วน ไนโตรเจน 1 ส่วน สำหรับการสร้างเซลล์โปรโตพลาส

วัตถุประสงค์ คุณประโยชน์ และข้อจำกัดของกระบวนการปุ๋ยหมัก คือ เป็นการทำให้วัสดุเหลือทิ้งมีความคงตัว กิจกรรมทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักจะเปลี่ยนรูปแบบที่เน่าเสียได้ของวัสดุเหลือทิ้งอินทรีย์ให้เป็นรูปแบบที่คงตัวขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งให้อยู่ในรูปอินทรีย์ซึ่งจะก่อให้เกิดผลที่เป็นมลภาวะเพียงเล็กน้อยถ้าปล่อยลงดินหรือลงน้ำ ยับยั้งเชื้อโรค ความร้อนที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยหมักอาจจะสูงถึงประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่พอเพียงที่จะยับยั้งเชื้อโรคส่วนใหญ่ เช่น เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และไข่พยาธิ โดยมีข้อแม้ว่าอุณหภูมิที่ว่าต้องคงที่เป็นเวลาอย่างน้อย 1 วัน ดังนั้นปุ๋ยหมักที่ได้สามารถนำไปเป็นปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงโครงสร้างของดินได้อย่างปลอดภัย การนำธาตุอาหารพืชกลับมาเป็นประโยชน์ใหม่และการนำมาใช้ปรับปรุงดิน ธาตุอาหารพืช N P K ที่มีอยู่ในของเหลือทิ้งมักจะอยู่ในรูปแบบอนินทรีย์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการดูดซึมของพืช โดยการชะล้างเพราะธาตุอาหารพืชรูปอนินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ถูกชะล้างได้น้อยกว่ารูปแบบที่ละลายน้ำของ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วัสดุที่ไม่ได้ผ่านการย่อยสลาย นอกจากนี้ความยากง่ายในการไถพรวนของดินดีขึ้น ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้ดีจึงดูดธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยหมักลงดินเลวจึงช่วยทำให้คุณภาพดินนั้นดีขึ้น ซึ่งเป็นการปรับปรุงพื้นที่ที่ไม่มีประโยชน์ให้ใช้ประโยชน์ได้ เป็นการทำให้กากตะกอนแห้ง สิ่งขับถ่ายจากมนุษย์ มูลจากสัตว์ และกากตะกอนประกอบด้วยน้ำประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมขนส่งและกำจัดสูงขึ้น การทำให้กากตะกอนแห้งโดยวิธีทำปุ๋ยหมักจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งโดยความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไประเหยน้ำที่มีอยู่ในตะกอน

3.3.3 การผลิตปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ซึ่งได้จากการนำชิ้นส่วนของวัสดุอินทรีย์มาหมักในรูปของการกองซ้อนกันบนพื้นดินหรืออยู่ในหลุม เศษชิ้นส่วนของพืชที่นำมาหมักนั้นจะต้องผ่านกระบวนการย่อยสลาย จนแปรสภาพไปจากรูปเดิม โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้อินทรียวัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ และมีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เมื่อกระบวนการย่อยสลายเศษซากอินทรีย์และวัสดุเสร็จสมบูรณ์ก็จะได้ปุ๋ยหมักสำหรับใช้ในการปรับปรุงดิน วิธีการทำปุ๋ยหมักมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ธงชัย (2546) ได้กล่าวถึงวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักไว้ดังนี้ วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักนั้นส่วนใหญ่มักจะเป็นวัสดุเหลือใช้ประเภทต่างๆ และมีปริมาณเหลือทิ้งในแต่ละปีสูงมาก สามารถจำแนกเป็นแหล่งใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงมีอยู่ทั่วไปและหลายรูปแบบ จะเห็นได้ชัดว่าพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวจะมีอยู่สูงถึง 73 ล้านไร่ ในขณะที่เนื้อที่อีกประมาณ 47 ล้านไร่ ใช้ในการเพาะปลูกพืชอื่นๆ ดังนั้นฟางข้าวจึงน่าจะเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและเหมาะสมที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก นอกจากนั้นจะเป็นส่วนของลำต้น ใบ และเปลือกของพืชชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ เช่น ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด เปลือกถั่วชนิดต่างๆ และเศษต้นอ้อย เป็นต้น

วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม ประเทศไทยจัดเป็นประเทศหนึ่งที่กำลังพัฒนา เพื่อเพิ่มผลผลิตทางอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกับผลผลิตทางการเกษตร โดยการแปรรูปผลผลิตเหล่านี้ให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จึงก่อให้เกิดวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมากมายหลายชนิด เช่น กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบจากโรงงานสีข้าว ขี้เลื่อยจากโรงเลื่อย ขุยมะพร้าวจากโรงงานบางประเภท ไส้ปอและขุยไผ่จากโรงงานผลิตกระดาษ เปลือกและกากผลไม้จากโรงงานบรรจุผลไม้กระป๋อง และกากตะกอนน้ำเสีย เป็นต้น อย่างไรก็ตามวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่นิยมใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ ชานอ้อย เนื่องจากมีปริมาณมากกว่าวัสดุประเภทอื่น และมีคุณสมบัติต่างๆ เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิต นอกจากวัสดุเหลือใช้ที่เป็นของแข็งแล้ว ยังมีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด ที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ โดยใช้แทนน้ำในการรักษาระดับความชื้นในกองปุ๋ยหมักและยังเป็นแนวทางในการกำจัดน้ำทิ้งเหล่านี้ด้วย เช่น กากน้ำส่าจากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผงชูรส น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และน้ำทิ้งจากโรงงานประกอบอาหารและผลไม้กระป๋อง เป็นต้น หลายชนิดสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นแนวทางในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าว

วัสดุเหลือใช้จากบ้านเรือน ในเขตชุมชนที่มีประชากรอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น มักจะมีปัญหาในด้านวัสดุเหลือใช้ ซึ่งได้แก่ ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากบ้านเรือน ซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น แนวทางหนึ่งที่สามารถนำขยะเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้ คือ การนำมาทำปุ๋ยหมักซึ่งเรียกว่า ปุ๋ยอินทรีย์ ในเขตกรุงเทพมหานครได้นำแนวทางนี้ไปใช้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์มานานแล้ว แต่มีปัญหาอยู่บ้างในการวัสดุที่ปะปนมา เช่น เศษแก้ว เศษโลหะ และเศษพลาสติก ปัจจุบันกำลังผลิตปุ๋ยอินทรีย์กรุงเทพมหานครไม่สามารถที่จะรองรับทันต่อปริมาณของขยะที่เพิ่มขึ้นทุกวัน จึงเหลือขยะอยู่มาก และเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและแหล่งก่อกำเนิดพาหะนำโรคมาสู่คน ดังนั้นการทำปุ๋ยหมักโดยใช้เศษขยะจากครัวเรือนรวมทั้งใบไม้ เศษหญ้า และมูลสัตว์เลี้ยงมาเป็นวัสดุทำปุ๋ยหมัก นอกจากจะได้ปุ๋ยหมักไว้ใช้ในครัวเรือนแล้ว ยังเป็นการช่วยลดมลพิษด้วย

วัสดุอื่นๆ และวัชพืช วัชพืชบกและวัชพืชน้ำหลายชนิดที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมัก เช่น หญ้ายาง หญ้าดอกขาว ต้นกกชนิดต่างๆ สะเดาดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักตบชวาที่เป็นปัญหาในการกำจัดอยู่ขณะนี้ ซึ่งเป็นวัชพืชที่เจริญได้อย่างรวดเร็ว จนก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย การนำผักตบชวามาทำปุ๋ยหมักจึงเป็นแนวทางการกำจัดที่ดี โดยเปลี่ยนให้เป็นปุ๋ยหมักที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดินและยังช่วยทำลายแหล่งของศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี เป็นการช่วยรัฐบาลให้ประหยัดงบประมาณที่จะใช้ในการกำจัดได้

จากวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นเศษซากพืช วัสดุอินทรีย์และมูลสัตว์ต่างๆ ซึ่งมีทั้งวัตถุดิบที่สลายตัวง่าย และวัตถุดิบที่สลายตัวยาก มีปริมาณธาตุอาหารมากน้อยแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) โดยเฉลี่ยของวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ

วัสดุอินทรีย์	คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)	C/N (เปอร์เซ็นต์)
ฟางข้าว	38.57	0.84	0.22	1.58	59
แกลบ	48.46	0.84	0.22	1.58	97
ขุยมะพร้าว	64.21	0.38	0.07	1.34	185
ตอซังข้าวโพด	26.27	0.88	0.28	0.56	37
ซังข้าวโพด	44.60	0.64	0.21	0.75	112
ทลายปาล์ม	50.60	0.92	0.10	1.00	55
กากอ้อย	52.77	1.40	0.81	0.20	132
เปลือกสับปะรด	49.46	0.99	0.22	1.73	50
ใบสับปะรด	50.32	1.00	0.23	1.50	54

ที่มา : จุฑามาศ (2548)

ประกาศิต (2549) ได้กล่าวถึง ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก ไว้ดังนี้ กระบวนการย่อยสลายเศษพืชภายในกองปุ๋ยหมักนั้น เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพของการย่อยสลายวัสดุเศษพืชนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักหลายประการ ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายนั้น อาจส่งเสริมหรือลดอัตราย่อยสลายของวัสดุได้ แต่โดยจุดมุ่งหมายหลักได้เน้นถึงคุณสมบัติของวัสดุเศษพืชและหลักการปฏิบัติที่ถูกต้อง เพื่อเพิ่มอัตราการย่อยสลายในระหว่างการ

ผลิตปุ๋ยหมักเป็นประการสำคัญ ดังนั้น สภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในกองปุ๋ยหมักจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์และมีผลต่อไปถึงอัตราย่อยสลายด้วย สำหรับปัจจัยสภาพแวดล้อมดังกล่าวซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการย่อยสลายวัสดุเศษพืชในกองปุ๋ยหมักสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ลักษณะของเศษวัสดุ ได้แก่ ชนิดของเศษวัสดุ วัสดุที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักมีหลายประเภท แต่ละปีจะมีปริมาณมากมาย วัสดุเหล่านี้บางชนิดก็ย่อยสลายได้ง่าย รวดเร็ว บางชนิดก็ย่อยสลายได้ช้า ขึ้นอยู่กับเนื้อของวัสดุเหล่านั้น ว่ามีส่วนจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหาร ได้ยากหรือง่าย และมีแร่ธาตุอยู่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ ดังนั้นจึงอาจแบ่งวัสดุเหล่านี้ออกเป็น 2 พวก คือ (1) เศษพืชสลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ใบตอง เศษหญ้าสด เศษพืชที่อวบน้ำ เศษผัก กากเมล็ดข้าวฟ่าง พืชวงศ์ถั่วต่างๆ เป็นต้น (2) เศษพืชสลายตัวได้ยาก เช่น ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง เป็นต้น ขนาดของเศษพืช ก็เป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญ ถ้าเศษพืชที่นำมาหมักมีขนาดใหญ่เกินไป ภายในกองจะมีช่องว่างอยู่มาก กองปุ๋ยจะแห้งได้ง่าย ความร้อนที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยกระจายหายไปอย่างรวดเร็ว ทำให้กองปุ๋ยไม่ร้อนเท่าที่ควร การย่อยสลายพืชจะช้า ศัตรูต่างๆ ที่ติดมาก็ไม่ถูกทำลายไป ดังนั้นควรสับหรือหั่นให้มีขนาดเล็กประมาณ 2-3 นิ้ว จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตในชิ้นส่วนพืชได้ทั่วถึง เมื่อเศษพืชอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น การแพร่ขยายของจุลินทรีย์ก็เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และกองปุ๋ยจะระอุดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการทำปุ๋ยหมักเป็นปริมาณมาก การหั่นหรือสับเศษพืชก็เป็นไปอย่างสิ้นเปลืองแรงงานมาก อาจเปลี่ยนไปใช้วิธีการอื่นได้ตามความเหมาะสม เช่น ถ้ามีรถแทรกเตอร์ก็โรยชิ้นส่วนพืชลงบนพื้นแข็ง แล้วใช้รถบดทับไปมา หรือใช้วิธีหาเศษพืชขนาดเล็ก เช่น เศษหญ้าผสมคลุกเคล้าเข้าไปในกอง เพื่อลดช่องว่างที่มีอยู่ แต่ถ้ามีเศษหญ้าไม่พอ ก็อาจใช้ดินหรือเลี่ยงไปใช้วิธีกองปุ๋ยหมักในหลุมหรือบ่อหมักแทน ความสดของพืช โดยปกติจะทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชที่แห้ง เนื่องจากความสะดวกในการกองและการควบคุมสภาพแวดล้อม ภายในกองปุ๋ยหมักในด้านความชื้นและการระบายอากาศ ในบางกรณีอาจใช้เศษพืชสด ซึ่งก็สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ แต่ต้องระมัดระวังในเรื่องความชื้น เพราะการใช้เศษพืชสด จะมีปริมาณน้ำมากและการระบายอากาศไม่ดี อาจเกิดกระบวนการเน่าเสียภายในกองปุ๋ยจนเกิดกลิ่นเหม็นได้ ดังนั้นในกรณีที่เป็นเศษวัสดุพืชสด เช่น ผักตบชวา อาจจะนำผักตบชวานั้นมากองตากแดดประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้น้ำระเหยออกจากวัสดุ ผักตบชวามาผสมกับวัสดุอื่นๆ เช่น ฟางข้าว ในระหว่างการทำปุ๋ยหมักซึ่งจะเป็นการลดความชื้นให้กับกองปุ๋ยหมักด้วย

