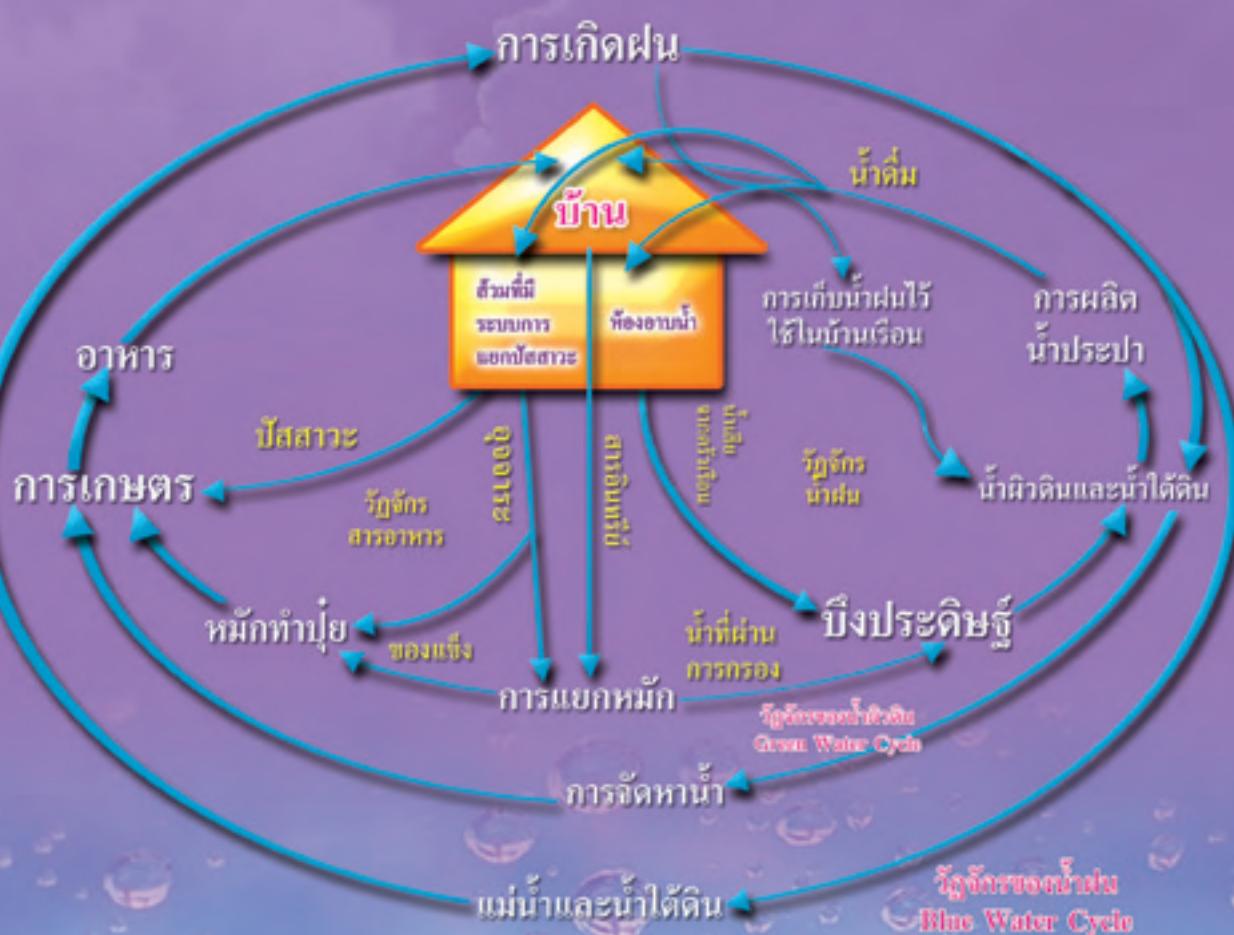


การจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



การจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน

และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ເບື້ອທັນສື່ອ ການຈັດກາຮຸບພາລວຍ່າງຍັ້ງຍືນແລະປົປິຕຣກັບສິ່ງແວດລ້ອມ

ISBN 978-616-11-0258-6

ຈັດພິມໂດຍ ສໍານັກອນນາມຍື່ງແວດລ້ອມ ກຽມອນນາມຍື່ງ

ກະຣາວງສາຫະວັນສູງ

ຄົນຕິວານນົ່ວ່າ ຈັງຫວັດນນທບ່ຽວ

ໂທຣັກພ໌ 0 2590 4128 ໂທຣລາວ 0 2590 4200

ພິມພົກສະໜັກ 1 ກຸມພາພັນນີ້ 2553 ຈຳນວນ 10,000 ເລີ່ມ

ພິມທີ່ ສໍານັກການກິຈກາຮຸບພາລວຍ່າງຍັ້ງຍືນ

คำนำ

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อมวลมนุษย์ เหตุของปัญหาเกิดจากการกระทำกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกซึ่งได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ในตัวสօกไซด์ ฯลฯ ในบรรยายกาศเพิ่มมากขึ้น รุนแรงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้นหรือที่เรียกว่าภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุภาพอนามัยและความเป็นอยู่ของมนุษย์

การสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน เป็นการสร้างสิ่งแวดล้อมที่สะอาด ตัดวงจรการเกิดโรค ตามมาตรฐานด้านสุขอนามัย มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันโรคและส่งเสริมสุขภาพ การดำเนินงาน ด้วยวิธีการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าว ด้วยหลักการที่ว่า สิ่งปฏิกูลไม่ใช่ของเลี้ยงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพิ่มมูลค่า ประยุกต์ทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งน้ำ พลังงาน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วยลดผลกระทบต่อระบบนิเวศและสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย จึงได้จัดทำหนังสือ การจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงาน เป็นอีกหนึ่งทางเลือก ที่จะนำไปใช้ปรับเปลี่ยนวิถีชีวิต ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเกิดประโยชน์ ต่อหน่วยงานที่จะนำไปศึกษา และปรับใช้ต่อไป

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม

กรมอนามัย

กุมภาพันธ์ 2553

สารบัญ

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : เกี่ยวข้องกับเราอย่างไร	1
บทที่ 2 การสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	7
2.1 การสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน	7
2.2 การสุขาภิบาลเชิงนิเวศ	9
2.3 บทเรียนจากการดำเนินงานสุขาภิบาลเชิงนิเวศ	12
บทที่ 3 การจัดการของเสียจากครัวเรือนและเทคโนโลยี	16
3.1 การจัดการอุจจาระและปัสสาวะ	16
3.2 การจัดการมูลฝอย	21
3.3 การหักของเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ	26
3.4 การหักขยายมูลฝอยทำน้ำหักจุลินทรีย์	32
3.5 การกำจัดขยายมูลฝอยโดยการเลี้ยงไส้เดือนดิน	35
3.6 การจัดการน้ำเสียจากครัวเรือนนำไปใช้ประโยชน์	39
บทที่ 4 เกณฑ์มาตรฐานการนำอุจจาระปัสสาวะมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	40
บรรณานุกรม	42
คณะที่ปรึกษา/คณะผู้จัดทำ	43

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ : เกี่ยวข้องกับเราย่างไร

เมื่อพูดถึงเรื่องโลกร้อน ภาพแรกที่จะเข้ามาในความคิดของเรา คือ ระบบ呢เวศ ถูกทำลายและท่ออยู่อาศัยของสัตว์ป่าหายไป แต่ส่งผลกระทบอย่างไรบ้างกับมนุษย์

ความสนใจส่วนใหญ่ จะอยู่ในเรื่องของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ระบบ呢เวศ และความหลากหลายทางสัญชาติของพืชและสัตว์ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพของเรา

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาล ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) ได้รายงานข่าวผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์ ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสาเหตุของการตายและโรคระบาด ตลอดจน การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น คลื่นความร้อน น้ำท่วม และฝนแล้ง
- มีหลายโรคสำคัญที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณฝน เช่น โรคมาลาเรีย โรคไข้เลือดออก รวมทั้งภัยคุกคามที่สำคัญอื่นๆ เช่น การขาดสารอาหารและโรคอุจจาระร่วง เป็นต้น
- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเอื้อให้เกิดโรค และคาดว่ามีแนวโน้มมากขึ้น ในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกมีผลกระทบต่อสุขภาพทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังสรุป แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สภาพอากาศ	ผลกระทบต่อสุขภาพมุชย์
อากาศอุ่น คลื่นความร้อน และมวลอากาศที่ลอยนิ่ง	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดโรคลมแดด มีผลกระทบโดยตรงต่อเด็กและผู้สูงอายุ - โรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น - เจ็บป่วยด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือด
อุณหภูมิอุ่นและมีผลต่อการตกลงของฝน	<ul style="list-style-type: none"> - ก่อให้เกิดโรคมาลาเรีย โรคไข้เลือดออก โรคไข้สมองอักเสบ และโรคที่เกิดจากสัตว์และแมลงพาหะนำโรค ได้แก่ หนู ยุง เป็นต้น
เกิดภาวะน้ำท่วมเฉียบพลัน	<ul style="list-style-type: none"> - เพิ่มความเสี่ยงของโรคที่เกิดจากการปนเปื้อนของน้ำ (water-borne diseases) และอาหาร (food-borne diseases) การขาดน้ำสะอาดและการสุขาภิบาลกพร่อง เป็นการเพิ่มความเสี่ยงให้เกิดโรคอุจจาระร่วง เช่น อหิวาต์โรค
ภาวะแห้งแล้ง	<ul style="list-style-type: none"> - การขาดแคลนอาหาร และการขาดสารอาหาร เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของเด็ก
การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่รุนแรง (เช่น เกิดพายุไซโคลน)	<ul style="list-style-type: none"> - เกิดการเสียชีวิต บาดเจ็บ ความพิการ - เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นเกี่ยวกับการสาธารณสุข เช่น สถานบริการสาธารณสุข โรงพยาบาล และคลินิก - การเสียชีวิต สูญเสียทรัพย์สินและที่ดิน ทำให้เกิดการอพยพย้ายถิ่นฐาน ทำให้เกิดความกดดันลั่นลpegผลกระทบต่อสุขภาพจิต
ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และการเกิดพายุบุริเวณชายฝั่งทะเล	<ul style="list-style-type: none"> - การดำรงชีวิตเปลี่ยนแปลงไป เกิดการสูญเสียที่ดินชายทะเล จะเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดการอพยพย้ายถิ่น เป็นสาเหตุทำให้เกิดความขัดแย้งทางลังคอมซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพจิต

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่เพียงแต่จะทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น ยังเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยด้วย

โรคลมแดด (Heat Strokes)

อุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้เพิ่มการเจ็บป่วยจากการได้รับความร้อน เช่น โรคเพลียแดด (Heat Exhaustion) และโรคลมแดด (Heat Stroke) ความรุนแรงขึ้นอยู่กับการหมุนเวียนเลือดการหายใจ และระบบประสาท

การเพิ่มขึ้นของคลื่นความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ในเขตเมืองเป็นลักษณะที่บอกว่าการตายจะเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่สูงตลอดทั้งคืนจากคลื่นความร้อนจะมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ดังนั้นถ้าต้องการให้อุณหภูมิในเวลากลางคืนเย็นลง ความร้อนในเวลากลางวันก็ต้องไม่สูงด้วย

โรคทางเดินหายใจ (Respiratory Diseases)

โรคทางเดินหายใจ คือ สภาพของการหายใจเป็นไปอย่างลำบาก และระดับออกซิเจนในเลือดลดลงกว่าปกติอย่างรวดเร็ว

โรคทางเดินหายใจเป็นสาเหตุหลักของการตายในประเทศไทยกำลังพัฒนา และเป็นสาเหตุใหญ่ของการป่วยของเด็กในประเทศไทยแล้ว

ในปี 1990 โรคทางเดินหายใจเป็นสาเหตุหลักของความพิการและการเจ็บป่วยทั่วโลก ในปี 2020 โรคทางเดินหายใจจะเป็นโรคที่ติด 10 อันดับแรกของสาเหตุที่ทำให้สุขภาพของคนทั่วโลกแย่ลง ในความเป็นจริงตั้งแต่ปี 1980 โรคหอบหืดได้เพิ่มขึ้นในประเทศไทยฯ สี่เท่าตัว

โรคทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด และโรคภูมิแพ้ เป็นสาเหตุที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ รวมกัน ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เชื่อมโยงกับพันธุกรรม และวิถีการทำเนินชีวิตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันของแต่ละคน การเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างรวดเร็วและผลที่ตามมาอาจทำให้เกิดมลพิษจากโอโซน ซึ่งอาจจะเกิดจากการได้รับละอองเกสรจากพืช ส่งผลให้เกิดโรคหอบหืดและโรคภูมิแพ้มากขึ้นในบางคน

ผลกระทบในระยะยาวจากมลพิษทางอากาศภายในอาคารและนอกอาคาร จะเป็นตัวเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคทางเดินหายใจในเด็ก

สารที่เป็นมลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ คือ โอโซนในต่อเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มลพิษเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากการจราจ

บนท้องถนน หรือกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม สารมลพิษทางอากาศจากน้ำมันเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (Fossil Fuel) จะมีผลกระทบทั่วทั้งโลก ไม่ใช่เพียงแค่ระดับท้องถิ่น หรือระดับประเทศ เพราะสามารถแพร่กระจายได้ไกลหลายพันไมล์ การกระจายอย่างต่อเนื่องของก๊าซเรือนกระจก จะยิ่งทำให้ระดับมลพิษทางอากาศแวงลง

โรคที่มากับน้ำ (Waterborne diseases)

โรคที่มากับน้ำ คือ การเจ็บป่วยที่มีสาเหตุมาจากการดื่มน้ำที่ถูกปนเปื้อนจากอุจจาระของคนและสัตว์ ซึ่งมีเชื้อโรคปนอยู่

น้ำที่แหล่งพื้นที่ที่มีการทำการทากิจกรรม มีการใช้ยาฆ่าแมลงและศัตรูพิชต่างๆ พื้นที่ฝังกลบขยะ บ่อเกรอะ ท่อระบายน้ำโลโกร ก และพื้นที่อยู่อาศัยหรือโรงงานอุตสาหกรรม สิ่งสกปรกเหล่านี้จะปนเปื้อนเข้าสู่น้ำผิดนิได้เมื่อเกิดน้ำท่วม

โรคส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยกำลังพัฒนามีสาเหตุมาจากการเชื้อโรคที่มากับน้ำ ซึ่งโรคอุจจาระร่วงเป็นสาเหตุหลักของการตายในเด็ก

ภาพรวมของปัญหาเรื่องน้ำกับสุขภาพมีมิติค่อนข้างจะซัดเจน ประชาชน 1.1 พันล้านคน ยังไม่สามารถเข้าถึงน้ำสะอาด และประชาชน 2.4 พันล้านคน ต้องการเข้าถึงการมีส้วมใช้ในประเทศอินเดียประชากรมากกว่า 70% ยังไม่มีส้วมที่ถูกสุขาลักษณะใช้

การอุปโภคบริโภคน้ำและอาหารที่ปนเปื้อนเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ประชาชนป่วย

อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเพิ่มความเลี่ยงของการเกิดน้ำท่วม เพิ่มการเกิดโรคระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคไกฟอยด์ อหิวาตกโรค และโรคที่มาจากน้ำอื่นๆ การเกิดน้ำท่วมทำให้ระบบน้ำลำธาร บริโภคและระบบสิ่งปฏิกูลเกิดการปนเปื้อนกัน และถ้าหากล่าวเข้าสู่ร่างกายจะเป็นตัวทำให้เกิดโรคขึ้น เช่น อหิวาตกโรค โรคอุจจาระร่วง และโรคไกฟอยด์ ยิ่งถ้าขาดการจัดการสุขาภิบาล ที่ดีอาจก่อให้เกิดปัญหาที่เลวร้ายยิ่งขึ้น

โดยรวมแล้วคาดว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะเพิ่มโอกาสให้เกิดโรคอุจจาระร่วง ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดในประเทศไทยกำลังพัฒนาเรือยล 2-5 ในปี 2020

การเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) จะเกิดได้ถ้าขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีมลพิษทางน้ำ เช่น อหิวาตกโรค ก็จะมีแนวโน้มเกิดถ้าขึ้นพร้อมกับ Algae Bloom การระบาดของโรคจะเกิดผลกระทบต่อสังคมทั้งหมด ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะเศรษฐกิจใด

โรคที่เกิดจากสัตว์และแมลงพาหะนำโรค (Vector-borne diseases)

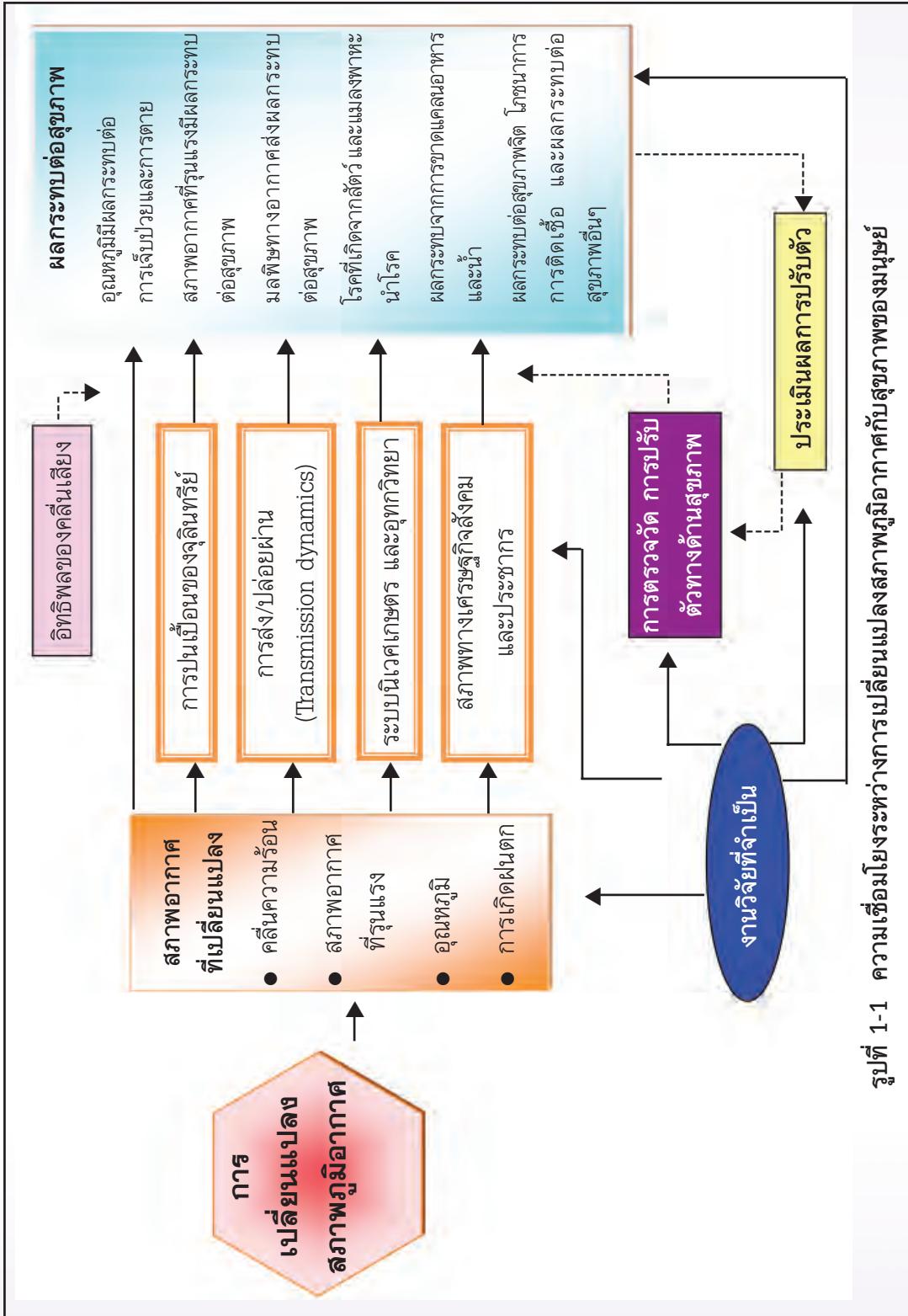
ปัจจุบันภัยจากโรคติดเชื้อได้คุกคามมนุษย์ ถือได้ว่าโรคติดเชื้อนี้เป็นโรคที่ฆ่าผู้คนเป็นอันดับหนึ่ง นักวิทยาศาสตร์เกิดความสงสัยว่า โรคต่างๆ ได้แพร่กระจายโดยแมลงและพาหะนำโรค ไม่ใช่เรื่องธรรมชาติแล้ว ถึงแม้ว่าเรื่องนี้ยังไม่แน่ชัดว่าผลกระบวนการที่เกิดขึ้นมาจากการเกิดภาวะโลกร้อนหรือไม่

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคติดเชื้อ โดยเฉพาะโรคที่เกิดในเขตร้อน และติดต่อโดยยุงและแมลงอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะเอื้อต่อการเจริญเติบโตของ “สิ่งมีชีวิตจำพวกแมลง” เช่น ยุงและลัตว์ประเภทกัดแทะ ซึ่งโรคที่เกิดจากลัตว์และแมลงเป็นพำนัชร่วมถึง โรคมาลาเรีย โรคไข้เลือดออก โรคไข้เหลือง และโรคไข้สมองอักเสบ

โรคอื่นๆ ที่จะระบาดมากขึ้น คือ โรคซิกนคุนยา และโรคไข้เหลือง (ทั้งคู่เกิดจากยุงเป็นพาหะ) โรคพยาธิใบไม้ในเลือด (หอยเป็นพาหะ) โรคลิชมาเนีย (Leishmaniasis) หรือโรคริ้นฝอยทรายกัด (เกิดจากแมลงดูดเลือดจำพวก Phlebotomus) และโรคลายม' (Lyme Disease) (เกิดจากตัวเห็บ)

อุณหภูมิที่สูงขึ้นร่วมกับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตกลงฝน อาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรคนานขึ้นในพื้นที่ที่มีการเกิดโรคอยู่แล้ว ในพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดโรค การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก็จะเพิ่มโอกาสให้เกิดโรคจากแมลงและพาหะนำโรคได้มากยิ่งขึ้น

โรคมาลาเรียได้คร่าชีวิตประชาชนนับล้านคนทุกปี ส่วนใหญ่จะเป็นเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี และเกิดในทวีปแอฟริกาเป็นส่วนใหญ่ ยุงที่เป็นพาหะนำโรคมาลาเรียควรจะถูกกำจัดโดยการจัดการระบายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อวางใจชีวิตของยุงจะขึ้นอยู่กับน้ำ ดังภาพสรุปความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับสุขภาพของมนุษย์ในรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 ความซึ้งมิติของมนต์ราษฎร์

การสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.1 การสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน (Sustainable Sanitation)

การสุขาภิบาล มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันและส่งเสริมสุขภาพคนให้มีสุขภาพดี โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมที่สะอาดและตัวจรของโรค เพื่อให้เป็นไปอย่างยั่งยืน ระบบการสุขาภิบาลนั้นต้องเป็นแบบประหยัดพลังงานและน้ำ ประชาชนยอมรับ และเป็นการประหยัดเชื้อเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่น รักษาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ โดยถือหลักการว่า อุจจาระและปัสสาวะไม่ใช่ของเสียแต่เป็นทรัพยากร จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ต้องดำเนินการอย่างถูกสุขลักษณะ ไม่ให้เกิดการแพร่ระบาดของโรค

เป้าหมายของการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน คือ การป้องกันโรคและส่งเสริมสุขภาพอนามัย ของมนุษย์ ด้วยการทำให้สิ่งแวดล้อมสะอาดและตัวจรของโรค ตามมาตรฐานด้านสุขอนามัย เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า ตามแนวทางการพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ประหยัดทั้งน้ำ พลังงาน และ คงความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ดังนั้น เพื่อให้การพัฒนาระบบงานสุขาภิบาลดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ควรพิจารณาประเด็นที่สัมพันธ์กับเกณฑ์มาตรฐานความยั่งยืน ดังนี้