มูลสัตว์ ในการตั้งกองปุ๋ยหมักนั้น ถ้าใส่มูลสัตว์ต่างๆ เช่น มูลวัว สุกร เป็ด ไก่ ผสมคลุกเคล้าลงไปด้วยแล้ว กองปุ๋ยหมักจะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดการย่อยสลายได้ดีกว่าการใช้เศษพืชอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะมูลสัตว์มีสารประกอบและแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์อยู่มากมายหลายชนิด จึงเป็นการเร่งให้จุลินทรีย์ย่อยเศษพืชได้อย่างรวดเร็ว และมูลสัตว์มีจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีความสามารถย่อยเศษพืชได้ดีอย่างมากมายด้วย จึงเป็นการใส่เชื้อจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากลงไปในกองปุ๋ยนั่นเอง จุลินทรีย์เหล่านี้จะไปสมทบกับจุลินทรีย์ที่ติดมากับเศษพืช ช่วยย่อยและแปรสภาพเศษพืชให้กลายเป็นปุ๋ยหมักเร็วขึ้น ปริมาณมูลสัตว์ที่ต้องใช้ในการทำปุ๋ยหมักนั้นไม่คงที่ตายตัว ถ้ามีมากก็ใส่มากตามที่ต้องการ เพราะถ้ายิ่งใส่มากก็ยิ่งเป็นการเร่งให้เศษพืชแปรสภาพได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตามไม่ควรใส่น้อยกว่า 1 ส่วนต่อพืช 10 ส่วน ถ้ามีมูลสัตว์น้อยกว่านี้ และเศษพืชที่ใช้เป็นเศษพืชที่สลายตัวได้ยาก ก็ควรหาวัสดุอื่นๆที่มีไนโตรเจนมากๆ เช่นปุ๋ยเคมีมาเสริมแทนได้

ปุ๋ยเคมี เศษพืชประเภทที่สลายตัวได้ยากจะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อยไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ แร่ธาตุตัวสำคัญที่ปกติมักจะขาดแคลนมากที่สุดในเศษพืชพวกนี้ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ดังนั้นจึงเน้นเฉพาะการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยแอมโมเนีย ซัลเฟต ปุ๋ยยูเรีย สำหรับแร่ธาตุอื่นๆ นอกเหนือไปจากไนโตรเจนนั้น ปกติเศษพืชจะมีอยู่มากพอสมควร แม้ว่าจะไม่ค่อยเพียงพอ แต่การใส่แร่ธาตุเหล่านั้นเพิ่มเติมลงไป ก็มักไม่ทำให้เศษพืชสลายตัวได้รวดเร็วขึ้นเท่าใดนัก ปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่ต้องใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของเศษพืชที่นำมาหมัก ถ้าเป็นพวกที่ย่อยสลายได้ง่าย ก็ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีลงไปอีก หรืออาจใส่ในปริมาณเล็กน้อยเพียงเสริมหรือกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้น หรือถ้าเป็นเศษพืชที่ย่อยสลายได้ยาก ก็ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วย ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในกรณีที่เป็นเศษพืชพวกที่สลายตัวได้ยากนั้น อาจประมาณได้ว่าถ้าใช้ปุ๋ยยูเรีย ควรใส่ในอัตรา 1.5-2.0 กิโลกรัมต่อขนาดของกองที่เสร็จแล้ว 2 ลูกบาศก์เมตร หรือถ้าเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตก็ใช้ประมาณ 3-4 กิโลกรัมต่อกองปุ๋ยขนาด 2 ลูกบาศก์เมตร

การระบายอากาศของปุ๋ย ในการตั้งกองปุ๋ยหมักนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงสภาพการระบายอากาศภายในกองปุ๋ย เพราะถ้าไม่มีอากาศให้จุลินทรีย์ใช้หายใจแล้ว การย่อยสลายของกองปุ๋ยหมักจะเปลี่ยนไปเป็นการย่อยสลายแบบอับอากาศ ทำให้การสลายตัวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และมักเกิดกลิ่นเหม็นความร้อนที่จะช่วยกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ในกองปุ๋ยก็ไม่เกิดขึ้น ลักษณะเช่นนี้ พบได้เสมอกับกองปุ๋ยที่แน่นทึบหรือรดน้ำจนเปียกแฉะ ถ้าหากหมักเศษพืชในสภาพนี้ จะใช้เวลานาน ถ้าต้องการให้เศษพืชสลายตัวอย่างรวดเร็ว ไม่มีกลิ่นเหม็นและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยมากพอที่จะกำจัดเชื้อโรค เมล็ดวัชพืช ตัวอ่อนหรือไข่แมลงวันที่มีอยู่แล้วจำเป็นต้องปฏิบัติดูแลรักษาให้กองปุ๋ยมีสภาพการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยที่ดีอยู่เสมอ

ขนาดของกองปุ๋ย ไม่ควรตั้งกองปุ๋ยให้สูงมากนัก ถ้ากองปุ๋ยสูงมากส่วนล่างของกองจะถูกน้ำหนักจากส่วนบนกดทับ ทำให้อัดตัวแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเศษพืชสลายตัวไประยะหนึ่งแล้ว จะมีเนื้อละเอียดขึ้น กองปุ๋ยจะยุบตัวลง เนื้อปุ๋ยด้านล่างของกองก็ถูกกดจนแน่นทึบไม่สามารถระบายอากาศได้ ความสูงของกองปุ๋ยที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.5 -1.8 เมตร ความกว้างของกองปุ๋ยก็ไม่ควรมากจนเกินไป เพราะมีผลกระทบต่อการระบายของอากาศด้านข้างของกองปุ๋ยเช่นกัน ถ้ากว้างมากเกินไปการกลับกองปุ๋ยอาจทำได้ไม่สะดวก ปกติควรกว้างประมาณ 2-3 เมตร ในทางตรงกันข้าม กองปุ๋ยไม่ควรเตี้ยหรือแคบเกินไป เพราะจะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นกระจายออกไปได้ง่าย ควรมีด้านกว้าง ยาว และสูง ด้านละไม่ต่ำกว่า 1 เมตร

การรดน้ำของปุ๋ยขณะตั้งกองปุ๋ยหมัก จะต้องรดน้ำจนเศษพืชชื้นพอที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ และต้องไม่รดมากเกินไปจนกระทั่งการระบายอากาศของกองปุ๋ยไม่ดี ถ้าเศษพืชนั้นแห้ง และมีขนาดใหญ่ เช่น ซังข้าวโพด ต้นข้าวโพด เศษวัชพืชแห้ง ไม่ควรมีปัญหาเรื่องการระบายอากาศในกองปุ๋ย แต่อาจจะมีปัญหาเรื่องเศษพืชมีขนาดเล็ก จะดูดซับน้ำได้ดี เช่น ชานอ้อย ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว กากตะกอนน้ำเสีย กากส่าเหล้า ต้องรดน้ำเล็กน้อยแค่ทำให้วัสดุเหล่านั้นเปียกชื้นเสมอเท่านั้น อย่าให้แฉะ ขณะรดน้ำควรหลีกเลี่ยงการขึ้นไปเหยียบย่ำบนกองวัสดุ เพราะจะทำให้กองปุ๋ยแน่นทึบเกินไป เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญไม่ได้ดีเท่าที่ควร ในกรณีของเศษพืชที่อวบน้ำ เช่น ผักตบชวา หลังจากนำขึ้นมาจากน้ำ จะอมน้ำไว้มาก ถ้านำมากองปุ๋ยทันทีจะอัดตัวกันแน่น ควรปล่อยทิ้งไว้ให้เหี่ยวพอสมควร แล้วค่อยนำไปกอง จะช่วยให้กองปุ๋ยมีการระบายอากาศดีขึ้น

การระบายอากาศ ถ้าวัสดุมีขนาดค่อนข้างเล็ก เมื่อกองปุ๋ยไปแล้วระยะหนึ่งกองปุ๋ยจะมีลักษณะค่อนข้างทึบ หรือเมื่อหมักเศษพืชไประยะหนึ่งแล้วเห็นว่าเศษพืชอัดตัวกันแน่นมากขึ้น เกรงว่าการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยไม่เพียงพอ ก็อาจช่วยระบายอากาศในกองปุ๋ยได้โดยวิธีง่ายๆ คือ เมื่อเริ่มตั้งกองปุ๋ยใหม่หลังจากการกลับกอง ก็หาไม้ไผ่หรือท่อพีวีซีมาหลายๆ ลำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-6 นิ้ว มาปักตั้งไว้บนพื้นดินที่จะตั้งกองปุ๋ยโดยกะว่าเมื่อตั้งกองไปแล้ว ลำไผ่จะกระจายอยู่ทั่วๆ กอง แล้วจึงทำการตั้งกองปุ๋ย เมื่อตั้งกองปุ๋ยเรียบร้อยแล้วก็ถอนลำไผ่ออก กองปุ๋ยก็จะมีช่องระบายอากาศตามที่ต้องการ ก่อนถอนลำไม้ไผ่ควรโยกไม้ไปมารอบๆ จะทำให้ช่องระบายอากาศคงรูปได้ดีขึ้น ไม่ยุบตัว ควรทำช่องระบายอากาศเช่นนี้ทุกครั้งที่มีการกลับกองปุ๋ย

การกลับกองปุ๋ย หลังจากตั้งกองปุ๋ยไประยะหนึ่งแล้ว ควรกลับกองปุ๋ยโดยการคุ้ยกองลงมาทั้งหมด เกลี่ยผสมคลุกเคล้ากัน แล้วนำวัสดุทั้งหมดกลับตั้งเป็นกองใหม่ในรูปทรงเดิม โดยพยายามกลับเอาเศษพืชที่เคยอยู่ด้านนอกของกองให้กลับเข้าไปอยู่ด้านในกอง การกลับกองปุ๋ยจะทำให้สภาพของกองปุ๋ยโปร่งขึ้น การระบายอากาศดีขึ้น รวมทั้งเป็นการหมุนเวียนเอาวัสดุด้านนอกของกองที่ยังไม่สลายตัวให้เข้าไปรับความร้อนภายในกอง และช่วยกำจัดหนอน ตัวอ่อนของแมลงวันที่อาจเกิดขึ้นบริเวณขอบนอกของกอง ขณะเดียวกันก็เป็นการผสมคลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากัน มีความชื้นสม่ำเสมอทั้งกอง การกลับกองมีความสำคัญมากต่อการแปรสภาพของกองปุ๋ย ยิ่งสามารถกลับกองได้บ่อยครั้งจะยิ่งช่วยให้เศษพืชแปรสภาพไปเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เช่น การกลับกองทุกๆ 3-5 วัน หรือทุกสัปดาห์ จะทำให้เศษซากพืชสลายตัวได้รวดเร็ว แต่การกลับกองเป็นขั้นตอนที่สิ้นเปลืองแรงงานอย่างมาก ถ้าไม่มีความจำเป็นต้องรีบใช้ปุ๋ยหมัก ก็สามารถลดจำนวนครั้งในการกลับกองปุ๋ยลงได้ตามเวลา หรือแรงงานที่มีอยู่ แต่อย่างน้อยที่สุดก็ควรจะมีการกลับกองประมาณ 3-4 ครั้ง คือ กลับกองครั้งแรกประมาณ 10 วัน หลังจากเริ่มตั้งกองปุ๋ย ครั้งที่สองประมาณ 15 วัน หลังจากกลับกองครั้งแรก จากนั้นก็อาจกลับกองทุกๆ 20 วันจนสามารถนำไปใช้ได้