1) สุขภาพและสุขลักษณะ : รวมทั้งความเสี่ยงที่จะได้รับเชื้อโรคและสารอันตราย ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพทุกขั้นตอน ดังแต่ที่ล้วมคือการเก็บกักและการบำบัดอุจจาระ-ปัสสาวะ ไปจนถึงการนำอุจจาระ-ปัสสาวะ ไปใช้ประโยชน์ หรือการกำจัดและการปล่อยลงในแหล่งน้ำสาธารณะ ในหัวข้อนี้ให้ครอบคลุมประเด็นอื่นด้วย อาทิ เช่น การดำเนินงานอย่างถูกสุขลักษณะ สารอาหาร ที่มีอยู่ในอุจจาระ-ปัสสาวะ และการปรับรูปแบบวิถีปฏิบัติในการดำรงชีพ และผลกระทบจากการปล่อยอุจจาระ-ปัสสาวะ ลงในแหล่งน้ำสาธารณะ

2) สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ : เกี่ยวข้องกับความต้องการด้านพลังงาน น้ำ และทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ เพื่อการก่อสร้าง การดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบ ขณะเดียวกันให้คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากวิธีการดังกล่าว คือการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ให้คำนึงถึงการนำกลับมาใช้ใหม่ การใช้ช้า และผลกระทบจากการดำเนินการดังกล่าวด้วย เช่น

การนำน้ำเสียมาใช้ทางการเกษตร เพื่อนำสารอาหารและสารอินทรีย์ในน้ำเสียไปเป็นปุ๋ยสำหรับพืช และการนำไปผลิตพลังงานทางเลือก เพื่อลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถกลับมาใช้ได้อีก เช่น การนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ

3) เทคโนโลยีและการทำงาน : ต้องง่ายต่อการควบคุมดูแลและง่ายต่อการจัดการ ตั้งแต่การเก็บกัก การขันส่ง การบำบัดและการนำไปใช้ช้าและหรือการกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งทั้งหมดต้องสามารถสร้าง ดำเนินการและตรวจสอบได้โดยชุมชนท้องถิ่นและหรือทีมนักวิชาการ ของหน่วยงานท้องถิ่น ที่สำคัญต้องเป็นระบบที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถแก้ปัญหา ทั้งในภาวะขาดแคลนน้ำหรือน้ำท่วม ฯลฯ และเป็นเทคโนโลยีที่สามารถยืดหยุ่นและปรับให้เข้ากับ โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ ภูมิประเทศ และการพัฒนาเศรษฐกิจลังค์ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ใช้ ประเมินผล

4) เศรษฐศาสตร์และการเงิน : เกี่ยวข้องกับความสามารถของครัวเรือนและชุมชน ในการจ่ายเงินเพื่อดำเนินงานสุขาภิบาล ค่าใช้จ่ายหมายความรวมถึงค่าก่อสร้าง ควบคุมดูแล บำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มเติม การประเมินผลต้องประเมินทั้งต้นทุนและผลกำไรได้ด้วย เช่น จากการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ (ได้ดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ปุ๋ย พลังงานและน้ำเสีย นำไปใช้ในการเกษตร) สำหรับต้นทุนและผลกำไรที่มาจากการแยกขยะเป็นต้องนำเข้าสู่ระบบบัญชีด้วย ต้นทุนภายนอก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สิ่งแวดล้อมและสิ่งคุกคามสุขภาพ ในขณะที่ผลผลิตได้ที่ได้รับ ได้แก่ เศรษฐกิจ การสร้างงาน การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นและลดปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพ

5) ด้านลังค์ วัฒนธรรม และองค์กร : เกณฑ์ในหมวดนี้ประเมินรายรอบและ ความเหมาะสมของระบบการจัดการสุขาภิบาล ความสะอาด ความตระหนักรู้ ประเด็นเกี่ยวกับ ความแตกต่างทางเพศและผลกระทบต่อศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ การสนับสนุนด้านอาหารปลอดภัย การปฏิบัติตามกรอบกฎหมายและมีธรรมาภิบาล และการจัดตั้งสถาบันที่มีประสิทธิภาพ

ระบบการสุขาภิบาลส่วนใหญ่ได้ถูกออกแบบตามประเด็นเหล่านี้ แต่ในทางปฏิบัติกลับ ล้มเหลวบ่อยครั้ง เพราะบางประเด็นไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ ในความเป็นจริงไม่มีระบบใดที่จะมี ความยั่งยืนได้อย่างสมบูรณ์แบบ แนวคิดด้านความยั่งยืนเป็นทิศทางในการปฏิบัติมากกว่า กระบวนการ แต่กระนั้นก็เป็นสิ่งสำคัญที่ระบบสุขาภิบาลได้รับการประเมินอย่างละเอียดในบริบท ของความยั่งยืนทั้งหมด นับตั้งแต่วิธีการแก้ไขปัญหานี้ในบริบทงานด้านสุขาภิบาล ทำให้เกิดการ บรรลุผลเกณฑ์ความยั่งยืนในสถานการณ์ที่แตกต่างกันไป การประเมินระบบนี้ขึ้นอยู่กับกรอบงาน ของท้องถิ่นและมีการนำเรื่องของสิ่งแวดล้อม เทคนิค สภาพลังค์ วัฒนธรรม และเงื่อนไขทาง เศรษฐกิจมาเป็นตัวพิจารณา

การพิจารณาเกณฑ์ความยั่งยืนเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งพิจารณาจากหลักการพื้นฐานบางส่วนที่มีการวางแผนและการดำเนินงานสุขาภิบาลที่ได้มีการพัฒนามาเป็นเวลานานโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและได้รับการรับรองจากสมาชิกของ Water Supply and Sanitation Collaborative Council ในการประชุม “Bellagio Principles for Sustainable Sanitation” ครั้งที่ 5 เมื่อ พศ. 2543 ที่เมือง Iguacu ประเทศบราซิล เป็นการประชุมวิชาการระดับโลก มีข้อสรุปว่า

- 1) คัดคือความเป็นมนุษย์ คุณภาพชีวิตและความปลอดภัยของสิ่งแวดล้อม ควรใช้ระดับครัวเรือนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนาการสุขาภิบาล
- 2) ใช้หลักธรรมาภิบาล (Good governance principles) ดำเนินงานโดยสร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการตัดสินใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้บริโภคและผู้ให้บริการ
- 3) การจัดการของเสีย ควรพิจารณาที่แหล่งกำเนิดและดำเนินการจัดการแบบองค์รวมโดยพิจารณาให้ครบวงจรตั้งแต่แหล่งน้ำ วงจรสารอาหารของพืชและกระบวนการจัดการของเสีย
- 4) ปัญหาของสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการแก้ไขแล้ว ควรจัดไว้ให้เป็นสถานที่สำหรับฝึกปฏิบัติที่มีขนาดเล็กที่สุด (ครัวเรือน ชุมชน อำเภอ เมืองขนาดเล็ก เมืองขนาดใหญ่)

ความยั่งยืนอย่างแท้จริงขึ้นอยู่กับบริบทของขอบเขตที่ใหญ่ขึ้นและจะแตกต่างกันมากระหว่างประเภทของสถานที่ที่ต่างกัน การตั้งค่าต่างๆ รวมทั้งการให้ประเด็นปัญหาที่แตกต่างกันออกไป และนำมาพิจารณาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ สิ่งแวดล้อม สังคม วัฒนธรรมองค์กร เศรษฐกิจ และงานด้านเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้น เป็นประเด็นสำคัญในการดำเนินงานสุขาภิบาลอย่างยั่งยืน ด้วยเช่น การจัดระบบเบี่ยงองค์กร การแบ่งความรับผิดชอบระหว่างผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่ ต้องมีข้อมูลแล้วแบ่งความรับผิดชอบงานในแต่ละประเด็นให้ชัดเจน ยิ่งไปกว่านั้นสภาพสังคม เศรษฐกิจ และการปฏิบัติ รวมทั้งความเต็มใจและความสามารถในการจ่ายเงินสำหรับการจัดการสุขาภิบาลเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา (Mara et al., 2007)

ปัจจัยเหล่านี้จะแตกต่างกันไปและทำให้เกิดผลกระทบต่อความอย่างยั่งยืนด้วย เช่น เรื่องของความเมตตาภาคทางเพศ บทบาทของสตรี

2.2 การสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (Ecological sanitation)

ระบบสุขาภิบาลเชิงนิเวศเป็นการนำอุจจาระและปัสสาวะมาใช้เป็นอาหารของพืชอย่างปลอดภัย เป็นทางเลือกเพื่อลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้คำว่า “รีไซเคิลอย่างปลอดภัย” (safe recycling) เป็นคำที่ครอบคลุมในประเด็นด้านสุขาภิบาลและสารเคมี ดังนั้น การนำอุจจาระและปัสสาวะมารีไซเคิล ต้องคำนึงถึงทั้งเชื้อโรคและสารโลหะหนักฯลฯ

คำกล่าวที่ว่าให้ใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ให้น้อยที่สุด หมายความว่า ผลที่ได้จากการรีไซเคิลต้องมากกว่าต้นทุนที่ใช้ในการรีไซเคิล ความสำคัญของการจัดการสุขาภิบาลเชิงนิเวศ คือการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการให้ผลผลิตทางการเกษตรมากกว่าการจัดการสุขาภิบาลที่ไม่ได้นำอุจจาระและปัสสาวะมาใช้ประโยชน์แต่ใช้ปุ๋ยเคมีที่มีสารอาหารของพืชในจำนวนเท่ากัน คำนิยามของการสุขาภิบาลเชิงนิเวศ หมายความถึง การจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนในสองด้าน คือด้านสุขภาพและลิงแวดล้อม แต่ไม่ได้รวมด้านอื่น เช่น สถาบัน เศรษฐกิจหรือสังคม แต่เพื่อให้เกิดความยั่งยืนอย่างแท้จริงการดำเนินงานสุขาภิบาล เชิงนิเวศจึงต้องคำนึงถึงทุกๆ ด้านที่กล่าวมาข้างต้นด้วย

การสุขาภิบาลเชิงนิเวศไม่ได้หมายถึงเรื่องล้วนรูปแบบเดียว หรือไม่ใช่รูปแบบเดียว สำหรับทุกร่องน้ำ แต่การสุขาภิบาลเชิงนิเวศหมายรวมถึง การจัดการอุจจาระและปัสสาวะให้เหมาะสมตามเงื่อนไขของแต่ละท้องถิ่น การประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับวิถีชีวิตตามฐานะเศรษฐกิจ ที่อยู่ในเขตชนบทและเขตเมือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันโรคและล่งเสริมสุขภาพของคน และลิงแวดล้อมที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรม เช่น การสร้างล้วนภายในหรือภายนอกอาคาร การทำความสะอาดภายหลังการขับถ่ายด้วยกระดาษชำระหรือน้ำ และการจัดการหรือป้องกันกลิ่น ที่เกิดจากปัสสาวะและอุจจาระ ดังนั้นความหมายของล้วนสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (ecosan toilet) ไม่ได้หมายถึงล้วนประเภทใดประเภทหนึ่งเพียงอย่างเดียว เช่น ล้วนหลุ่มไม่จำเป็นต้องขุดลงไปในพื้นดินในกรณีที่พื้นที่เป็นชั้นหินด่าน (shallow bedrock) หรือมีระดับน้ำใต้ดินสูง หลุมล้วนอาจสร้างบนพื้นดินซึ่งล้วนชนิดนี้จะมีความแตกต่างไปจากล้วนหลุ่มทั่วไป (Moe and Rheingans, 2006)

ล้วนสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (ecosan toilet) ไม่ได้หมายถึง ล้วนไม่ใช้น้ำที่มีระบบการนำปัสสาวะมาใช้ (UDDT: urine-diverting dry toilet) เพียงประเภทเดียว แต่หมายถึงล้วนระบบอื่นๆ ด้วย เช่น ล้วนหมัก (soil-composting toilet) (Morgan, 2007) ล้วนชักโครกหรือล้วนราดน้ำที่ต่อท่อเข้ากับถังหมัก เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพหรือต่อท่อเข้ากับระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (constructed wetlands) เป็นต้น (Winblad and Simpson Hebert, 2004)

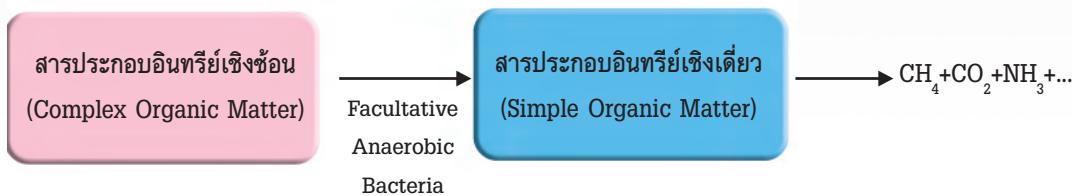
การรีไซเคิลสารอาหารของพืชจากปัสสาวะและอุจจาระ เป็นวิธีการหนึ่งของการสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (ecosan) รูปแบบนี้เป็นลิ่งที่นำสู่ใจและเป็นความเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างการสุขาภิบาลกับการเกษตร เพราะว่าในโตรเจน พอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่พบในปัสสาวะ มีคุณค่าสารอาหารสำหรับพืช และปริมาณสารอินทรีย์ในอุจจาระที่สูงมาก ทำให้เหมาะสมที่จะนำไปปีกหมักและเป็นอิฐมีปะโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

การสุขาภิบาลเชิงนิเวศทำให้เกิดการเกษตรอย่างยั่งยืน เพราะการใช้ “ผลิตผลทางการสุขาภิบาล” (productive sanitation) เช่น ปัสสาวะ อุจจาระ และน้ำปฏิภูมิจากลักษณะที่ผ่านกระบวนการทำให้ปลอดภัยก่อนนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร นอกจากนี้ในการนำปัสสาวะอุจจาระมาใช้ยังช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่จะเหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินรวมทั้งลดการใช้ปุ๋ยเคมีด้วย เนื่องจากมีน้ำหมักผลิตปั๊ปส์ลาราและอุจจาระ 500 และ 50 ลิตรต่อกอนต่อปี ตามลำดับ หรือเท่ากับผลิตปั๊ปส์ในโตรเจน พอสฟอรัส และโปรดักเซียม 5.5 กิโลกรัมต่อกอนต่อปี (ในโตรเจน 4 กิโลกรัม โพแทสเซียม 1 กิโลกรัมและฟอสฟอรัส 0.5 กิโลกรัม) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่คนกินในแต่ละภูมิภาค จากการคำนวณแสดงให้ทราบว่าที่ sub-Saharan Africa สามารถผลิตปั๊ปได้ด้วยตนเองอย่างเพียงพอถ้าหากเลือกใช้การสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (SEI, 2005)

ทุกวันนี้เกษตรกรที่ทำการกรรมนาดเล็กในโลกกว่าสองพันล้านคน ส่วนใหญ่ไม่สามารถซื้อปุ๋ยเคมีได้ มีทางเลือกหนึ่งคือใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากการหมัก และหรือใช้ผลิตผลทางการสุขาภิบาลแทน มีบางประเทศที่มีรัฐธรรมนูญในการนำอุจจาระและปัสสาวะมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมาเป็นเวลาหลายพันปีแล้ว โดยเฉพาะประเทศไทยและประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่ปัจจุบันที่อุจจาระและปัสสาวะมักจะไม่ได้ผ่านกระบวนการกำจัด เชื้อโรคอย่างเหมาะสม ก่อนนำไปใช้ประโยชน์การวางแผนที่ดีและการใช้หลักการสุขาภิบาลเชิงนิเวศอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพทำให้เกิดประโยชน์หลายขั้นตอน ดังนี้

- เกิดการหมุนเวียนของสารอาหารจากอุจจาระและปัสสาวะมาใช้ในการเกษตรของท้องถิ่น (มีความสำคัญมากในพื้นที่ยากจนและดินด้อยคุณภาพ)
- มีการสร้างส้วมหลุมใช้อย่างถาวร (อายุการใช้งาน 5-10 ปี)
- เป็นการป้องกันการปนเปื้อนของสารอาหารของพืช (เช่น ในเต水稻) สารอินทรีย์และเชื้อโรคลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (ระบบการสุขาภิบาลเชิงนิเวศสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ในระดับสูง)
- ลดการร่วงซึมของส้วมระบบท่อเกราะ และระบบท่อรับ-ส่งน้ำโลหะ
- ส้วมรา粗ไม่ต้องการใช้ท่อรวบรวมขนาดใหญ่ และไม่ต้องการระบบบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ (ในกรณีอยู่ในเขตเมือง)
- ทำให้ประหยัดน้ำใช้ในครัวเรือน (มีความสำคัญสำหรับพื้นที่ที่แห้งแล้ง)
- ได้ทางเลือกแทนส้วมหลุม สำหรับพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงและพื้นที่น้ำท่วมถึง
- สามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงาน สำหรับทำอาหาร ให้ความร้อนและแสงสว่าง

การนำอุจจาระและปัสสาวะไปผลิตก๊าซชีวภาพช่วยลดโลกร้อน อุจจาระและปัสสาวะมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 20 เมื่อยอยู่ในสภาพไร้อากาศ จะเกิดการย่อยสลายเป็นก๊าซเหลาชนิดและมีก๊าซมีเทน (ก๊าซชีวภาพ) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 50-80 นอกจากนั้นเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-20 ไฮโดรเจนชัลไฟฟ์น้อยกว่าร้อยละ 1 ในไฮโดรเจนน้อยกว่าร้อยละ 1 และโมเนี่ยน้อยกว่าร้อยละ 1 และไฮโดรเจนน้อยกว่าร้อยละ 1



รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการย่อylexical สารอินทรีย์ของจุลทรีย์ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

การเพิ่มขึ้นของก๊าซมีเทนในบรรยากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาวะเรือนกระจกมากเป็นอันดับสอง รองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แม้ว่าจะมีอยู่ในอากาศเพียง 1.7 ppm แต่ก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 21 เท่า กล่าวคือ ด้วยปริมาตรที่เท่ากัน ก๊าซมีเทนสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า ดังนั้นการที่เราเก็บกักก๊าซมีเทนจาก การย่อยสลายของอุจจาระและปัสสาวะจากลัวม จึงเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อน ขณะเดียวกันก็ได้พลังงานคือก๊าซมีเทนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อนหรือไฟฟ้าได้ ก๊าซมีเทนมีค่าความร้อน 39.4 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 0.67 ลิตร ซึ่งเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 9.7 kWh

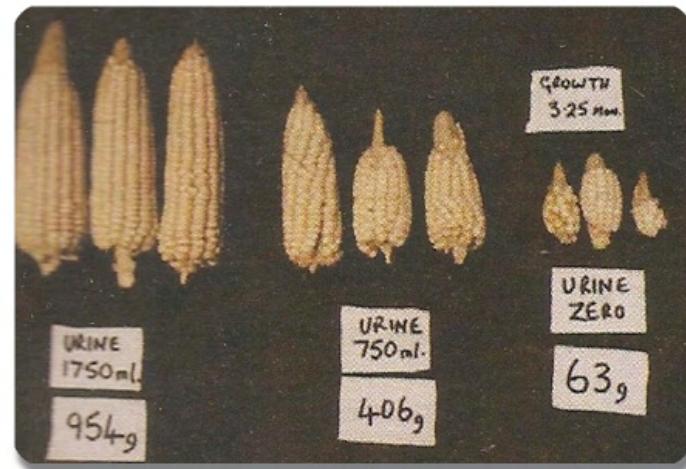
2.3 บทเรียนจากการดำเนินงานสุขภาพบลเชิงนิเวศ

บทเรียนจาก Malawi เป็นการดำเนินโครงการสุขภาพเชิงนิเวศที่ใช้ต้นทุนต่ำ โดยปรับให้เข้ากับวิถีปฏิบัติของประชาชนเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น ได้ปุ๋ยมีราคาถูก โดยปุ๋ยที่ผลิตจากบ้านเป็นจุดขายที่มีประสิทธิภาพ การล้างเลริมให้เกษตรกรที่ไม่สามารถซื้อปุ๋ยเคมีได้ยอมรับการใช้ปุ๋ยประเภทนี้ อย่างไรก็ตามการใช้สุขภาพเชิงนิเวศนี้จะหมายรวมกับแต่ละบริบทของพื้นที่นั้น ๆ (WSP, 2007b)



รูปที่ 2-2 ต้นข้าวโพด (Maize crop) 31 Jan 2005

จากรูปที่ 2-2 แสดงผลของการใช้ปัสสาวะเป็นปุ๋ยในการปลูกข้าวโพดในพื้นดินที่ขาดสารอาหารและแห้งแล้ง การใช้ปัสสาวะแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ผลดีอย่างมีนัยสำคัญ ในปัสสาวะจะประกอบด้วยไนโตรเจนในปริมาณมากและมีความสมดุลของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถันและสารอาหารขนาดเล็กอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้การใช้ปัสสาวะเป็นปุ๋ยยังเป็นการแก้ปัญหาในระยะยาว เป็นการปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย จึงควรแนะนำให้เกษตรกรที่ทำการเกษตรรวมขนาดเล็กนำเข้าปัสสาวะมาใช้ทำปุ๋ย ซึ่งเป็นแหล่งปุ๋ยที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ ทำให้ผลผลิตดีขึ้นลงผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตและโภชนาการอย่างมีนัยสำคัญ

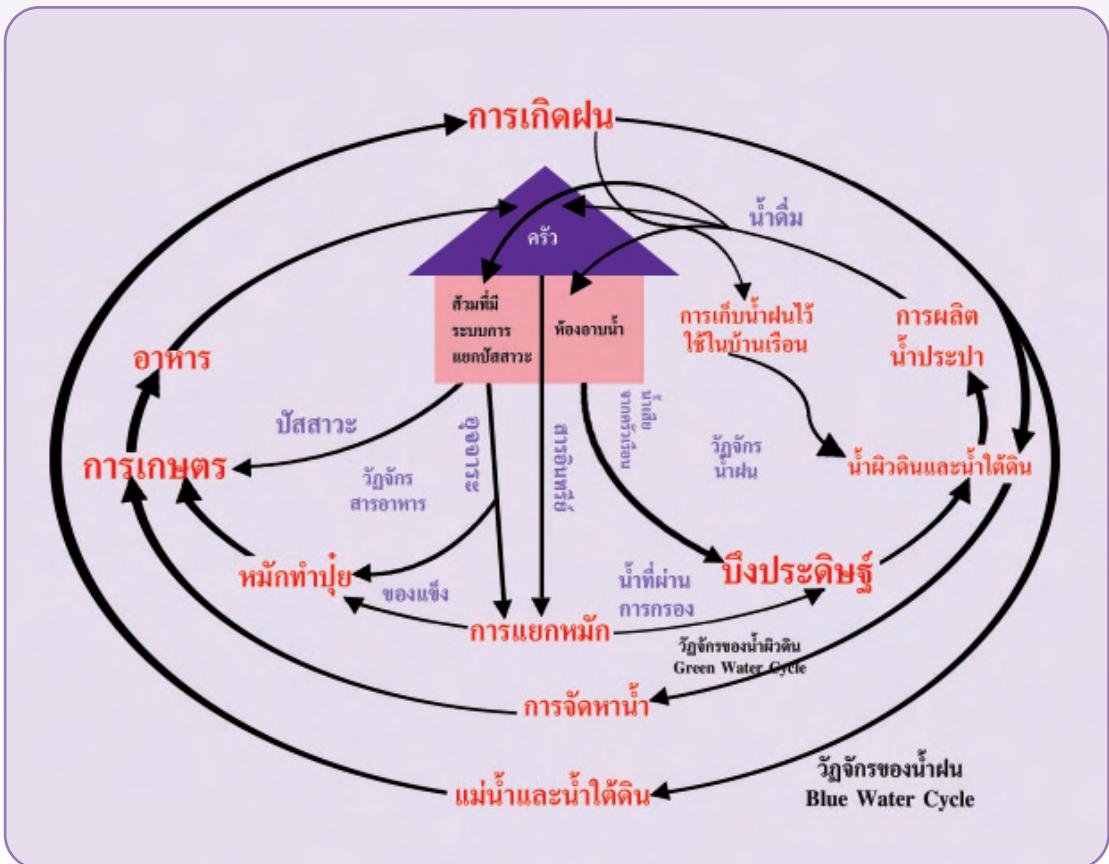


รูปที่ 2-3 แสดงการเจริญเติบโตของข้าวโพดจากการใช้ปัสสาวะเป็นปุ๋ยในปริมาณที่ต่างกัน ใน 3 ความเข้มข้น ระยะเวลาในการปลูก 3.25 เดือน

จากรูปที่ 2-3 แสดงผลของการใช้ปัสสาวะจากคนหนึ่งคน (ประมาณ 1.75 ลิตร/วัน) ปลูกข้าวโพดนาน 3.25 เดือน ได้ผลผลิตเกือบ 1 กิโลกรัมของน้ำหนักสด ดังนั้นถ้าใช้ปัสสาวะของคนหนึ่งคนปลูกข้าวโพด นาน 1 ปี จะได้ปุ๋ยพอสำหรับพื้นที่ปลูกพืช 300-400 ตารางเมตร

การสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (ecosan) เป็นการใช้ “ผลิตผลทางสุขาภิบาล” (productive sanitation) ที่มุ่งเน้นส่งเสริมให้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยจากลิ่งขับถ่ายของมนุษย์ สำหรับให้เกษตรกรนำไปใช้เพื่อการเกษตรและทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งต้องมีการกำหนดเป็นนโยบาย ดังนี้

- แผนงานการให้การศึกษาและการส่งเสริมให้เกษตรกรยอมรับการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ (ปุ๋ยอินทรีย์) ในการเกษตรรวม
- การให้ความรู้เรื่องเศรษฐกิจศาสตร์พื้นฐานของท้องถิ่น การจ้างงาน และนิเวศวิทยา
- แสดงให้เห็นการใช้ที่ดินและทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมีผลดีทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน
- การเปลี่ยนจากฟาร์ม (ผู้ผลิต) สู่การค้าผลิตผลด้วย (เช่น ผลไม้ และผัก)
- สร้างการจ้างงานและเพิ่มรายได้ให้มากขึ้นในภาคการเกษตร
- สร้างแรงบันดาลใจสู่ภาคอุตสาหกรรมการเกษตร
- เพิ่มพลังความสามารถให้กับสตรีในชนบท
- เปิดโอกาสให้มีการพัฒนาความชำนาญในการผลิตเมล็ดพันธุ์พืช การปลูกพันธุ์ไม้ ที่เหมาะสมกับท้องถิ่น การปลูกผัก การเลี้ยงเป็ดและไก่
- สนับสนุนสินเชื่อขนาดย่อมและโครงการเงินออม เพื่อสร้างทุนจัดตั้งบริษัทเล็ก ๆ ในชนบท
- แนะนำแหล่งปุ๋ยทางเลือกจากผลิตผลทางสุขาภิบาล (productive sanitation) เพื่อเป็นทางเลือก พร้อมใช้งาน และเป็นแหล่งสารอาหารสำหรับพืชที่มีราคาถูก สำหรับกลุ่มชาวนาขนาดเล็กจำนวนมากกว่าสองพันล้านคน
- พัฒนาวิถีปฏิบัติเกี่ยวกับการปลูก-การเก็บเกี่ยวพืชน้ำ
- พัฒนาวิถีปฏิบัติทำการทำการเกษตรอย่างยั่งยืน โดยยึดแนวคิดของการสุขาภิบาลเชิงนิเวศ (Ecosan) ดังแสดงในรูปที่ 2-4 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างคน สิ่งแวดล้อม และความเชื่อมโยงที่จำเป็นระหว่างคน น้ำ วัสดุสารอาหารทางการเกษตร



รูปที่ 2-4 การจัดการของเสียจากครัวเรือนและเทคโนโลยี

การจัดการของเสียจากครัวเรือน และเทคโนโลยี

หลักการจัดการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนเน้นให้ระดับครัวเรือนมีการหมุนเวียนสารอาหารของพืช น้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ของเสียครัวเรือน ได้แก่ มูลฝอย น้ำเสีย และลิ่งปฏิกูล ในปัจจุบันรูปแบบวิถีชีวิตของประเทศไทยมีความหลากหลายตั้งแต่ระดับความเป็นเมือง กึ่งเมือง กึ่งชนบทและชนบท ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและความเป็นไปได้ที่จะนำไปปฏิบัติจริงได้นำเสนอ การจัดการและเทคโนโลยีที่มีอยู่ ตลอดจนเทคโนโลยีทางเลือกเพื่อนำไปใช้ให้เหมาะสม ตามแต่ละ เงื่อนไข

3.1 การจัดการอุจจาระและปัสสาวะ

3.1.1 การนำอุจจาระไปใช้ทำปุ๋ย

ได้มีการนำอุจจาระมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารของพืช ดังแสดงรายละเอียด ในตารางที่ 3-1 พบว่าอุจจาระมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบ กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ยังทำให้ดินร่วนซุยด้วย

ตารางที่ 3-1 การเปรียบเทียบธาตุอาหารพืชในอุจจาระกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

รายการทดสอบ	*ผลการวิเคราะห์ อุจจาระ ของคน	**มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548
1. ความชื้น	75	ไม่เกิน 35 % โดยน้ำหนัก
2. ปริมาณอินทรีย์ต่ำ	21.1	ไม่น้อยกว่า 30 % โดยน้ำหนัก
3. อัตราส่วนคาร์บอนต่อ ไนโตรเจน (C/N)	7.3 : 1	ไม่เกิน 20 : 1
4. อาหารหลัก - Total Nitrogen	1.5	ไม่น้อยกว่า 1.0% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3-1 การเปรียบเทียบมาตรฐานอาหารพืชในอุจจาระกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ต่อ)

รายการทดสอบ	*ผลการวิเคราะห์ อุจจาระของคน	**มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548
- Phosphorus (as Total P ₂ O ₅) - Potassium (as Total K ₂ O)	0.5 0.4	ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก
5. อาหารรอง - Calcium (as Total CaO)	0.7% โดยน้ำหนัก	ไม่ได้กำหนด

หมายเหตุ *The handbook of manure and fertilizers (Jaiswal 1971)

**ประกาศกรมวิชาการเกษตรเรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548

หลักการหมักอุจจาระเป็นปุ๋ยตามแนวพระราชดำริ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายซึ่งมีภาระหน้าที่ในการสูบสิ่งปฏิกูลเมื่อสั่วมเต็มเอาไปบำบัดก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมหรือนำไปใช้ประโยชน์ การหมักเป็นปุ๋ยเป็นวิธีการหนึ่งในการบำบัดอุจจาระและปัสสาวะให้ย่อยสลายในถังปิด (Anaerobic Digestion) นานอย่างน้อย 28 วัน เพื่อทำลายเชื้อโรคและโรคหนองพยาธิ เมื่อหมักครบตามกำหนดแล้วให้ปล่อยลงไปยังลานทรายกรองเพื่อแยกน้ำกับตะกอน น้ำที่ผ่านลานทรายกรองแล้วยังมีสารอินทรีย์และอาหารของพืชอยู่มาก ให้นำไปรดพืชได้เลย ส่วนตะกอนหากแಡดให้แห้งสนิท (ความชื้นไม่เกิน 5 %) ก่อนนำไปบดให้ละเอียดแล้วนำไปทำเป็นปุ๋ย ถ้าปฏิบัติให้ได้ตามที่กำหนดจะได้ปุ๋ยน้ำและปุ๋ยอินทรีย์ที่ปลอดภัยจากเชื้อโรคระบบทางเดินอาหารและไข่พยาธิ ส่วนประกอบสำคัญของระบบมีดังนี้คือ

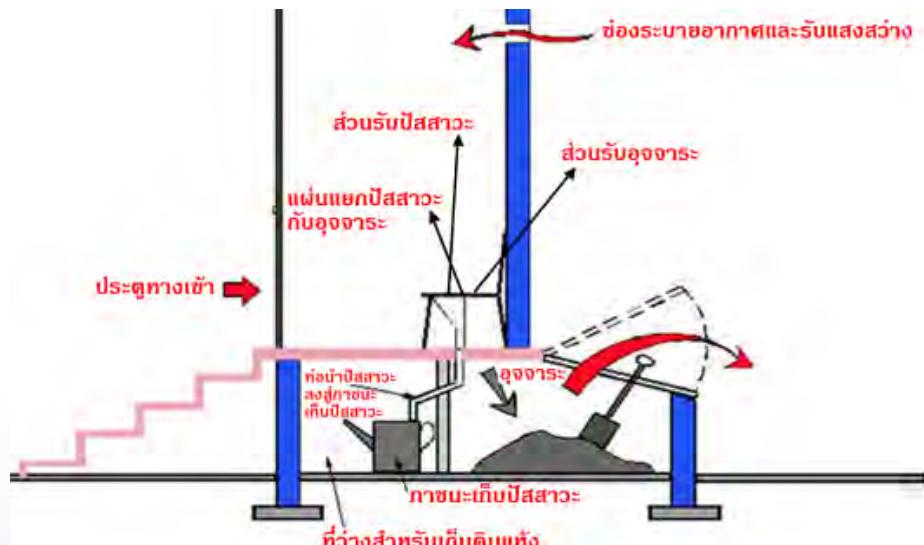
1) ถังหมักแบบปิด ประกอบด้วยถังคอนกรีตที่ก่อสร้างขึ้นจำนวนไม่น้อยกว่า 28 ถัง เพื่อให้สะดวกในการจัดการ แนะนำให้มีจำนวน 31 ถังเท่ากับจำนวนวันที่มากที่สุดใน 1 เดือน ถังหมักแต่ละถังต้องมีฝาปิดมิดชิด มีท่อระบายน้ำอากาศภายในถังหมักจะบรรจุสิ่งปฏิกูลที่ได้จากการสูบสิ่งปฏิกูลที่ไปสูบมาจากส้วม ตามบ้านเรือนและอาคารต่างๆ แล้วนำมาเทลงในถังหมักนี้ ภายในถังหมักจะเกิดการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลโดยแบคทีเรียนนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ทำการหมักอย่างน้อย 28 วัน เพื่อทำลายเชื้อโรค พยาธิและไข่พยาธิที่ปะปนมากับสิ่งปฏิกูล

2) ลานทรายกรอง ภายหลังจากลิงปฏิภูมิและน้ำที่ทำการหมักในถังหมักจนครบเวลา ตามกำหนดแล้ว จึงปล่อยลงสู่ลานทรายกรองซึ่งจะทำหน้าที่กรองลิงปฏิภูมิให้เหลือตอกคำงอยู่ด้านบน ส่วนน้ำก็จะซึมผ่านลานทรายกรองสู่ท่อรับน้ำด้านล่าง เพื่อร่วบรวมนำไปสู่บ่อพักน้ำเก็บไว้รดตันไม้ แต่ถ้าจะปล่อยทิ้งต้องนำบัดน้ำดังกล่าวก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ สำหรับตะกอนที่ตกบน ลานทรายกรองนั้น ให้ตากแดดจนแห้งความชื้นไม่เกิน 5 % เพื่อให้แน่ใจว่าใช้พยาธิคุกทำลายหมด จากนั้นจึงนำไปย่อยหรือบดให้มีขนาดเล็กลง เพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยต่อไป

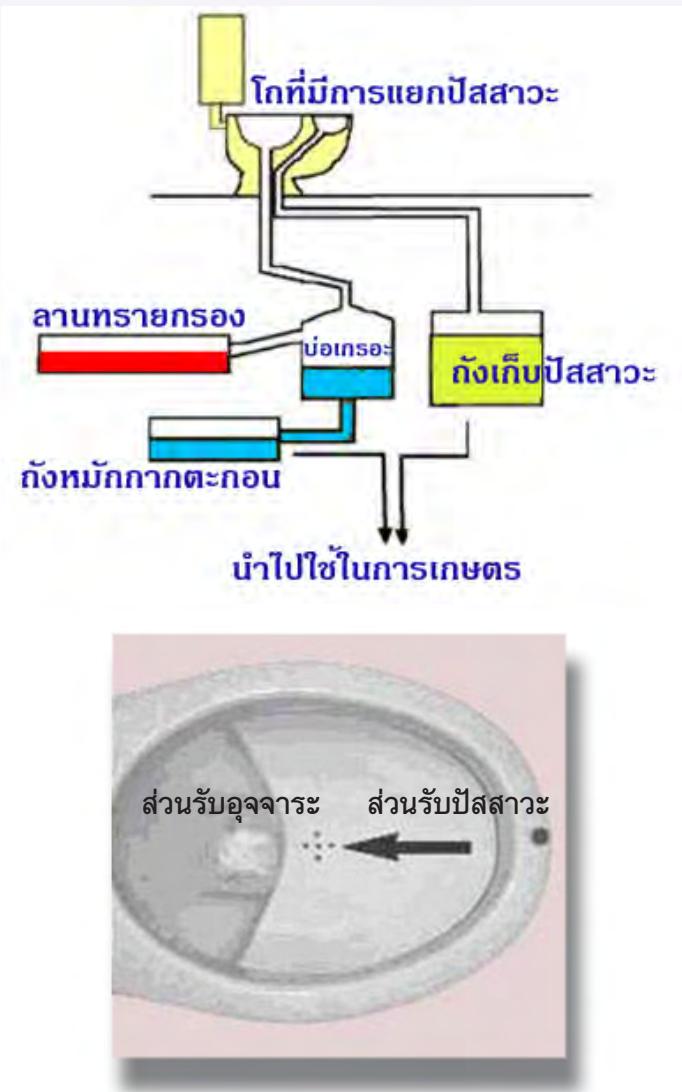
3) บ่อผึ้งหรือระบบบำบัดน้ำจาลนทรายกรอง ในกรณีที่ไม่ได้น้ำที่ซึมผ่าน ลานทรายกรองไปใช้ประโยชน์ จะต้องบำบัดให้ได้มาตรฐานน้ำทึ้งก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