ความชื้นของกองปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยนั้นต้องอาศัยน้ำหรือความชื้นในการดำรงชีพ วัสดุที่นำมากองจึงต้องเปียกชื้น การรดน้ำต้องระมัดระวังพอสมควร คือ รดน้ำแค่พอให้เศษพืชในกองเปียกชื้นพอสมควร ไม่ให้แฉะ ส่วนใหญ่แล้วเศษพืชไม่ค่อยดูดซับน้ำ จึงอาจต้องรดน้ำให้มากเป็นพิเศษในวันแรก จากนั้นก็เพียงคอยตรวจตราเป็นระยะๆ ดูแลให้กองปุ๋ยชื้นอยู่เสมอ ความชื้นที่พอดีของกองปุ๋ยอยู่ในช่วงร้อยละ 40 – 60 โดยน้ำหนัก ประมาณคร่าวๆ ได้โดยวิธีใช้มือหยิบเอาเศษพืชในกองออกมา แล้วกำบีบให้แน่น ถ้ามีน้ำไหลซึมออกมากตามซอกนิ้วไหลเป็นทาง แสดงว่ากองปุ๋ยหมักแฉะเกินไป ไม่ควรรดน้ำ แต่ควรทำการกลับกองปุ๋ยบ่อยขึ้น ถ้าบีบแล้วน้ำซึมออกมาตามซอกนิ้ว แต่ไม่ถึงกับไหลเป็นทางแสดงว่าความชื้นพอดีแล้ว แต่เมื่อบีบแล้วไม่มีน้ำซึมออกมาเลย แสดงว่าเศษพืชนั้นแห้งเกินไป ต้องรดน้ำเพิ่มเติม

อุณหภูมิ หลังจากกองปุ๋ยหมักแล้วประมาณ 2-4 วัน อุณหภูมิภายในจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง 50-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลาย และคุณสมบัติการเก็บความร้อนของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมัก การที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นดังกล่าว ทำให้สภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยเปลี่ยนแปลงไป ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ก็เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ พบว่า จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ พวกที่ทนต่ออุณหภูมิสูง และพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง หลังจากที่อุณหภูมิสูงสุดแล้วจะค่อยๆ ลดลง จนถึงที่ระดับจุลินทรีย์พวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลางสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น ระดับของอุณหภูมิในกองปุ๋ยจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่

เหมาะสม ชนิดของวัสดุเหลือทิ้ง และขนาดของกองปุ๋ยหมักด้วย สำหรับชนิดและลักษณะของวัสดุเศษพืชนั้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักด้วย โดยวัสดุที่เป็นเส้นขนาดใหญ่ ได้แก่ ฟางข้าว และผักตบชวา จะมีอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงระหว่าง 45-50 องศาเซลเซียส แต่วัสดุที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ ชานอ้อย แกลบ และเศษปอ จะมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายโดยเชื้อรา และแอคติโนมัยซีส อยู่ในช่วง 45-55 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่ามีบทบาทมากในการย่อยสลายสารประกอบพวก Long Chain Polymers ต่างๆ ของสารเซลลูโลสและลิกนิน ในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปประมาณ 70 องศาเซลเซียส จะมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลงและกิจกรรมของจุลินทรีย์จะลดลงตามไปด้วย ทำให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงถึงระดับที่เหมาะสม เชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือรอดอยู่จะเริ่มกิจกรรมในการย่อยสลายต่อไป

ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง วัสดุที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 3-11 สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5.5-8 เนื่องจากแบคทีเรียชอบ pH ในช่วงที่เป็นกลาง ส่วนเชื้อราสามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกรดได้ แต่โดยปกติแล้ว pH เริ่มต้นในการหมักจะค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อย คือ อยู่ในช่วงประมาณ 6 ซึ่งถือเป็น pH ที่พบในเซลล์ของพืชเป็นส่วนใหญ่

อัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักเป็นค่าที่บ่งบอกความยากหรือง่ายต่อการย่อยสลาย และใช้เป็นตัวกำหนดระดับความเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ กล่าวคือ ถ้าวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักมีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก ๆ อัตราการย่อยสลายจะเกิดช้า เนื่องจากความไม่สมดุลของสารประกอบคาร์บอนกับไนโตรเจน ในสภาพเช่นนี้จุลินทรีย์จะใช้สารประกอบคาร์บอนในรูปแบบต่างๆ เป็นแหล่งของพลังงานและแหล่งของคาร์บอนในการเจริญ ขณะเดียวกันจุลินทรีย์ก็ต้องใช้สารประกอบไนโตรเจนด้วย แต่สารประกอบไนโตรเจนมีปริมาณน้อย จึงเป็นปัจจัยที่จำกัดการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้กิจกรรมในการย่อยสลายเกิดขึ้นช้า การใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าประมาณ 30-35 : 1 ค่อนข้างเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ใช้เป็นตัวกำหนดการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ คือ 20:1 ซึ่งปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินจะไม่เกิดผลเสียต่อดินและพืช

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการทำปุ๋ยหมัก การหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศเป็นกระบวนการซึ่งจุลินทรีย์หลายชนิดมีบทบาทเกี่ยวข้องร่วมกัน แต่ละชนิดของจุลินทรีย์จะเหมาะกับสภาพแวดล้อมของแต่ละช่วงเวลา และแต่ละเชื้อจะมีกิจกรรมการย่อยสลายในรูปแบบเฉพาะของตัวเอง จากการศึกษาของ Lardinois และคณะ (1993) พว่า จุลินทรีย์ในกองหมักมูลฝอย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 จำพวก และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแต่ละจำพวก แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ประเภทจุลินทรีย์	พิสัย (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่เหมาะสม (องศาเซลเซียส)
Psychrophilic	0 – 30	15
Mesophilic	20 – 40	32
Thermophilic	40 - 70	55

ที่มา : Lardinois และคณะ (1993)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Chino และคณะ (1983) รายงานว่า ในระยะเร่งของการหมักตะกอนน้ำทิ้งเป็นปุ๋ยวัสดุหมักจะถูกย่อยด้วย Mesophilic fungi และ Aerobic bacteria มากกว่าพวก Thermophilic actinomyces และพบว่า การออกซิไดซ์สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดความร้อนสูงในกองหมัก

สุมิตรา (2532) ได้กล่าวถึง จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยเซลลูโลสในกองปุ๋ยหมักว่า แบ่งได้เป็น 3 พวกใหญ่ๆ ดังนี้

พวกที่ต้องการออกซิเจนและชอบอุณหภูมิปานกลาง มีทั้งแบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยจุลินทรีย์ในสกุล ต่อไปนี้ เชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Curvularia*, *Phoma*, *Fuasium*, *Memnoniella* และ *Trichoderma* เป็นต้นแบคทีเรีย ได้แก่ *Cytophage*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Celluiutomonas*, *Sporcyotophage* เป็นต้น แอคติโนมัยซีส ได้แก่ *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia* จุลินทรีย์เหล่านี้เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 15 – 45 องศาเซลเซียส และเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส

พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนและชอบอุณหภูมิปานกลาง จุลินทรีย์ที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ แบคทีเรียจีนัส Clostridium ส่วนเชื้อราและแอคติโนมัยซีสมีความสำคัญน้อยมาก เพราะไม่สามารถเจริญอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจนได้

พวกที่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 45- 65 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีบทบาทในการย่อยสลายที่อุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ *Clostridium thermocellum* และ *Clostridium thermocellulaseum*

สำหรับพวก Facultative Aerobes นั้นสามารถหายใจและทำกิจกรรมการย่อยสลายได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจนตราบใดที่ยังคงมี Electron acceptors อยู่ในกองปุ๋ยหมัก (ไพบูลย์และคณะ, 2542)

การดูแลรักษากองปุ๋ยหมัก ต้องคอยควบคุมให้กองปุ๋ยหมักมีความชื้นอย่างเหมาะสม โดยการใช้ไม้ไผ่เสียบเข้าไปในกองปุ๋ยหมัก ถ้ามีละอองน้ำเกาะแสดงว่ามีความชื้นพอเหมาะ แต่ถ้าไม้ไผ่เปียกแสดงว่ามีน้ำมากเกินไป ต้องทำการกลับกองปุ๋ยเพื่อช่วยทำให้น้ำระเหยออกไป และทำให้อากาศถ่ายเทได้ดี ในระยะ 2 สัปดาห์แรก เนื่องจากอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตและทำกิจกรรมในการย่อยสลายวัสดุในกองปุ๋ยหมัก นอกจากนี้การกลับกองปุ๋ยหมักยังช่วยทำให้เศษวัสดุรอบนอกที่ยังไม่ถูกย่อยสลายให้พลิกกลับไว้ในกองปุ๋ยหมัก ในกรณีที่ไม่สามารถกลับปุ๋ยได้บ่อยๆ รวมทั้งมีน้ำในปริมาณจำกัด ควรใช้วิธีการกองปุ๋ยแบบไม่ต้องกลับกอง โดยใช้ไม้ไผ่ที่ทะลุปล้องมีรูตลอดลำ หรือท่อพีวีซีเสียบผ่านเข้าไปในกองปุ๋ย โดยให้มีรูระบายอากาศผ่านเข้าออกภายในกองปุ๋ย และใช้ดินคลุมกองโดยให้ไม้ไผ่หรือท่อน้ำโผล่ทะลุหลังจากดินที่ใช้พอกรอบกองปุ๋ยแห้ง ให้ดึงไม้ไผ่หรือท่อน้ำออก จะทำให้เกิดช่องระบายอากาศและไม่ต้องรดน้ำ แต่ต้องทำให้เศษพืชชุ่มน้ำอย่างเพียงพอในขณะที่เริ่มทำกองปุ๋ย (จุฑามาศ,2548)

กองปฐพีวิทยา (2540) ได้กล่าวถึงหลักในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์ ไว้ว่า โดยทั่วไปมักจะมีปัญหาอยู่เสมอว่าวัสดุเหลือใช้ที่นำมาทำปุ๋ยหมักนั้นย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะใส่ลงในดินแล้วหรือยัง ข้อกำหนดในการบ่งบอกว่าปุ๋ยหมักเสร็จสมบูรณ์คือ ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุควรมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 20:1 ซึ่งค่าของอัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระดับดังกล่าว เมื่อนำปุ๋ยหมักใส่ลงไปในดินแล้วจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อพืช สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้วสังเกตได้ดังนี้

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สีของวัสดุเศษพืช หลังจากเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน

ลักษณะของวัสดุเศษพืช ที่เป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก

กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นหรือกลิ่นฉุน แสดงว่ากระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยหมักยังไม่สมบูรณ์

ความร้อนในกองปุ๋ย หลังจากกองปุ๋ยหมักประมาณ 2-3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะสูงอยู่ในระดับนี้ระยะหนึ่งแล้ว จึงค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยหมักจึงถือว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ แต่ควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย เพราะในกรณีที่มีความชื้นน้อยหรือมากเกินไป อาจจะทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงได้เช่นกัน

ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อกองปุ๋ยหมักเกือบใช้ได้แล้ว บางครั้งอาจจะมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยได้ แสดงว่ากองปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