เทคโนโลยีการจัดการลิงปฏิภูมิ ณ แหล่งกำเนิด

นอกจากการนำอุจจาระและปัสสาวะจากลัวมไปหมักทำปุ๋ยแล้ว ยังมีเทคนิค การแยกปัสสาวะและอุจจาระที่แหล่งกำเนิดเป็นการนำหลักการ “การสุขาภิบาลเชิงนิเวศ” (Ecological Sanitation) มาใช้ โดยการแยกปัสสาวะที่มีสารอาหารของพืชสูงและปลอดจาก เชื้อโรคไปทำปุ๋ย แต่อุจจาระต้องบำบัดให้ปลอดภัยจากเชื้อโรคและหนองพยาธิก่อนนำไป ใช้ประโยชน์ วิธีการแยกปัสสาวะและอุจจาระโดยการใช้ลัวมชี้มืออยู่ 2 แบบ คือ ลัวมแยกปัสสาวะ และอุจจาระแบบไม่ใช้น้ำ (UDDT: urine-diverting dry toilet) การใช้ลัวมแบบลัวมหลุม (รูป 3-1) และลัวมแยกปัสสาวะและอุจจาระแบบใช้น้ำ (UDT: urine-diverting toilet) (รูป 3-2)



รูป 3-1 ลัวมแยกปัสสาวะแบบไม่ใช้น้ำ (UDDT: urine-diverting dry toilet)



รูป 3-2 ส้วมแยกปัสสาวะแบบใช้น้ำ (UDT: urine-diverting toilet)

3.1.2 การนำปัสสาวะไปใช้ทำปุ๋ย

น้ำปัสสาวะมีสารอาหารมากมายที่มีประโยชน์ต่อพืช มนุษย์จะถ่ายปัสสาวะประมาณวันละ 1-1.5 ลิตร จากการวิเคราะห์ปัสสาวะของคนหนึ่งคน พบร้าอาหารของพืชมากมาย ดังแสดงในตารางที่ 3-2 สารอาหารของพืชเหล่านี้สามารถนำไปปลูกพืชผักโดยแทบไม่ต้องลงทุนมากเลย น้ำปัสสาวะที่มนุษย์ขับถ่ายและทิ้งในแต่ละวันสามารถตอบสนองต่อความต้องการปุ๋ยใน การปลูกพืชของโลกทั้งหมดได้ การใช้น้ำปัสสาวะให้ปลอดภัย ปัสสาวะต้องไม่ถูกปนเปื้อนจากอุจจาระ เพราะเชื้อโรคจากแบคทีเรีย ไวรัส และหนองพยาธิเกือบทั้งหมดจะอยู่ในอุจจาระ ยกเว้นพยาธิ

ใบไม้เลือด ซึ่งตัวอ่อนที่ออกมาน้ำไม่สามารถใช้เข้าไปเจริญเติบโตในหอย (ก่อนเข้าสู่คน) ภายในเวลาประมาณ 3 ชั่วโมงจะตาย ปัลสภาวะที่ออกมากใหม่จะมีลักษณะเป็นกรดอ่อน ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 5-6 ชั่วโมง ปัลสภาวะจะเริ่มมีกลิ่น เนื่องจากจุลินทรีย์จะไปถลวยยุเรียให้เป็นแอมโมเนียก่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็นในเตรทในที่สุด ซึ่งอยู่ในรูปที่พิชสารน้ำนำไปใช้ประโยชน์ได้และต้องใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน

ตารางที่ 3-2 องค์ประกอบของน้ำปัลสภาวะของผู้ใหญ่ 1 คนต่อวัน

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ยูเรีย (ในโตรเจน)	6-180 กรัม
ครีโอไทน์ (ในโตรเจน)	0.3-0.8 กรัม
แอมโมเนีย (ในโตรเจน)	0.4-1.0 กรัม
กรดยูคลิค (ในโตรเจน)	0.008-0.2 กรัม
โซเดียม	2.0-4.0 กรัม
بوتัลเชียม	1.5-2.0 กรัม
แคลเซียม	0.1- 0.3 กรัม
แมกนีเซียม	0.1-0.2 กรัม
คลอไรด์	4.0-8.0 กรัม
ฟอลเฟต (ฟอลฟอรัส)	0.7-1.6 กรัม
อนินทรีย์ ชัลเพต (ชัลเพอร์)	0.6-1.8 กรัม
อินทรีย์ ชัลเพต (ชัลเพอร์)	0.006-0.2 กรัม

ที่มา : การเกษตรอุตสาหกรรม บทความ น้ำปัลสภาวะคือปุ๋ยชั้นดี (2552)

<http://www.karnkaset.com/index.php?p=1&s=1&m=7&i=52>

วิธีการใช้น้ำปัลสภาวะทำปุ๋ย

1) เจือจากด้วยน้ำใช้รดพืช

การนำปัลสภาวะไปใช้กับพืชเราจะไม่ใช้ปัลสภาวะความเข้มข้น 100 % โปรดโดยตรง กับพืช เพราะอาจจะทำให้พืชตาย เนื่องจากมีความเข้มข้นมากเกินไป วิธีการนำปัลสภามาใช้ ให้เจือจากน้ำปัลสภาวะกับน้ำในสัดส่วน ปัลสภาวะ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 8 ส่วน นำไปรดพืช 1-2 ครั้งต่อ สัปดาห์ จากการทดลองของ ดร.อาณัฐ ตันโซ (หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (จังหวัดเชียงใหม่) ถ้านำน้ำปัสสาวะที่เจือจากแล้วมากรดพิชเพียงครั้งเดียว พิชก็เจริญเติบโตดี แต่ถ้ารด 2 ครั้งต่อสัปดาห์จะได้ผลดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี การรดน้ำปัสสาวะให้รอบๆ พุ่มไม้ ถ้าหากจะรดปัสสาวะความเข้มข้น 100% ให้รดบนผิวดินที่มีเศษไม้ใบไม้หนาอย่างน้อย 3 นิ้ว

2) ผสมน้ำปัสสาวะกับน้ำทึ้งจากครัวเรือน

น้ำปัสสาวะมีในโตรเจน น้ำทึ้งจากครัวเรือนส่วนใหญ่เป็นน้ำมีคาร์บอนเล็กน้อย น้ำทึ้งจากครัวเรือนเป็นส่วนผสมที่ดีที่ใช้เจือจากน้ำปัสสาวะ โดยการบ่อนในน้ำทึ้งจากครัวเรือน จะเปลี่ยนในโตรเจนในปัสสาวะให้ออยู่ในรูปที่เป็นอาหารของพิช ผสมน้ำทึ้งจากครัวเรือนและน้ำปัสสาวะส่งไปตามท่อที่มีการเติมอากาศไปยังแปลงพิชผัก จุลินทรีย์ในดินและรากพิชจะเปลี่ยนน้ำปัสสาวะไปเป็นอาหารของพิชได้เป็นอย่างดี

3) หมักน้ำปัสสาวะ

ใช้น้ำปัสสาวะ 1 ลิตร ผสมกับน้ำตาล 1/3 ถ้วย ใส่ลงไปในท่อหรือภาชนะทรงสูง ประมาณ 10 นิ้ว แล้วเติมถ่าน ขี้เลือย พาง เศษกระดาษ ถ้าหาวสุดเหล่านี้ไม่ได้ ให้ใช้ฟองน้ำ หรือทรายหยาบๆได้ อัดลงไปในท่อ ปัสสาวะที่ผ่านการหมักแล้วนำไปใช้เจือจากด้วยน้ำเป็นปุ๋ยสำหรับปลูกพิชได้

4) นำปัสสาวะไปหมักทำปุ๋ย

เทน้ำปัสสาวะลงในถังหมักที่มีรัสดุที่มีคาร์บอนสูง เช่น ใบไม้แห้ง เศษหญ้า ขี้เลือย เศษกิ่งไม้ เศษกล้องกระดาษผูก น้ำปัสสาวะจะช่วยย่อยสลายให้อินทรีย์ตกลเหล่านี้เป็นปุ๋ยหมักเร็วขึ้น นำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักในแปลงพิชผักได้ดี

3.2 การจัดการมูลฝอย

จากรายงานสถานการณ์ปริมาณมูลฝอย ปี 2551 โดยกรมควบคุมมลพิษ พบว่า มีปริมาณมูลฝอยชุมชนทั้งหมดทั่วประเทศประมาณ 15.03 ล้านตัน/ปี หรือ 41,064 ตัน/วัน ซึ่งในจำนวนนี้ มีมูลฝอยที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ 3.405 ล้านตัน หรือ ประมาณร้อยละ 23 ของปริมาณมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งมีคักษภาพพอที่จะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งในรูปมูลฝอยอินทรีย์ และมูลฝอย Recycle ประเภทแก้ว กระดาษ เหล็ก อะลูมิเนียม ผ่านกิจกรรมต่างๆ อาทิ ศูนย์รัสดุรีไซเคิลชุมชน ธนาคารรัสดุรีไซเคิล การเรียกคืนบรรจุภัณฑ์โดยผู้ประกอบการ และการซื้อขายรัสดุรีไซเคิล โดยร้านรับซื้อของเก่า รวมประมาณ 3.03 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 89 การนำมูลฝอยอินทรีย์มาหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) ประมาณ 0.249 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 7 และการนำมูลฝอยมาผลิตพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงทดแทน ประมาณ 0.126 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 4 ของปริมาณการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ ดังรูปที่ 3-3

นอกจากนี้ยังพบปริมาณมูลฝอยอันตรายจากชุมชนเกิดขึ้น 410,000 ตัน/ปี ซึ่งพบว่า ส่วนใหญ่เป็นมูลฝอยสมัยใหม่ ได้แก่ ชาากผลิตกัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ โดยมี อัตราเพิ่มร้อยละ 12 โดยมีอัตราเพิ่ม ดังนี้ ปี 2546 จำนวน 58,000 ตัน ปี 2547 จำนวน 70,000 ตัน ปี 2553 คาดการณ์มากถึง 128,220 ตัน นอกจากนี้ยังมีมูลฝอยอันตรายจากชุมชน อีก 7% ซึ่งได้แก่ ภาชนะบรรจุภัณฑ์กำจัดแมลงและคัตตูร์พีช ซึ่งใช้กันมากในชนบท กระป่องสเปรย์ ซึ่งทั้งหมดตกค้างในลังแวดล้อมเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 3-3 สัดส่วนการนำมูลฝอยชุมชนกลับมาใช้ใหม่

ลักษณะ ชนิด ประเภทมูลฝอย

สามารถแบ่งมูลฝอยได้เป็น 3 ประเภท คือ

- 1) มูลฝอยทั่วไป ประกอบด้วย
 - 1.1) มูลฝอยประเภทอยล่ำไยได้ เช่น เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ เป็นต้น



รูปที่ 3-4 มูลฝอยประเภทอยล่ำไยได้

1.2) มูลฝอยสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ อลูมิเนียม ฯลฯ



รูปที่ 3-5 มูลฝอยสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้

1.3) มูลฝอยอื่นๆ ที่ต้องกำจัด ได้แก่ มูลฝอยที่กำจัดยาก ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น ถุงพลาสติก ช่องบะหมี่ ฯลฯ

- 2) มูลฝอยอันตรายจากบ้านเรือน ซึ่งชุนชน เช่น หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่รีชาร์จ
- 3) มูลฝอยติดเชื้อ เป็นมูลฝอยที่เกิดจากการให้บริการทางการแพทย์



รูปที่ 3-6 มูลฝอยติดเชื้อที่เกิดจากการให้บริการทางการแพทย์

การลดปริมาณ/คัดแยก และการนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Reduce Reuse and Recycle: 3Rs)

การกำจัดมูลฝอยในปัจจุบันองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้รับภาระนำไปกำจัด โดยวิธีฝังกลบอย่างถูกหลักสุขागิบาลซึ่งมีเพียงส่วนน้อย ส่วนที่เหลือมีการเก็บของกลางแจ้งซึ่งจะส่งผลกระบุต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัยของประชาชนในบริเวณใกล้เคียง

ดังนั้นการจัดการมูลฝอยให้ถูกสุขลักษณะในแต่ละขั้นตอนการจัดการนับเป็นสิ่งสำคัญ และมีความจำเป็นต่อระบบการจัดการมูลฝอย เพราะไม่เพียงแต่สามารถป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคจากมูลฝอย อันทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนแล้ว ยังทำให้สิ่งแวดล้อมน่าอยู่ มีความสะอาด ล่งผลต่อทัศนียภาพ ทำให้เกิดสุขภาวะขึ้นในลังคมและชุมชนนั้นๆ การคัดแยกมูลฝอยและการเก็บรวบรวมมูลฝอยนับเป็นขั้นตอนหนึ่งของการจัดการมูลฝอยเนื่องจากในปัจจุบันชุมชนต่างๆ มีการผลิตมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านปริมาณและประเภทของมูลฝอย มีการใช้วัสดุในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่กำจัดยาก การจัดหาพื้นที่สำหรับกำจัดมูลฝอยด้วยวิธีการเผา การฝังกลบ หาได้ยากมากขึ้น ที่ดินมีราคาแพงและได้รับการต่อต้านจากประชาชนบริเวณใกล้เคียง ดังนั้นมาตรการหรือวิธีการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดต่อสภาพในปัจจุบัน จึงควรมุ่งเน้นไปที่การลดปริมาณ/การคัดแยกมูลฝอยด้วยหลักการ 3 Rs

หลักการ 3 Rs (Reduce Reuse and Recycle: 3Rs)

R - Reduce หมายถึง ลดการใช้ ลดปริมาณการใช้วัสดุสิ่งของ ทรัพยากรต่างๆ ให้น้อยลง ใช้อย่างประหยัดและรู้คุณค่าหรือใช้เท่าที่จำเป็น เลือกใช้วัสดุที่ได้จากการผลิต เช่น การใช้ใบตองห่อข้าวแทนการใช้กล่องโฟมหรือพลาสติก

R - Reuse หมายถึง นำกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

R - Recycle หมายถึง การนำหรือเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ หรือนำกลับมาใช้ใหม่

1. ลดการใช้ (Reduce)

1) ปฏิเสธ (Reject) หรือหลีกเลี่ยงสิ่งของหรือบรรจุภัณฑ์ที่จะสร้างปัญหาขยะ เช่น การใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก รวมทั้งเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

- หลีกเลี่ยงการใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือยรวมทั้งขยะที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ถุงพลาสติก หรือขยะมีพิษอื่น ๆ
- หลีกเลี่ยงการเลือกซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มหลายชั้น

- หลีกเลี่ยงการเลือกซื้อลินค้าชนิดใช้ครั้งเดียว หรือผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานต่ำ
- ไม่สนับสนุนร้านค้าที่กักเก็บและจำหน่ายลินค้าที่ใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือย และไม่มีระบบเรียกคืนบรรจุภัณฑ์เช่นเดลว์
- กรณีการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ประจำบ้านที่ใช้เป็นประจำ เช่น ถุง ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน ให้เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดบรรจุใหญ่กว่า เนื่องจากใช้บรรจุภัณฑ์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
- ลดหรือลดการบริโภคที่ฟุ่มเฟือย โดยเลือกใช้ลินค้าหรือผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับความต้องการ

2) เลือกใช้ลินค้าที่สามารถส่งคืนบรรจุภัณฑ์กลับมาได้ (Return)

- เลือกซื้อลินค้าหรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีระบบมัดจำ - คืนเงิน เช่น ขวดเครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ
- เลือกซื้อลินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำกลับไปรีไซเคิลได้ หรือมีส่วนประกอบของวัสดุรีไซเคิล เช่น ถุงซื้อปั้ง
- เลือกซื้อลินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตเรียกคืนหากบรรจุภัณฑ์ หลังจาก การบริโภคของประชาชน

2. ใช้ซ้ำ (Reuse)

ใช้ซ้ำ เป็นหนึ่งในแนวทางการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ค่าใช้ซ้ำเป็นการที่เรานำสิ่งต่างๆ ที่ใช้งานไปแล้ว และยังสามารถใช้งานได้ กลับมาใช้อีก เป็นการลดการใช้ทรัพยากรใหม่ รวมทั้งเป็นการลดปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นอีกด้วย ตัวอย่างของการใช้ซ้ำ เช่น

- 1) เลือกซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาให้ใช้ได้มากกว่า 1 ครั้ง เช่น แบบเตอร์รี่ ประจุไฟฟ้าใหม่ได้
- 2) ซ่อมแซมเครื่องใช้ และอุปกรณ์ต่างๆ (Repair) ให้สามารถใช้ประโยชน์ต่อไปได้อีก
- 3) นำร่องวิชาเครื่องใช้ อุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถใช้งานได้คงทนและยาวนานขึ้น
- 4) นำบรรจุภัณฑ์และวัสดุเหลือใช้อีก เช่น กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น การใช้ซ้ำถุงพลาสติก ถุงผ้า ถุงกระดาษ และกล่องกระดาษ การใช้ซ้ำขวดน้ำดื่ม และกล่องใส่ขนม เป็นต้น
- 5) ยีม เช่า หรือใช้ลิ้งของหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้บ่อยครั้งร่วมกัน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร

- 6) บริจาคหรือขายสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ เช่น หนังสือ เลือกผ้า เพอร์นิเจอร์ และเครื่องมือใช้สอยอื่นๆ
- 7) นำสิ่งของมาดัดแปลงให้ใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การนำยางรถยกมาทำเก้าอี้ การนำขวดพลาสติกมาดัดแปลงเป็นที่ใส่ของ แลกัน การนำเศษผ้ามาทำเปลนอน เป็นต้น
- 8) ใช้ชั้วสุดสำนักงาน เช่น การใช้กระดาษทึบลองหน้า เป็นต้น

3. รีไซเคิล (Recycle)

รีไซเคิล เป็นการนำวัสดุต่างๆ อย่างเช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม ฯลฯ มาแปรรูปโดยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณมูลฝอยแล้ว ยังเป็นการลดการใช้พลังงานและลดมลพิษที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำได้โดย

- 1) คัดแยกวัสดุรีไซเคิลแต่ละประเภท ได้แก่ แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ/อลูมิเนียม เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปรีไซเคิล
- 2) นำไปขาย/บริจาค/นำเข้าธนาคารมูลฝอย/กิจกรรมมูลฝอยแลกไช่ เพื่อเข้าสู่ วงจรของการนำกลับไปรีไซเคิล

3.3 การหมักของเสียเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ หรือไบโอดีกซ์ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จากการย่อยสลายอินทรีย์ โดยจุลทรีย์ภายในโลกจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าชไฮเดรตานิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน ประมาณร้อยละ 50-80 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณร้อยละ 5-20 ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในตรเจน และไนโตรเจน จึงนำก๊าซมีเทนที่มีปริมาณมากและมีคุณสมบัติดีไฟได้น้ำม้าใช้เป็นพลังงานทดแทน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature) การย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตก๊าซในสภาพปราศจากออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากตั้งแต่ 4-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลทรีย์

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้า pH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อบ��ที่เรียกว่าสร้างก๊าซมีเทน

3. ความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง ความสามารถในการรักษาและดับความเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการหมักซึ่งมีค่าประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเรต (CaCO_3)

4. สารอาหาร (Nutrients) สารอินทรีย์ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีรายงานการศึกษาพบว่า มีสารอาหารในสัดส่วน C:N และ C:P ในอัตรา 25:1 และ 20:1 ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม

5. สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย สามารถทำให้ขบวนการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

6. ลักษณะของสารอินทรีย์สำหรับขบวนการย่อยสลาย ซึ่งมีความแตกต่างกันไป

ชนิดและแบบของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant) บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของของเลี้ยงที่เป็นวัตถุดิน และประสิทธิภาพการทำงานได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

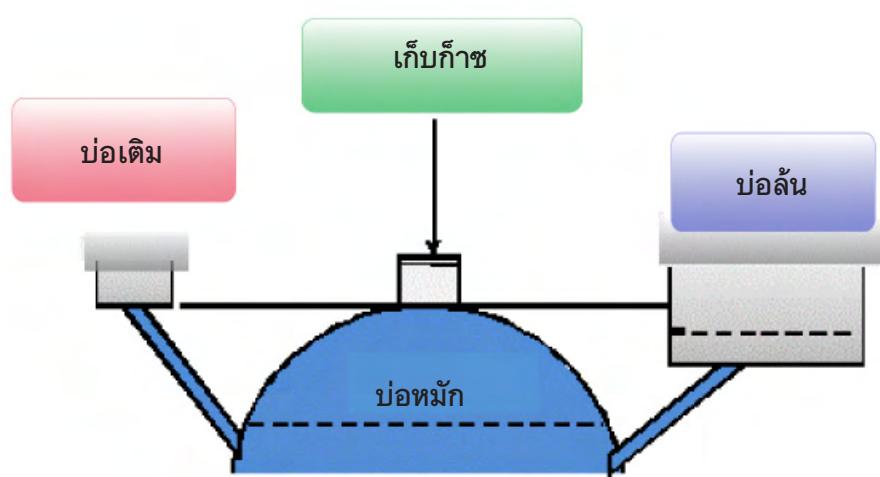
1) บ่อหมักซ้าหรือบ่อหมักของแข็ง บ่อหมักซ้าที่มีการสร้างใช้ประโยชน์และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป มี 3 แบบหลักคือ

- แบบโดม (fixed dome digester)
- แบบฝาครอบโลย (floating drum digester) หรือแบบอินเดีย (Indian digester)
- แบบพลาสติกคลุมราง (plastic covered ditch) หรือแบบปลั๊กโฟล์ว (plug flow digester)

2) บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย แบ่งได้เป็น 2 แบบหลัก คือ

- แบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่า แบบเออef (AF) ตัวกลางที่ทำได้จากการสัดส่วนชนิด เช่น ก้อนหิน กระดอง พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ไม่ได้ตัดเป็นท่อน เป็นตัน ในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลางที่ถูกต้องอยู่กับที่ ก้าชถูกเก็บอยู่ภายใต้พลาสติกที่คลุมอยู่เหนือร่องมักใช้ไม้แผ่นทับ เพื่อป้องกันแสงแดดและเพิ่มความดันแก๊ส