3.3.4 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก

ธาตุอาหาร หมายถึง ธาตุอาหารเคมีที่พืชต้องการนำไปใช้บำรุงส่วนต่างๆ เพื่อดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เป็นต้น แต่ในธรรมชาติต่างๆ ไม่ได้อยู่ในรูปลักษณะเดี่ยวๆ มักจะทำปฏิกิริยารวมกับธาตุอื่นๆ อยู่ในรูปสารประกอบ เรียกว่า วัสดุปุ๋ย ปุ๋ยยังสามารถผลิตได้จากสิ่งของที่เกิดจากธรรมชาติ เรียกว่าปุ๋ยอินทรีย์หรือจากการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งทั้งสองประเภทนั้นปริมาณธาตุอาหารจะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ในการทำปุ๋ย (เรียมสงวน, 2544)

กรมพัฒนาที่ดิน ได้กำหนดคุณภาพและมาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมักไว้ (ปรัชญา และคณะ, 2540) ดังนี้ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่เกิน 20:1 เกรดปุ๋ยไม่ควรต่ำกว่า 1:1:0.5 (ร้อยละ N P K ตามลำดับ) ความชื้นของปุ๋ยหมักไม่ควรมากกว่า ร้อยละ 25-50 (โดยน้ำหนัก) ปริมาณอินทรียวัตถุประมาณ ร้อยละ 25 -50 โดยน้ำหนัก ความเป็นกรดเป็นด่าง ประมาณ 6-7.5 ไม่ควรมีวัสดุเจือปนอื่น ๆ

ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญที่สำคัญในปุ๋ยหมักแสดงในตารางที่ 15

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 15 ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในปุ๋ยหมัก

สารอาหาร	ระดับที่พบต่ำที่สุด (ร้อยละ)
ไนโตรเจน	0.06
ฟอสฟอรัส	0.50
โพแทสเซียม	0.30
แคลเซียมออกไซด์	2.00
แคลเซียมคาร์บอเนต	3.05
แมกนีเซียมออกไซด์	0.30

ที่มา : อรลัดดา (2537)

3.3.5 การใช้ปุ๋ย

กองปฐพีวิทยา (2540) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ปุ๋ยหมักกับพืชไร่นั้น ควรใส่ปริมาณเท่าที่สามารถจัดหาเองได้ การใส่ในปริมาณมากๆ อาจจะไม่คุ้มทุน เนื่องจากราคาปุ๋ยหมักหรือแม้แต่ปุ๋ยมูลสัตว์มีราคาค่อนข้างแพง ส่วนราคาผลผลิตพืชไร่นั้นอยู่ในระดับต่ำ การใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยมูลสัตว์กับพืชไร่ควรใช้กับดินที่มีปัญหา เช่น ดินจอมปลวก ดินเกลือ หรือดินที่ได้มีการปรับหน้าดินไปที่อื่น การปลูกพืชหมุนเวียนกับพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ จะเหมาะสมกว่าปลูกพืชเดียวติดต่อกัน การปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดแล้วไถกลบลงไปในดินในไร่ จะสามารถช่วยเพิ่มไนโตรเจนแก่ดินอย่างน้อย 5-10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ การปลูกพืชปุ๋ยสดควรจะปลูกก่อนพืชไร่ (พืชหลัก) แล้วทำการไถกลบเมื่อมีอายุได้ 50-60 วัน ก่อนปลูกพืชหลักอย่างน้อย 10-15 วัน ปอเทือง ถั่วพุ่มและถั่วพร้า เหมาะที่จะปลูกในดินทราย ดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียว

นอกจากใช้ปุ๋ยพืชสดแล้ว เศษซากพืช เช่น ตอซังข้าวโพด ถั่วลิสง ข้าวฟ่าง และถั่วเหลือง ที่เหลือทิ้งอยู่ในแปลง ควรไถกลบลงในดินหรือปล่อยคลุมดินไว้ ตามเดิม จะมีคุณค่ามากกว่าเผาทิ้ง อย่างไรก็ดีมีข้อควรระวังในการไถกลบตอซังพืช ถ้ามีปริมาณมากเกินไปและต้องการปลูกพืชตามทันทีควรเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5-10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ กับพืชที่ปลูก ทั้งนี้เพราะตอซังเหล่านี้มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากกว่า 40 หรือมีไนโตรเจนต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างขบวนการย่อยสลายตัวของเศษซากพืชเหล่านี้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีอยู่แล้วในดินจะถูกจุลินทรีย์ที่อาศัยในดินแย่งนำไปใช้ในกระบวนการสลายตัว เป็นผลให้พืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ และจะแสดงอาการเหลืองซีด แต่ไถกลบก่อนปลูก 15 วัน ก็ไม่มีปัญหา เพราะไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการสลายตัวของตอซังพืชแล้ว

ไม้ผล ใช้รองก้นหลุมก่อนปลูกไม้ผลอัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อหลุม ขึ้นอยู่กับขนาดของหลุมปลูก และความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งใช้หว่านใส่เพิ่มการเจริญเติบโตให้กับไม้ผล อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุและขนาดทรงพุ่มไม้ผล

พืชผัก ใช้ปุ๋ยหมักผสมดินในช่วงเตรียมแปลงปลูกพืชผัก อัตราปุ๋ยหมัก 1-2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและใช้รองก้นหลุมก่อนปลูกพืชผักที่มีอายุเกิน 2 เดือน เช่น กะหล่ำปลี แตงกวา ฟักทอง ฯลฯ ประมาณ 1 กำมือต่อหลุม รวมทั้งใช้ใส่เพิ่มความเจริญเติบโตให้กับพืชผักที่ปลูกในแปลง

ปุ๋ยที่หมักแล้วเมื่อใช้ไม่หมด สามารถใส่กระสอบเก็บไว้ในที่ร่มไม่ถูกแสงแดดและฝนจะเก็บได้นานประมาณ 1 ปี

3.4 การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.1

กรมพัฒนาที่ดิน (2558) ได้กล่าวว่า ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง เกิดจากการนำซากหรือเศษเหลือจากพืชมาหมักรวมกันและผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ จนเปลี่ยนสภาพไปจากเดิมเป็นวัสดุที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม เปื่อยยุ่ย ไม่แข็งกระด้าง และมีสีน้ำตาลปนดำ

สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เพื่อผลิตปุ๋ยหมักในเวลารวดเร็วและมีคุณภาพสูงขึ้น ประกอบด้วยเชื้อรา และแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสารประกอบเซลลูโลสและแบคทีเรียที่ย่อยไขมัน

จุดเด่นของสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 เป็นจุลินทรีย์ที่ทนอุณหภูมิสูง เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างสปอร์จึงเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายสารประกอบเซลลูโลส ย่อยสลายน้ำมันไขมันในวัสดุหมักที่ย่อยสลายยาก สามารผลิตปุ๋ยหมักในระยะเวลารวดเร็ว และมีคุณภาพ อีกทั้งยังสามารถย่อยวัสดุเหลือใช้ได้หลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น

คุณสมบัติของจุลินทรีย์ในสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในกระบวนการย่อยสลาย เจริญที่อุณหภูมิ 30 – 35 องศาเซลเซียส ต้องการความชื้นในการเจริญระหว่าง 50 – 70 เปอร์เซ็นต์ เจริญได้ดีช่วงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ระหว่าง 6–8

ผลดีของการหมักวัสดุก่อนนำไปใช้ คือ ในการนำเศษพืชหรือมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ไปใส่ในดินโดยไม่ผ่านกระบวนการหมักก่อนนั้น มักจะพบปัญหาในเรื่องของเมล็ดวัชพืช รวมถึงจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและไข่ของแมลงที่เป็นศัตรูพืชที่ติดปนมา อีกทั้งการนำเศษวัสดุเหล่านั้นใส่ลงในดินโดยตรง จะเกิดความร้อนและมีการดึงไนโตรเจนจากดินไปใช้โดยจุลินทรีย์ในระหว่างการย่อยสลาย ทำให้ดินบริเวณนั้นขาดไนโตรเจน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชชะงักและแสดงอาการใบเหลืองได้ ดังนั้นจึงควรนำเศษซากพืชและมูลสัตว์ไปหมักก่อน โดยความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลายและสะสมอยู่ในกองปุ๋ยหมักต่อเนื่องเป็นเวลานาน

ผลดีของการหมักวัสดุก่อนนำไปใช้ คือ ทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิด เช่น เชื้อรา *Helaminthosporium maydis* ที่ก่อให้เกิดโรคใบไหม้ของข้าวโพด ทำลายไข่พยาธิและเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค เช่น เชื้อ *Escherichia coil* ที่ก่อให้เกิดระบาดทางเดินอาหารตายภายใน 15–20 นาที ที่ 60 องศาเซลเซียส ส่วน *Entamoeba Histolytica* ก่อให้เกิดโรค Amabiasis ตาย ที่ 68 องศาเซลเซียส ทำลายไข่ของแมลงศัตรูพืช โดยทำให้ไข่แมลงฝ่อและไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นแมลงต่อได้และยังมีผลต่อการทำลายเมล็ดวัชพืชที่ติดมากับเศษพืชได้ด้วยเช่นกัน

วัสดุสำหรับผลิตปุ๋ยหมัก ได้แก่

วัสดุเศษพืชชนิดต่างๆ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้งส่วนที่เป็นต้น กิ่ง ก้าน ใบ และเปลือกจากไร่นา เช่น ฟางและตอซังข้าว ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด ต้นและเปลือกถั่วชนิดต่างๆ เป็นต้น และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น กากอ้อย ขี้ตะกรันหม้อกรอง ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย ทะลายปาล์ม เปลือกเมล็ดกาแฟ เป็นต้น รวมทั้งวัชพืช เช่น ผักตบชวา

มูลสัตว์ ใช้เป็นแหล่งอาหารแก่จุลินทรีย์ในระยะเริ่มแรกของการหมักในขณะที่ชิ้นส่วนพืชยังไม่เน่าเปื่อย อีกทั้งในมูลสัตว์ยังมีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ยอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในมูลสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ปุ๋ยไนโตรเจน จะเป็นธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่จุลินทรีย์ในระยะเริ่มแรกของการหมักซึ่งจะช่วยให้การย่อยสลายเศษพืชเกิดรวดเร็วขึ้นและทำให้การหมักเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต นอกจากแหล่งของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนแล้ว แหล่งไนโตรเจนในรูปของสารอินทรีย์ที่สามารถใช้แทนได้ เช่น เลือดแห้ง หนังสัตว์บดละเอียด ขนไก่ป่น ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนระหว่าง 1–14 เปอร์เซ็นต์ กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง มีไนโตรเจน 7–8 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

จุลินทรีย์ กระบวนการย่อยเศษพืชเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงจนกระทั่งเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ความร้อน และสารประกอบฮิวมัส เมื่อกระบวนการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์จะได้สารประกอบที่มีความคงทนที่เรียกว่า “ปุ๋ยหมัก” กระบวนการย่อยสลายในกองปุ๋ยแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะอุณหภูมิปานกลาง (mesophilic phase) ช่วง 30–40 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นในช่วงแรกของการย่อยสลาย ระยะอุณหภูมิสูง (thermophilic phase) เกิดขึ้นในช่วงที่มีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่องโดยอุณหภูมิจะเพิ่งสูงขึ้นถึง 45–60 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านี้ เป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสูงสุดจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมักและระยะอุณหภูมิลดลง (maturation phase) เป็นช่วงที่อัตราการย่อยสลายลดลงจนกระทั่งอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักลดลง และลดลงอย่างช้าๆ ช่วงนี้เป็นระยะที่ใกล้จะเสร็จสิ้นการย่อยสลายแล้ว

วิธีการกองปุ๋ยหมัก การกองปุ๋ยหมัก 1 ตัน จะมีขนาดความกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 1.5 เมตร การกองมี 2 วิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ วัสดุที่มีขนาดเล็กให้คลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากันแล้วจึงกองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนวัสดุที่มีชิ้นส่วนยาวให้กองเป็นชั้นๆ ประมาณ 3–4 ชั้น โดยเป็นส่วนผสมที่จะกองออกเป็น 3–4 ส่วน ตามจำนวนชั้นที่จะกอง มีวิธีการกองดังนี้ ผสมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 ในน้ำ 20 ลิตร นาน 10-15 นาที เพื่อกระตุ้นให้จุลินทรีย์ออกจากสภาพที่เป็นสปอร์และพร้อมที่จะเกิดกิจกรรมจากย่อยสลาย การกองชั้นแรกให้นำวัสดุที่แบ่งไว้ส่วนที่หนึ่งมากองเป็นชั้นมีขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 30-40 เซนติเมตร ย่ำให้พอแน่นและรดน้ำให้ชุ่ม นำมูลสัตว์โรยที่ผิวหน้าเศษพืชให้ทั่ว โรยปุ๋ยไนโตรเจนให้ทับชั้นบนของมูลสัตว์ แล้วราดสารละลายสารเร่งให้ทั่ว โดยแบ่งใส่เป็นชั้นๆหลังจากนั้นนำเศษพืชมากองทับเพื่อทำชั้นต่อไป ปฏิบัติเหมือนการกองชั้นแรก ทำเช่นนี้อีก 2-3 ชั้น ชั้นบนสุดของกองปุ๋ยควรปิดทับด้วยเศษพืชที่เหลืออยู่เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น

การปฏิบัติและการดูแลรักษากองปุ๋ยหมัก หลังจากกองปุ๋ยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการดูแลรักษารดน้ำรักษาความชื้นในกองปุ๋ย รดน้ำให้กองปุ๋ยชุ่มอยู่เสมอ ให้มีความชื้นประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก การกลับกองปุ๋ยหมัก ควรกลับกองปุ๋ยประมาณ 7-10 วันต่อครั้ง เพื่อเป็นการระบายอากาศเพิ่มอกซิเจนให้กับกองปุ๋ย และช่วยให้วัสดุคลุกเคล้าเข้ากัน การเก็บรักษากองปุ๋ยหมักที่เสร็จแล้วไว้ในโรงเรือนหลบแดดและฝน

หลักการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว คือ สีของเศษวัสดุพืช มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ลักษณะของวัสดุเศษพืช มีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย ขาดออกจากกันได้ง่าย กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น ความร้อนในกองปุ๋ย อุณหภูมิภายในและนอกกองปุ๋ยใกล้เคียงกันสังเกตเห็นการเจริญของพืชบนกองปุ๋ยหมัก ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับหรือต่ำกว่า 20 : 1

คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่เกิน 20 : 1 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เกรดปุ๋ยไม่ต่ำกว่า 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจน(N) , ฟอสเฟต(P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ความชื้นของปุ๋ยหมักไม่เกิน 30-40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมนต่อเมตร ความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-7.5 ไม่มีวัสดุอื่นเจือปน

อัตราและวิธีการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักส่วนใหญ่จะมีปริมาณธาตุอาหารพืชค่อนข้างต่ำ แต่มีบทบาทมากในการปรับปรุงคุณภาพของดิน อัตราการใส่ปุ๋ยหมักในดินที่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะใช้ในปริมาณที่สูงกว่าในดินเหนียวหรือดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางทางภาคเหนือและภาคกลาง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ยหมักเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อพืชที่ปลูก ควรใส่ปุ๋ยหมักในช่วงเตรียมดิน และไถกลบลงไปในดินขณะที่ดินมีความชื้นเพียงพอที่จะทำให้ธาตุอาหารที่มีอยู่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงสุด อัตราแนะนำและวิธีการใส่ปุ๋ยสำหรับพืชชนิดต่างๆนั้น มีดังนี้ ข้าว ใช้ 2 ตันต่อไร่ หว่านให้ทั่วพื้นที่แล้วไถกลบก่อนปลูกพืช พืชไร่ ใช้ 2 ตันต่อไร่ โรยเป็นแถวตามแนวปลูกพืช แล้วคลุกเคล้ากับดิน พืชผัก ใช้ 4 ตันต่อไร่ หว่านให้ทั่วแปลง ไถกลบขณะเตรียมดิน ไม้ผล ไม้ยืนต้น เตรียมหลุมปลูกใช้ 20 กิโลกรัมต่อหลุม คลุกเคล้าปุ๋ยหมักกับดิน ใส่ร่องก้นหลุม ต้นพืชที่เจริญแล้ว ใช้ 20-50 กิโลกรัมต่อต้น โดยขุดร่องลึก 10 เซนติเมตร ตามแนวทรงพุ่มของต้นใส่ปุ๋ยหมักในร่องและกลบด้วยดินหรือหว่านให้ทั่วภายในทรงพุ่ม ไม้ตัดดอก ใส่ปุ๋ยหมัก 2 ตันต่อไร่ ไม้ดอกยืนต้นใช้ 5-10 กิโลกรัมต่อหลุม

ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก คือ ปรับปรุงสมบัติกายภาพของดิน ทำให้ดินร่วนซุยการระบายอากาศและอุ้มน้ำของดินดีขึ้น เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุดูดยึดและเป็นแหล่งเก็บธาตุอาหารในดินไม่ให้ถูกชะล้างสูญเสียไปได้ง่าย และปลดปล่อยออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ทีละน้อยตลอดฤดูปลูก เพิ่มความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เพิ่มแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณและกิจกรรมจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น

3.5 มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน

ปัจจุบันความสนใจในเรื่องความปลอดภัยของสินค้าเกษตรและอาหารมีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากพิษภัยของการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างไม่ถูกต้อง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพในการดำรงชีวิตของมนุษย์ และจากการที่รัฐบาลได้ประกาศให้ปี 2547 เป็นปีแห่งความปลอดภัยทางอาหาร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้มีการรณรงค์และส่งเสริมให้เกษตรกรซึ่งเป็นผู้ผลิตและผู้ประกอบสินค้าเกษตรและอาหาร ผลิตอาหารที่มีคุณภาพและปลอดภัยแก่ผู้บริโภค สามารถแข่งขันในตลาดโลก เพื่อนำไทยไปสู่ครัวโลก

กรมพัฒนาที่ดิน ได้ดำเนินงานสนองนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์มาโดยตลอด โดยการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อเป็นฐานการผลิตที่ปลอดภัยและมั่นคงของประเทศ โดยเฉพาะเรื่องของการรณรงค์และส่งเสริมให้เกษตรกร ได้ตระหนักถึงการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เช่น ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ สารปรับปรุงบำรุงดิน ที่ผ่านการรับรองมาตรฐานและความปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์หรือสารพิษในวัตถุดิบ จากสารเคมีที่ใช้ในการผลิต เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นร่วมกันได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นำมาสู่การลดต้นทุนเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และผลิตสินค้าเกษตรแต่ละชนิดได้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

อันเป็นการเพิ่มรายได้และลดปัญหาความยากจนของเกษตรกรได้ในที่สุด โดยกรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดประเภทสินค้าที่ให้การรับรองจำนวน 12 ชนิด ซึ่งเป็นปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ซึ่งเป็นองค์ประกอบในการผลิตระดับไร่นา เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ฟื้นฟูและปรับปรุงคุณภาพดิน ป้องกันโรค โดยกรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดมาตรฐานของปุ๋ยหมักไว้ ดังนี้ ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิดในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และได้อินทรียวัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ มาตรฐานที่กำหนดโดยระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐาน ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2550 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) คือ

1) ปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าหรือเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1

3) ค่าการนำไฟฟ้า น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 เดซิซีเมนต่อเมตร

4) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 5.5-8.5

5) ปริมาณธาตุอาหารหลัก

ไนโตรเจน (N)	มากกว่าหรือเท่ากับ	1.0	เปอร์เซ็นต์	โดยน้ำหนัก
ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	มากกว่าหรือเท่ากับ	0.5	เปอร์เซ็นต์	โดยน้ำหนัก
โพแทสเซียม (K_2O)	มากกว่าหรือเท่ากับ	0.5	เปอร์เซ็นต์	โดยน้ำหนัก

6) ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

7) การผ่านตะแกรงร่อนขนาด 12.5 X 12.5 มิลลิเมตร ได้หมด

8) ปริมาณ หิน กรวด น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

9) เศษพลาสติก เศษแก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่นๆ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.01 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

10) ปริมาณธาตุโลหะหนัก

สารหนู (As)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	50	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
แคดเมียม (Cd)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	5	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โครเมียม (Cr)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	300	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ทองแดง (Cu)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	500	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ตะกั่ว (Pb)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	500	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ปรอท (Hg)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	2	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

11) ทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ดพืช ต้องมีเปอร์เซ็นต์ความงอก มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ศึกษารายงานผลการวิจัยการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย

4.1.1 การผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำทิ้ง ร่วมกับเศษผัก และกากไขมัน

จากการศึกษารายงานผลการวิจัยของ รัชกร และคณะ (2558) ซึ่งได้ทำการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำทิ้งร่วมกับเศษผัก และกากไขมัน เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมัก และคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้ง ประเภทกากตะกอนน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน หมักร่วมกับกับเศษผักและกากไขมัน สำหรับเป็นทางเลือกในการนำกลับมาใช้ประโยชน์และลดปริมาณมูลฝอย โดยเป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ นำกากตะกอนมาผสมร่วมกับเศษผัก กากตะกอนมาผสมร่วมกับกากไขมัน และกากตะกอนผสมร่วมกับเศษผักและกากไขมัน

การเตรียมวัสดุหมัก จะเตรียมโดยนำกากตะกอนไปผึ่งลมให้แห้ง หลังจากนั้นร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ส่วนเศษผักจะนำมาทำการลดขนาด โดยการตัดและสับให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร และกากไขมัน คัดแยกเอาเฉพาะกากที่ลอยอยู่ด้านบนของถังไขมัน จากนั้นนำวัสดุหมักมาผสมกันตามสัดส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของวัสดุก่อนการหมักจากการคำนวณ C:N ratio เริ่มต้นให้อยู่ในช่วงระหว่าง 25:1–30:1 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการหมักทำปุ๋ย ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปใส่ในถัง ในขณะหมักจะทำการกลับกองทุกๆ 7 วัน ใช้ระยะเวลาการหมัก 56 วัน (2 เดือน)

การวิเคราะห์ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น วิเคราะห์ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และปริมาณโลหะหนัก (ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว) ซึ่งได้ผลการศึกษา (ตารางที่ 16) ดังนี้

1) คุณลักษณะของกากตะกอน เศษผัก และกากไขมัน จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของวัสดุก่อนการหมัก พบว่า กากไขมันมีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ กากตะกอน และเศษผัก ความชื้นในเศษผักมีค่ามากที่สุด ส่วนกากตะกอนมีค่าพีเอชเป็นกลาง และกากไขมันมีค่าพีเอชเป็นกรดจัด ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในกากไขมันมีค่ามากที่สุด ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในกากตะกอนมีค่ามากที่สุด ปริมาณโพแทสเซียมในเศษผักมีค่ามากที่สุด

2) ความชื้นปุ๋ยหมัก พบว่า เมื่อสิ้นสุดการหมักความชื้นของ กากตะกอนร่วมกับเศษผัก และกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และกากไขมันมีความชื้นใกล้เคียงกัน (69.83 และ 65.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องมาจากเศษผักเป็นวัสดุหมักที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีจึงส่งผลต่อความชื้นสูง เป็นผลให้ความชื้นเริ่มต้นของการหมักสูงเช่นกัน ประกอบกับระยะเวลาการหมักสั้น ทำให้ความชื้นยังคงเหลืออยู่มาก ต้องอาศัยการพลิกกลับกองเพื่อช่วยให้ความชื้นระเหยได้ดีขึ้น เมื่อสิ้นสุดการหมักค่าความชื้นจึงลดลง ขณะเดียวกันปุ๋ยหมักจากกากตะกอนร่วมกับกากไขมัน มีค่าความชื้นน้อยที่สุด (20.53 เปอร์เซ็นต์) คาดว่ามาจากวัสดุหมักประเภทกากไขมันที่มีค่าความชื้นเดิมน้อย ความหนาแน่นมาก ทำให้การเก็บสะสมความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่สูงพอทำให้ของเหลวในระบบระเหยออกไปได้น้อย (Kongrod,2003)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เริ่มต้นการทดลองอยู่ในช่วง 5.09–5.8 และเมื่อสิ้นสุดการหมัก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และกากไขมัน มีค่าเพิ่มขึ้น 8.71 และ 6.91 ตามลำดับ เนื่องมาจากวัสดุหมักที่ผสมร่วมเกิดการย่อยสลายในสภาวะเติมอากาศเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ส่งผลให้ปริมาณกรดอินทรีย์ในวัสดุหมักลดลง เมื่อสิ้นสุดการหมักแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้น ขณะที่ปุ๋ยหมักจากกากตะกอนร่วมกับกากไขมันมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่งคาดว่าเนื่องจากกากไขมันมีความเป็นกรดมากกว่าวัสดุหมักชนิดอื่น และเมื่อพิจารณาพบว่า ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผักและกากไขมัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน,2550) ซึ่งกำหนดไว้ว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5.5-8.5

4) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน เมื่อสิ้นสุดการหมัก ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผักและกากไขมัน มีค่าลดลง 26.16 และ 31.84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ในวัสดุหมักย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำและสารอื่น ๆ และสามารถเปลี่ยนคาร์บอนจากอินทรีย์สารไปเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ แต่ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับกากไขมันมีค่าอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีกากไขมันเป็นองค์ประกอบทำให้ปริมาณอินทรีย์เกิดการย่อยสลายยากกว่า

5) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เมื่อสิ้นสุดการหมัก ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผักและกากไขมัน มีแนวโน้มการย่อยสลายที่ลดลง 16.56:1 และ 20.91:1 ตามลำดับ เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้สารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นอย่างเพียงพอ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าน้อยกว่า 20 ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน แต่ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับกากไขมันมีค่าเพิ่มขึ้น (88.22:1) เนื่องมาจากกากไขมันเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนมาก แนวโน้มการย่อยสลายจึงยากมาก

6) ประสิทธิภาพการย่อยสลาย เมื่อสิ้นสุดการหมักมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้เนื่องจากอัตรามวลรวมเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น โดยพบว่าลักษณะเนื้อปุ๋ยมีความร่วนซุย และมีความพรุนสูง โดยเฉพาะปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก มีประสิทธิภาพการย่อยสลายสูงที่สุด คือ 82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผักและกากไขมัน (78 เปอร์เซ็นต์) เนื่องมาจากเศษผักเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายและปรับสภาวะการหมักปุ๋ยได้ดีขึ้น แต่ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับกากไขมันมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้อย ซึ่งคาดว่าเนื่องมาจากปริมาณวัสดุหมักประเภทไขมันมีปริมาณมากทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ยาก

7) ปริมาณธาตุอาหารหลัก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการหมักในปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผักและกากไขมัน เนื่องมาจากการใช้ไนโตรเจนเป็นแหล่งอาหารในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ ส่วนปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับกากไขมันเมื่อสิ้นสุดการหมักมีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ส่งผลให้พีเอชเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนจากการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ได้

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า เมื่อสิ้นสุดการหมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเห็นได้ว่า ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับกากไขมัน มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยศึกษาการย่อยสลายกากไขมันโดยการทำปุ๋ยหมัก พบว่า คุณภาพปุ๋ยหมักมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อทำการเติม

กากตะกอนและเศษผักลงไปจะเข้าไปเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้สูงขึ้น ส่งผลให้ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษพืช และกากไขมัน มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสมากขึ้นได้

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเติมวัสดุหมักประเภทเศษผักซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมสูง ซึ่งคาดว่าจะส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นได้

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผักและกากไขมัน มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารหลัก อันประกอบด้วยปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก ใช้ระยะเวลาการหมักน้อยที่สุด และมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ยกเว้นค่าความชื้นที่คงเหลือสูงอยู่ ดังนั้นหากนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ควรนำไปผึ่งแดดก่อนเพื่อลดความชื้นให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช ในขณะเดียวกันปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับกากไขมันใช้ระยะเวลาในการหมักนานที่สุด ซึ่งยังมีคุณสมบัติบางประการไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณไนโตรเจน ดังนั้น สามารถนำวัสดุหมักประเภทอื่นมาช่วยปรับปรุงธาตุอาหารในปุ๋ยหมักให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพียงพอ

สรุปได้ว่า วัสดุหมักทั้งสามชนิดมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมกันที่ดี ปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และปุ๋ยหมักกากตะกอนร่วมกับเศษผัก และกากไขมัน มีความเป็นไปได้ แต่ยังต้องมีนำไปลดความชื้นให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช อย่างไรก็ควรพิจารณาปริมาณโลหะหนักอื่นๆ ที่มีความเป็นพิษในปุ๋ยหมักจะต้องมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดินจึงจะถือได้ว่าปลอดภัยต่อการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร รวมทั้งจะส่งผลดีต่อการไม่ปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม และยังสามารถนำมูลฝอยหรือวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นวิธีการกำจัดที่ใช้ต้นทุนต่ำและลดปริมาณมูลฝอยหรือวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นได้อีกทางเลือกหนึ่ง

ตารางที่ 16 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	กากตะกอน ร่วมกับเศษผัก	กากตะกอน ร่วมกับกากไขมัน	กากตะกอนร่วมกับ เศษผัก และกากไขมัน
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	69.83	20.53	65.95
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	8.71	5.44	6.91
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	26.16	49.40	31.84
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)	16.56	88.22	20.91
ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	1.58	0.56	1.52
ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	2.32	0.98	1.96
โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)	2.19	0.50	2.00
อัตราการย่อยสลาย (เปอร์เซ็นต์)	82.00	20.00	78.00

ที่มา : รัชกรและคณะ (2558)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

4.1.2 ศึกษาลักษณะสมบัติและความเป็นพิษต่อพืชของกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเพื่อนำไปใช้ในการเกษตร

จากการศึกษารายงานผลการวิจัยของ อุษณีย์ และคณะ (2552) ซึ่งได้ทำการศึกษาลักษณะสมบัติและความเป็นพิษต่อพืชของกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเพื่อนำไปใช้ในการเกษตร มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของกากตะกอนน้ำเสียชุมชนที่จะนำไปใช้ในการเกษตรโดยทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของกากตะกอนและทดสอบการงอกของเมล็ดพืช โดยศึกษากากตะกอน 3 ชนิด ที่ได้มาจากโรงบำบัดน้ำเสียหนองแขม ได้แก่ กากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลาย กากตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว และปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอน

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของกากตะกอน

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง กากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลายมีค่า 6.79 นั่นคือเป็นกรดอ่อนๆ กากตะกอนที่ย่อยสลายแล้วมีค่า 7.08 ซึ่งจัดว่ามีสภาพเป็นกลาง และปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนมีค่า 8.12 ซึ่งจัดว่ามีสภาพเป็นด่าง เนื่องจากในช่วงแรกของการย่อยสลาย จุลินทรีย์ชนิดสร้างกรดจะเจริญเติบโตและสร้างกรดออกมาจึงทำให้กากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลายมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด แต่เมื่อย่อยสลายไปสักระยะหนึ่ง กิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดสร้างกรดจะลดลง ประกอบกับการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนให้แอมโมเนียจึงทำให้ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากตะกอนมีสภาพเป็นด่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hartz (n.d.: Online) ที่พบว่ากระบวนการหมักปุ๋ยแบบ windrow ในระยะแรกของการหมักปุ๋ยจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 7 และหลังจากนั้นจะสูงขึ้นจนเกือบเท่า 8 หรือมากกว่า 8 ดังแสดงในตารางที่ 17

2) ค่าการนำไฟฟ้าของตะกอนทั้ง 3 ชนิด อยู่ในช่วง 1.49 – 2.06 มิลลิซีเมนต่อเมตร ซึ่งตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 ต้องมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 มิลลิซีเมนต่อเมตร และปุ๋ยหมักส่วนใหญ่จะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.0 – 10.0 มิลลิซีเมนต่อเมตร ค่าการนำไฟฟ้านี้เป็นค่าเกลือที่ละลายน้ำได้ ซึ่งถ้ามีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ในปริมาณมาก จะทำให้รากพืชดูดน้ำได้ยากขึ้น ทำให้พืชเกิดการขาดน้ำ (ตารางที่ 17)

3) ความชื้น กากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลายมีความชื้นมากที่สุด (75.41 เปอร์เซ็นต์) และปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนมีความชื้นน้อยที่สุด (54.35 เปอร์เซ็นต์) โดยมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 จะต้องมีปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่จากผลการวิเคราะห์ความชื้นของตะกอนทั้ง 3 ชนิด มีค่าเกินมาตรฐาน ซึ่งปุ๋ยหมักที่เปียกมากๆ จะจับตัวเป็นก้อนและมีน้ำหนักมากยากต่อการนำไปใช้งานและเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งมาก (ตารางที่ 17)

4) ปริมาณอินทรียวัตถุ กากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลาย กากตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว และปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอน มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 คือ ไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (30.09 26.20 และ 24.97 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) (ตารางที่ 17)

5) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของกากตะกอนทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 14.48 – 17.45 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของกากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลาย กากตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว และปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอน เท่ากับ 4.53 4.28 และ 5.89 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 (C/N ratio ไม่เกิน 20) (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของกากตะกอน

พารามิเตอร์	กากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลาย	กากตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว	ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอน	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์*
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.97	7.08	8.12	-
ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเมตร)	1.89	2.06	1.49	≤10
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	75.41	72.50	54.35	≤30
อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	30.09	26.20	24.97	≥20
อินทรีย์คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	17.45	15.20	14.48	-
คาร์บอนต่อไนโตรเจน	4.53	4.28	5.89	≤20

ที่มา : * กรมวิชาการเกษตร (2551)

6) ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในกากตะกอน 3 ชนิด พบว่า ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร 2551 (ไนโตรเจนไม่น้อยกว่า 1.0 และฟอสฟอรัสไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ซึ่งกากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลาย กากตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว และปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนมีปริมาณไนโตรเจน 3.85 3.55 และ 2.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณฟอสฟอรัส 0.73 0.85 และ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมของกากตะกอนทั้ง 3 ชนิด มีค่า 0.19 0.24 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 (ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) ของกากตะกอน

พารามิเตอร์	กากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลาย	กากตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว	ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอน	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์*
ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	3.85	3.55	2.46	≥1.0
ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	0.73	0.85	0.85	≥0.5
โพแทสเซียม(เปอร์เซ็นต์)	0.19	0.24	0.25	≥0.5

ที่มา : * กรมวิชาการเกษตร (2551)

4.1.2.2 ทดสอบการงอกของเมล็ด

การเพาะเมล็ดผักกวางตุ้งต้น และเมล็ดผักกาดขาวปลี ด้วยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนให้ผลการงอก และความยาวรากดีที่สุด ที่เป็นเช่นนี้ เพราปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนถูกย่อยสลายจนสมบูรณ์มากกว่ากากตะกอนอีก 2 ชนิด โดยที่กระบวนการหมักทำปุ๋ยทำให้เกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ให้ธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และมีการควบคุมคุณสมบัติของปุ๋ยให้มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช นอกจากนี้เมื่อการหมักปุ๋ยยิ่งสมบูรณ์เท่าใดจะให้สารประกอบ เช่น แอมโมเนีย

อิสระ และกรดอินทรีย์ ที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชลดลง ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะยับยั้งการงอกของเมล็ด และความยาวรากได้ จึงทำให้ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนมีคุณสมบัติที่ดีกว่ากากตะกอนที่ไม่ได้ย่อยสลาย และกากตะกอนที่ย่อยสลายแล้ว ซึ่งยังขาดคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ทางการเกษตร

จากการศึกษารายงานผลการวิจัย สรุปได้ว่า กากตะกอนยังมีลักษณะสมบัติบางประการที่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 ส่วนปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชนน่าจะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ ถ้าสามารถควบคุมปริมาณปุ๋ยหมักที่ใช้ หรือแก้ปัญหาในเรื่องปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่เกินค่ามาตรฐานได้

4.2 การศึกษาธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต

4.2.1 ศึกษาสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชในกากตะกอนน้ำเสีย

กากตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา เป็นกากตะกอนน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต ซึ่งมาจากการบำบัดของเสียจากน้ำเสียชุมชน ภายในเทศบาลเมืองป่าตอง จากการสุ่มเก็บตัวอย่างตะกอนน้ำเสีย เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช และสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย พบว่า

4.2.1.1 สมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย ดังแสดงในตารางที่ 19

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่วัดได้เท่ากับ 5.04 ซึ่งมีความเป็นกรดเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อการทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากช่วงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสมในขณะเริ่มหมักทำปุ๋ยอยู่ในช่วงระหว่าง 5-7 (กรมพัฒนาที่ดิน,2550)

2) ความชื้น

ค่าความชื้นของกากตะกอนน้ำเสียมีความชื้นสูงมาก โดยค่าที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 73.85 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกากตะกอนน้ำเสียแม้ผ่านการรีดแล้วก็มีลักษณะที่ค่อนข้างเปียก ซึ่งมีผลต่อการทำปุ๋ยหมักเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตาม สามารถปรับค่าความชื้นให้ลดลงได้โดยการผสมขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุที่จะซับความชื้นได้

3) ค่าการนำฟ้า (EC)

ค่าการนำไฟฟ้า ที่วัดได้เท่ากับ 2.86 ซึ่งกากตะกอนน้ำเสียมีค่าการนำไฟฟ้าตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก คือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 เดซิซีเมนต่อเมตร

4) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 7:1 ซึ่งกากตะกอนน้ำเสียมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1

ตารางที่ 19 แสดงสมบัติทางเคมีในตัวอย่างกากตะกอนน้ำเสีย

	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (dS/m)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)
เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก[1/]	5.5-8.5	<=35	<=10	<=20:1
กากตะกอนน้ำเสีย	5.04	73.85	2.86	7:1

ที่มา : [1/] กรมพัฒนาที่ดิน (2550)

4.2.1.2 ปริมาณธาตุอาหารพืชของกากตะกอนน้ำเสีย แสดงในตารางที่ 20

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชของกากตะกอนน้ำเสีย พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุ 38.10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 3.69 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส 3.33 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียม 0.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหารพืชผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ยกเว้น ปริมาณโพแทสเซียม มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก

ตารางที่ 20 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างกากตะกอนน้ำเสีย

	ปริมาณธาตุอาหารพืช (เปอร์เซ็นต์)			
	อินทรียวัตถุ (OM)	ไนโตรเจน (N)	ฟอสฟอรัส (P)	โพแทสเซียม (K)
เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก[1/]	>=30	>=1	>=0.5	>=0.5
กากตะกอนน้ำเสีย	38.10	3.69	3.33	0.36

ที่มา : [1/] กรมพัฒนาที่ดิน (2550)

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆ ของกากตะกอนน้ำเสีย พบว่า กากตะกอนน้ำเสียมีคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการทำปุ๋ยหมักได้ ยกเว้นปริมาณโพแทสเซียมที่มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก จึงต้องมีการปรับปรุงหรือหมักร่วมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อให้มีปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้น สัมพันธ์กับรายงานวิจัยของ รพีพร (2539) ซึ่งได้ทำการศึกษากากตะกอนน้ำเสียจากโรงงาน 5 โรงงาน พบว่า กากตะกอนน้ำเสีย 5 โรงงาน มีคุณสมบัติทางเคมีที่มีความเหมาะสมและมีปริมาณธาตุอาหารหลักเพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิต และปริมาณไนโตรเจนในผักกาดหอม โดยเฉพาะกากตะกอนโรงงานผงชูรสและโรงงานน้ำอัดลมให้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับกากตะกอน พบว่า ไม่มีผลทำให้ผลผลิตและปริมาณไนโตรเจนในผักกาดหอมเพิ่มขึ้นกว่าการใส่กากตะกอนเพียงอย่างเดียว และสัมพันธ์กับรายงานวิจัยของ สุจินดา (2542) ได้กล่าวถึงการนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำประโยชน์จากของเสียมาใช้ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่า กากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนมีธาตุอาหารที่มีศักยภาพ ในความเป็นปุ๋ยเทียบเท่ากับ

ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมี เนื่องจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนมีองค์ประกอบเป็นอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร สำหรับโลหะหนักที่มีอยู่ในกากตะกอนบางชนิดเป็นจุลธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช และบางชนิดเป็นพิษต่อพืชเช่นกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ จำเป็นที่จะต้องตรวจวัดคุณสมบัติขององค์ประกอบต่างๆ ในดินและกากตะกอนบำบัดน้ำเสียก่อน เช่น ระดับพีเอช อินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและโลหะหนัก โดยให้มีค่าอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ไม่เป็นอันตรายต่อพืชและดิน

4.2.2 ศึกษาสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย

4.2.2.1 สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย (ตารางที่ 21)

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างหลังจากหมักเป็นปุ๋ยสมบูรณ์แล้ว มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มสูงขึ้น ในตำรับที่ 1 ตะกอนสด 100 เปอร์เซ็นต์ (5.16) ตำรับที่ 2 ตะกอนสด 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับขุยมะพร้าว 25 เปอร์เซ็นต์ (5.62) และตำรับที่ 4 ตะกอนสด 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับขุยมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ (5.70) ซึ่ง 3 ตำรับนี้ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ส่วนตำรับที่ 3 ตะกอนสด 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับขุยมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง คือ 4.89 และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก อย่างไรก็ตาม ถ้าค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงที่สูงหรือต่ำมาก ควรมีการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ในช่วงปกติ โดยการใส่ ปูนขาว ขี้เถ้า หรือมูลสัตว์ (ระเบียบ และคณะ, 2544)

2) ความชื้น

จากการศึกษา พบว่า ทุกตำรับ หลังจากหมักเป็นปุ๋ยสมบูรณ์แล้วมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 25-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก

3) ค่าการนำไฟฟ้า

จากการศึกษา พบว่า ทุกตำรับ หลังจากหมักเป็นปุ๋ยสมบูรณ์แล้วมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 3.70 – 5.23 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก

4) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เป็นค่าที่บ่งบอกความยากง่ายต่อการย่อยสลาย และยังเป็นตัวกำหนดระดับการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ โดยทั่วไปแล้วคุณภาพและมาตรฐานปุ๋ยหมักเมื่อสิ้นสุดระยะการหมักไม่ควรเกิน 20:1 (กรมพัฒนาที่ดิน,2550) ในการทำปุ๋ยหมักโดยใช้กากตะกอนน้ำเสีย เป็นวัสดุในการหมักร่วมกับขุยมะพร้าว พบว่า ตำรับที่1 กากตะกอนสด 100 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด (7.50 :1) และใกล้เคียงกับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของกากตะกอนน้ำเสีย (7:1) ส่วนตำรับที่ 2 ตำรับที่ 3 และตำรับที่ 4 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 9:1 12.5:1 และ 18:1 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใส่ขุยมะพร้าวในกองปุ๋ยหมัก แต่เมื่อพิจารณาทุกตำรับจะพบว่า มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก

ตารางที่ 21 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย

ตำรับ	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (dS/m)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)
1 ตะกอนสด 100%	5.16	35.00	5.07	7.50:1
2 ตะกอนสด 75% + ขุยมะพร้าว 25%	5.62	30.00	5.23	9.00:1
3 ตะกอนสด 50% + ขุยมะพร้าว 50%	4.89	30.00	3.70	12.50:1
4 ตะกอนสด 25% + ขุยมะพร้าว 75%	5.70	25.00	4.54	18.00:1
เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก[1/]	5.5-8.5	<=35	<=10	<=20:1

ที่มา : [1/] กรมพัฒนาที่ดิน (2550)

4.2.2.2 ปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากตะกอนน้ำเสีย

1) ธาตุอาหารหลักและอินทรียวัตถุ (ตารางที่ 22)

หลังจากการหมักได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่า ทั้ง 4 ตำรับ มีค่าไนโตรเจนอยู่ในช่วง 1.27–2.03 เปอร์เซ็นต์ มีค่าฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง1.02–2.31 เปอร์เซ็นต์ มีค่าโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 0.49–1.05 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 23.67–40.54 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก จะเห็นได้ว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ดังนั้นปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สัมพันธ์กับรายงานวิจัยของ อนุภาพ (2541) ที่ได้ทำการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง และกากตะกอนน้ำเสีย ด้วยวิธีกองแบบมีการระบายอากาศ พบว่า ความสูง 1 เมตร ของกองปุ๋ยหมักที่มีการพลิกกลับ จะให้ปุ๋ยที่มีคุณภาพสูงและปุ๋ยหมักที่ได้มีองค์ประกอบแร่ธาตุอาหาร ได้แก่ N P K ที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมีค่าของปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ แคดเมียม คอปเปอร์ นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ที่ผ่านมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาและกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และสัมพันธ์กับ ประกาศิต (2549) ซึ่งได้ศึกษาการแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสีย การเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยหมักในการปรับปรุงดินและการย่อยสลายในดินเป็นระยะเวลา 56 วัน ในสภาพมีพืชและไม่มีพืช พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักทุกชนิดในสภาพไม่มีพืชทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้น แต่ความหนาแน่นรวมลดลง การย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินเกิดขึ้นช้าในช่วง 0-56 วัน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงจาก 1.83-2.44 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.73–1.91 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจาก 17.35–91.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 49.83–94.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างคงที่

อย่างไรก็ตาม ถ้าค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีน้อยเกินไปจะทำให้พืชชะลอการเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสไม่สามารถละลายเป็นอาหารพืชได้ แต่หากค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีมากเกินไปพืชก็ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เพราะพืชแต่ละชนิดมีความต้องการแร่ธาตุอาหารหลักที่ต่างกัน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยแก่พืชต้องคำนึงถึงธาตุอาหาร และอัตราส่วนที่พอเหมาะเพื่อพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสม

ตารางที่ 22 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากตะกอนน้ำเสีย (ธาตุอาหารหลัก)

ตำรับ	ปริมาณธาตุอาหารพืช (เปอร์เซ็นต์)			
	อินทรียวัตถุ (OM)	ไนโตรเจน (N)	ฟอสฟอรัส (P)	โพแทสเซียม (K)
1 ตะกอนสด 100%	23.67	1.18	1.93	0.67
2 ตะกอนสด 75% + ขุยมะพร้าว 25%	33.34	1.67	2.31	1.05
3 ตะกอนสด 50% + ขุยมะพร้าว 50%	25.48	1.27	1.02	0.49
4 ตะกอนสด 25% + ขุยมะพร้าว 75%	40.54	2.03	1.22	0.86
เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก[1/]	>=30	>=1	>=0.5	>=0.5

ที่มา : [1/] กรมพัฒนาที่ดิน (2550)

2) ธาตุอาหารรอง (ตารางที่ 23)

หลังจากนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารรอง พบว่า ทั้ง 4 ตำรับ มีค่าแคลเซียมอยู่ในช่วง 0.95–3.10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแมกนีเซียมอยู่ในช่วง 0.33-0.61 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ากำมะถันอยู่ในช่วง 0.13-0.60 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสียมีทั้งปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง สามารถใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยหมักได้

ตารางที่ 23 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากตะกอนน้ำเสีย (ธาตุอาหารรอง)

ตำรับ	ปริมาณธาตุอาหารพืช (เปอร์เซ็นต์)		
	แคลเซียม (Ca)	แมกนีเซียม (Mg)	กำมะถัน (S)
1 ตะกอนสด 100%	1.89	0.48	0.60
2 ตะกอนสด 75% + ขุยมะพร้าว 25%	3.10	0.61	0.54
3 ตะกอนสด 50% + ขุยมะพร้าว 50%	0.95	0.33	0.13
4 ตะกอนสด 25% + ขุยมะพร้าว 75%	1.75	0.45	0.21
เกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก	-	-	-

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุป

การศึกษาระดับคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารพืชในกากตะกอนน้ำเสีย ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และฟอสฟอรัส (P) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอาหารที่จำเป็นในปุ๋ยหมัก ยกเว้น ธาตุโพแทสเซียม (K) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งการหมักตะกอนโดยทั่วไปนั้นนิยมนำมาหมักโดยผสมกับวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่นๆ บางส่วนเพื่อจะทำให้ส่วนผสมที่หมักมีความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักน้อยลงหรือเจือจางลง ในขณะเดียวกันวัสดุอินทรีย์บางชนิดที่ใช้ผสมยังมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้อีกด้วย ดังนั้นการนำขุยมะพร้าวมาเป็นวัสดุหมักร่วมกับกากตะกอนน้ำเสีย เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของกากตะกอนน้ำเสียให้เหมาะสมกับการนำไปปรับปรุงคุณภาพดิน

การศึกษาธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย พบว่า การผลิตปุ๋ยหมักจากตะกอนสด 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับขุยมะพร้าว 25 เปอร์เซ็นต์ และการผลิตปุ๋ยหมักจากตะกอนสด 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับขุยมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติทางเคมี คือ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น ค่าการนำไฟฟ้า และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก และมีปริมาณธาตุธาหารพืช ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียมผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักเช่นกัน และมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าตำรับอื่นๆ สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดินได้ การผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับขุยมะพร้าวซึ่งทำหน้าที่เป็นวัสดุเติมที่เป็นอินทรีย์ เป็นการเพิ่มโครงสร้างให้แก่กองปุ๋ย และเพิ่มแหล่งของคาร์บอนให้แก่กิจกรรมของจุลินทรีย์ในการทำให้กากตะกอนคงตัวยิ่งขึ้น ทำให้เกิดการย่อยสลายส่วนที่เป็นอินทรีย์ในกากตะกอน ปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น การกำจัดกากตะกอนน้ำเสียโดยนำมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตปุ๋ยหมัก เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณของเสีย อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับสภาพดินได้ โดยต้องคำนึงถึง ปริมาณการใช้ต่อพื้นที่ ชนิดของดินและพืชที่จะใช้ ซึ่งควรนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปปลูกพืชชนิดหญ้าหรือไม้ประดับเพื่อใช้เป็นสนามหญ้า สนามกอลฟ์ หรือสวนสาธารณะ เพราะแม้ว่าจะมีปริมาณธาตุอาหารสูง ทั้งปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมก็ตาม แต่เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งการนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นวิธีการกำจัดที่มีต้นทุนต่ำและลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นได้อีกทางเลือกหนึ่ง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) เนื่องจากในกากตะกอนน้ำเสียจะมีโลหะหนักปะปนอยู่ เพื่อความปลอดภัย และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ควรหาวิธีลดระดับปริมาณโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียให้เหลือน้อยที่สุดก่อนนำมาผลิต เพื่อให้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด

2) การนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ผลิตปุ๋ยหมักจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมัก ทั้งในด้านคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารพืช

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) เป็นแนวทางในการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้

2) ลดปัญหาการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียจากแหล่งชุมชน เพื่อเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. **น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย**. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_____. 2556. **ระบบบำบัดน้ำเสีย.** แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th, 14 เมษายน 2561.

_____. 2561. **ปริมาณและคุณสมบัติของกากตะกอน.** แหล่งที่มา http://ptech.pcd.go.th/pcd/document/00604/006604_Chp1.pdf , 14 เมษายน 2561.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. **ระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยเครื่องหมายรับรองมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2550**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2558. **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2548. **ตำราระบบการจัดการมลพิษกากอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 2**.** สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ**. สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2551.**ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. 2561. **แผนที่สภาพการใช้ที่ดินเทศบาลเมืองป่าตอง อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต**, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

กองช่างสุขาภิบาลเทศบาลเมืองป่าตอง. 2560. **รายงานการดำเนินการดูแลและบำรุงรักษาระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองป่าตอง ปีงบประมาณ 2560**. สำนักงานเทศบาลเมืองป่าตอง, ภูเก็ต.

_____. 2561. **รายงานการดำเนินการดูแลและบำรุงรักษาระบบรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองป่าตอง ปีงบประมาณ 2561**. สำนักงานเทศบาลเมืองป่าตอง, ภูเก็ต.

กองปฐพีวิทยา. 2540. **พัฒนาการใช้ปุ๋ยเพื่อพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน**. เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. **วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.** มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง. 2548. **อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนและชานอ้อยในการผลิตปุ๋ยหมัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. 2542. **ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ:เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เทศบาลเมืองป่าตอง. 2562. **ที่ตั้งและอาณาเขต**. แหล่งที่มา : http://www.patongcity.go.th 4 มิถุนายน 2562.

ธงชัย มาลา. 2546. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธเรศ ศรีสถิตย์ ปัทมาพร ยอดสันติ และอนันต์ วีระณรงค์. 2544. **ความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนกับประสิทธิภาพการบำบัดของโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา**. สถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นัยนา คุณลักษณ์. 2542. **การใช้กากตะกอนน้ำเสียชุมชนในการปรับปรุงคุณภาพดินเปรี้ยวจัด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ประกาศิต อินทรสำอาง. 2549. **การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าวชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปรัชญา ธัญญาดี พิทยากร ลิ่มทอง และฉวีวรรณ เหลืองวิโรจน์. 2540. **การผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรม**. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และอรอนงค์ ผิวนิล. 2542. **การพัฒนาเทคโนโลยีกล่องคอนกรีตเปิดและปิดฝาทำปุ๋ยหมักขยะด้วยวัสดุเสริมและการใช้ดินเป็นตัวรับอิเล็กตรอนช่วยการย่อยสลาย**. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, เพชรบุรี.

มุขดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์**. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

รพีพร จรดล. 2539. **การใช้ประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มเพื่อเป็นปุ๋ยอินทรีย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ระเบียบ บินอาสัน และน่าฝีฉะ บิลหลี. 2544. **การศึกษาเปรียบเทียบการทำปุ๋ยหมักจากเศษผักและเศษอาหาร**. คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, สงขลา.

รัชกร นามกร สุเทพ ศิลปานันทกุล พิศิษฐ์ วัฒนสมบูรณ์ และธวัช เพชรไทย. 2558. **การผลิตปุ๋ยหมักร่วมกับกากตะกอนน้ำทิ้ง เศษผัก และกากไขมัน**. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 3(1) : 95-103.

เรียมสงวน วรรณยะลา. 2544. **ประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยเป็นปุ๋ยโดยวิธีเติมอากาศจากมูลฝอยชุมชน เทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า**.สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุจินดา ลักษณาอดิศร. 2542. **กากตะกอนน้ำเสีย**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 14. (กันยายน-ธันวาคม) : 21-23.

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์. ม.ป.ป. **เทคโนโลยีน้ำเสีย.** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2532. **ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อนุภาพ แก้วกรอง. 2541. **การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษหญ้า เศษใบไม้แห้งและกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธีกองแบบมีการระบายอากาศ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรลัดดา บุญแสน. 2537. **การศึกษาการสร้างเอนไซม์จากจุลินทรีย์อุณหภูมิสูงแยกได้จากปุ๋ยหมักขยะชุมชน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อุษณีย์ อุยะเสถียร สิริพร เอกวรานุกูลศิริ และปพิชญา ศรีเทพ. 2552. **การศึกษาลักษณะสมบัติและความเป็นพิษของกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเพื่อนำไปใช้การเกษตร**. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

American Society of Agricultural Engineers. 1975. **Agricultural Engineers Yearbook**, pp.515-17.

Bell, R.C., 1973. **The Role of Compost and Composting in Modern Agriculture**, J. Compost Science, V.14, NO.6, p.24.

Biddlestone, A.J., and Gray, K.R., 1973. **The Chemical Engineer**. 76:270.

Bredenbach, A.W. 1971. **Composting of Municipal Waste in the United States.,** U.S. Environmental Protection agency. Washington, D.C.

Chancy, R.L., 1982. Fate of toxic substances in sludge applied to crop land. Processing International Symposium Land Application of Sewage Sludge., quoted in Kuntz, H.;Pluquct, E.; Strark, J.H. and Coopoia, S. Current Techniques for the Evaluation of Metal Problems Due to Sludge. In P.L'Hermite, and H.Ott (eds) , **Processing and use of Sewage sludge**. Holland: D.Reidal.

Chapman, H.D. and P.F. Pratt, 1961. **Methods of Analysis for Soils Plants and Waters University of California**. Division of Agricultural Sciences. pp.150-152.

Chino, M., S. Kanazawa, T. Mori, M. Araragi and B. Kanke. 1983. **Biochemical study on Composting of Municipal Sewage Sludge Mixed with Rice Hull**. Soil Sci. and Plant Nutri.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Finstein, M.S. and Morris, M.L. 1975. **Microbiology of Municipal Solid Waste Composting**. Advances in Applied Microbil. 19:113-151.

Finstein, M.S., Lin, K.W., and Fischler, G.E. 1982. **Sludge Composting and Utillzation : Review of the Literature on Temperature Inactivation of Pathogens. Report of New Jersey Agricultural Experimental Station Project No. 035**43, New Brunswick.

Forestry Commission. 1992. **A Manual of Good Practice for the Use of Sewage Sludge in Forestry**. Bulletin 107, HMSO, London.

Haug, R.T. 1980. **Compost Engineering : Principles and Practice**. Technomic Publishing Co.Inc., Lancaster, Pennsylvania.

Kongrood K. 2003. **Optimal conditions for composting process of sewage sludge and bagasse**. Mahidol University, Nakhon Pathom.

Lardinois, I., Klundert, A. Van.D. 1993. **Organic Waste**. Amsterdam and Waste Consultants, Gouda.

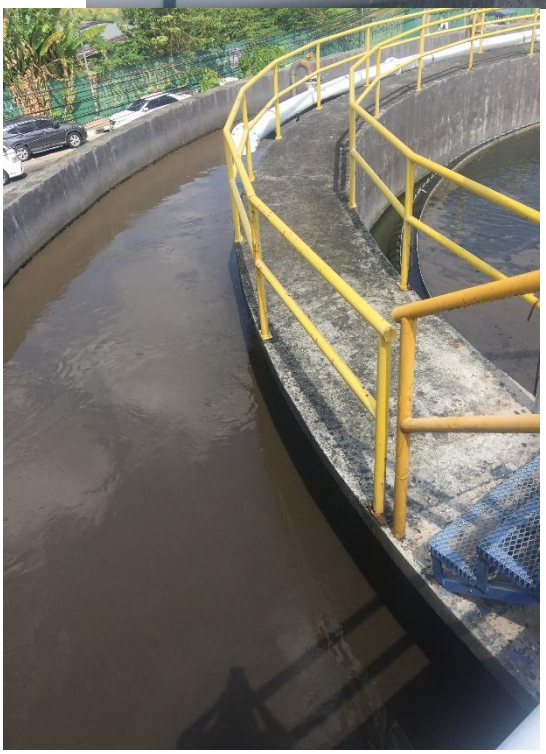
NSWEPA. 1995. **Draft Environmental Guidelines for the Use and Disposal of Biosolids Products**. Sydney, Australia.

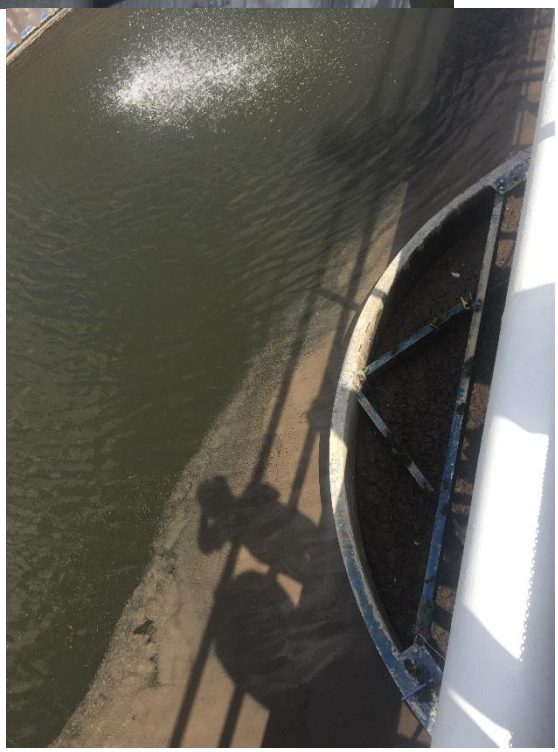
Walkley, A and I.A. Black, 1947. **Chromic acid titration method for determination of soil organic matter**. Soil sci. Amer.proc. 63:257.

Webber, M.D. ; Kloke, A. and Jell, J.C. 1984. A review of Current sludge use guideline for the control of heavy metal contamination in soils. In P.L'Hemite, and H.Ott (eds.), **Processing and use of sewage sludge**. Holland:D.Reidal.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก





ภาพภาคผนวกที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองป่าตอง

ภาพภาคผนวกที่ 2 กากตะกอนน้ำเสียที่ผ่านเครื่องรีด

ภาพภาคผนวกที่ 3 ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนน้ำเสีย