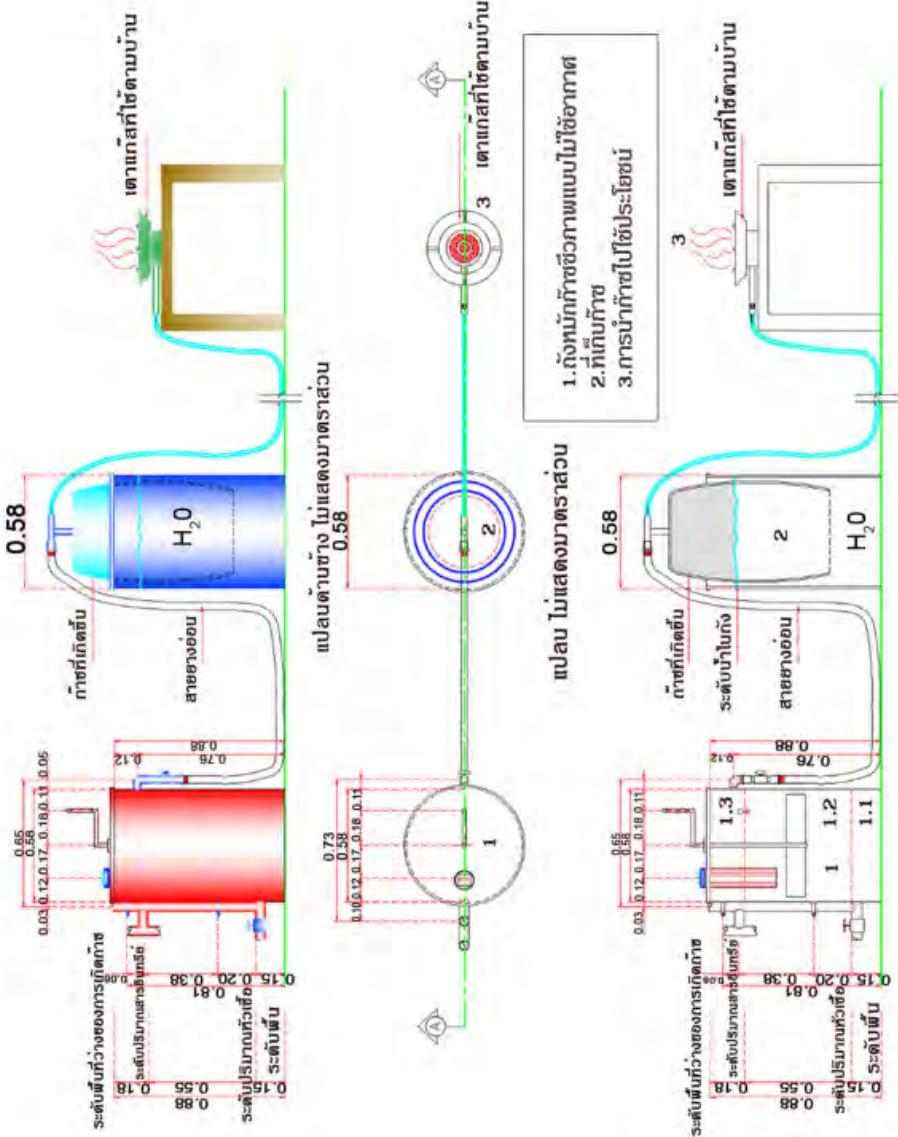
- แบบยูเออสบี (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanket) บ่อหมักเร็วแบบนี้ ใช้ตากอนของสารอินทรีย์ (sludge) ที่เคลื่อนไหวภายในบ่อหมักเป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ ลักษณะการทำงานของบ่อหมัก เกิดขึ้นโดยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าบ่อหมักจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ตากอนส่วนที่เบาจะลอยตัวไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลลันออกนอกบ่อ ตากอนส่วนที่หนักจะจมลงก้นบ่อ



รูปที่ 3-7 แสดงส่วนประกอบบ่อหมักก้าชชีวภาพแบบโดม

ส่วนประกอบของบ่อก้าชชีวภาพแบบโดม

1. บ่อเติมของเลี้ยงจากครัวเรือน เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะจากล้วม มูลสัตว์
2. บ่อหมักและโดมเก็บก้าช
3. บ่อลั่น



รูปที่ 3-8 แสดงส่วนประกอบของกากซีวภาพแบบผ้ารุบลอบ

อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพจากการหมัก

เศษอาหาร 1 กิโลกรัม สามารถหมักได้เป็นก๊าซชีวภาพประมาณ 60 - 100 ลิตร

ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร มีค่าความร้อน 21 เมกกะจูล หรือเทียบได้กับพลังงานเชื้อเพลิงต่างๆ ดังนี้

- ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัม
- น้ำมันเตา 0.55 ลิตร
- ดีเซล 0.60 ลิตร
- ไฟฟ้า 1.40 กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh หรือยูนิต)

ประโยชน์ของบ่อก๊าซชีวภาพ

1. ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น พืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

- ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ
- ใช้กับตะเกียงก๊าซขนาด 60-100 วัตต์ ลูกไก่ได้ 5-6 ชั่วโมง
- ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์
- ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม การนำเศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะจากล้วมมูลสัตว์มาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ เป็นการนำของเสียมาผลิตพลังงานและปุ๋ย ที่สำคัญเป็นการลดแหล่งแพร่พันธุ์ของลัตัวและแมลงพาหะนำโรคด้วย

3. ด้านการเกษตร การทำเป็นปุ๋ย หากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆ และน้ำยาคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบในโตรเจนในของเสีย ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

การสร้างบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

1. การเลือกสถานที่ การเลือกสถานที่นั้น ควรอยู่ในที่ที่มีแสงสว่างส่องร่อง เนื่องจากจะทำให้ระบบการหมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรเลือกสร้างที่ดอน น้ำท่วมไม่ถึง มีระดับน้ำได้ดินลึก

2. การเลือกแบบบ่อหมักก้าชชีวภาพ การพัฒนาแบบการสร้างบ่อก้าชชีวภาพ ให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละพื้นที่ โดยยึดหลัก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย ง่ายแก่การปฏิบัติ มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมกับการใช้พลังงานประจำวัน ต้องคำนึงถึงลิ่งต่อไปนี้ คือ

- 1) สถานที่ที่จะสร้างบ่อก้าชชีวภาพ
- 2) ขนาดของบ่อหมัก
- 3) ลักษณะของแบบ หรือรูปทรงของบ่อที่เหมาะสม
- 4) ปริมาณของเสีย เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะจากสัدم จำนวนลัตต์ ที่เลี้ยงซึ่งจะล้มพันธ์กับมูลที่ถ่ายออกมาก
- 5) เงินทุนที่ใช้ในการก่อสร้าง
- 6) ปริมาณก้าชชีวภาพที่ต้องการใช้
- 7) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างบ่อก้าชชีวภาพ
- 8) หน่วยงานทางราชการที่ให้คำปรึกษาเฉพาะด้านที่เกี่ยวกับเรื่องก้าชชีวภาพ

3. ขั้นตอนการสร้างบ่อก้าชชีวภาพ

ขั้นตอนการสร้างบ่อก้าชชีวภาพ เริ่มต้นจากการสำรวจพื้นที่และชนิดของดิน บริเวณที่จะก่อสร้างบ่อ ก่อน ต้องมาให้วางผังโดยใช้ปุ่นข้าวโพดบริเวณที่จะขุดบ่อ บ่อที่จะขุด มีทั้งหมด 3 บ่อ คือ บ่อเติม บ่อหมัก บօลัน และลิ่งชุดบ่อตามแบบที่ต้องการ โดยเริ่มต้น ก่อสร้างบริเวณกันบ่อ ก่อนทุกปอ แต่รูปทรงปอให้ราบเรียบ จากนั้นจึงเริ่มก่อผนังของแต่ละบ่อ และสร้างที่เก็บกักก้าชที่ได้จากการหมัก

ประเภทของบ่อก้าชชีวภาพ

1. แบบลังลอยกวณผស ประยุกต์มาจากการแบบฝาครอบโดย ลักษณะเป็นลังหมัก ทรงกลม มีลังทรงกลมที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นสังเก็บก้าชคัว่อบนถังหมัก และมีแกนกลางสำหรับ การของเสียในถังหมัก เพื่อให้เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น

2. แบบโดมหรือแบบพิกซ์โดม (Fixed Dome) ลักษณะเป็นทรงกลมผังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บก้าชมีลักษณะเป็นโดม แบบนี้เหมาะสมสำหรับหมักของเสียในปริมาณไม่มาก มีข้อดี คือ ประหยัดพื้นที่ ง่ายต่อการต่อรองรายของเสียไปสู่บ่อหมัก

3. แบบวางขนาดหรือแบบปลั๊กโพล์ (Plug flow) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคงที่ ผังในดิน ส่วนที่ใช้เก็บก้าชจะใช้พ้าพลาสติกที่เรียกว่า red-mud-plastic คลุมส่วนของบ่อหมักไว้ ข้อดี ของบ่อแบบนี้ เป็นจากลักษณะของบ่อเป็นแนวยาว จึงทำให้ระยะเวลาในการหมักของเสียมากขึ้น ซึ่งต้องมีเวลาในการหมักนาน ก็จะทำให้ปริมาณก้าชที่เกิดขึ้นมีมากขึ้นด้วย

การบำรุงดูแลรักษา

หน้าที่ตรวจสอบท่อน้ำก๊าซ และพยายามทำความสะอาดที่เก็บก๊าซอยู่เสมอ

ปัญหาและวิธีแก้ไข

1. ปัญหาเรื่องทางอุ กของบ่อหมักอุดตัน แก้ไขโดยการเปิดบ่อและขุดลอกากตะกอนที่ตอกค้างอย่างน้อย 3 ปี ต่อ 1 ครั้ง

2. ปัญหาเรื่องท่อ ก๊าช ท่อ ก๊าชตันเกิดจากไอน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งของ ก๊าชชีวภาพรวมตัวกันเป็นหยดน้ำ และเกิดมากขึ้นจนปิดกั้นทางเดินของ ก๊าช แก้ไขโดยการทำที่ระบายน้ำออกเป็นระบบๆ

3.4 การหมักขยะมูลฝอยทำน้ำหมักจุลินทรีย์

น้ำหมักจุลินทรีย์ คือสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายเชื้อราที่เหลือใช้จากส่วนต่างๆ ของพืชหรือสัตว์ โดยผ่านกระบวนการหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศเจน มีจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายเชษชากรพืชและชากระดับต่ำให้กล้ายเป็นสารละลาย รวมถึงการใช้ออนไซเมิร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือมีการเติมออนไซเมิร์หรือการเร่งการย่อยสลาย ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

น้ำหมักจุลินทรีย์สามารถแบ่งออกตามประเภทของวัตถุที่นำมาใช้ในการผลิต แบ่งเป็น 2 ประเภท คือน้ำหมักจุลินทรีย์ที่ผลิตมาจากพืชหรือขยะเปียกและน้ำหมักจุลินทรีย์ที่ผลิตมาจากลัตต์

ตาราง 3-3 การทำน้ำหมักจุลินทรีย์

ประเภทน้ำหมักจุลินทรีย์	ส่วนผสม/อุปกรณ์	รายละเอียด
1. น้ำหมักจุลินทรีย์ที่ผลิตมาจากพืชหรือขยะเปียก*	1.1 เศษอาหาร - เศษอาหาร 1/2 ถัง - กากน้ำตาล 1 ลิตร - น้ำหมักจุลินทรีย์ 1 ลิตร - น้ำสะอาด 1/2 ถัง อุปกรณ์ - ถังพลาสติกขนาด 20-40 ลิตร	วิธีทำ 1. เติมน้ำสะอาดลงในถังพลาสติกประมาณครึ่งถัง จากนั้นเติมกากน้ำตาลและหัวเชื้อจุลินทรีย์ลงให้เข้ากัน 2. นำเศษอาหารใส่ถุงปุ๋ยผูกปากถุง นำไปแขกัดให้หมักไว้ 7 วัน เก็บในที่ร่ม

ตาราง 3-3 การทำน้ำหมักจุลินทรีย์ (ต่อ)

ประเภทน้ำหมักจุลินทรีย์	ส่วนผสม/อุปกรณ์	รายละเอียด
	- ถุงปุ๋ย	ประโยชน์ ผลมน้ำ 1 : 500 ใช้ฉีดพ่นหรือรดต้นพืชช่วยเร่งการเจริญเติบโต และใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์
1.2 เศษผัก	ส่วนผสม - เศษผัก 1/2 ถัง - กากน้ำตาล 1 ลิตร - น้ำหมักจุลินทรีย์ 1 ลิตร - น้ำสะอาด 1/2 ถัง อุปกรณ์ - ถังพลาสติกขนาด 20-40 ลิตร - ถุงปุ๋ย	วิธีทำ 1. เติมน้ำสะอาดลงในถังพลาสติก ประมาณครึ่งถัง จากนั้นเติมกากน้ำตาลและหัวเชื้อจุลินทรีย์ผลมน้ำให้เข้ากัน 2. นำเศษผักใส่ถุงปุ๋ยผูกปากถุง นำไปแช่กดให้จมหมักไว้ 7 วัน เก็บในที่ร่ม ประโยชน์ ผลมน้ำ 1 : 500 ใช้ฉีดพ่นหรือรดต้นพืชช่วยเร่งการเจริญเติบโต และใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์
1.3 เศษผลไม้รัสเบรี้ยว	ส่วนผสม - เปลือกส้ม มะนาว ลับประด - กากน้ำตาล 1 ลิตร - น้ำหมักจุลินทรีย์ 1 ลิตร - น้ำสะอาด 1/2 ถัง อุปกรณ์ - ถังพลาสติกขนาด 20-40 ลิตร - ถุงปุ๋ย	วิธีทำ 1. เติมน้ำสะอาดลงในถังพลาสติก ประมาณครึ่งถัง จากนั้นเติมกากและหัวเชื้อจุลินทรีย์ผลน้ำให้เข้ากัน 2. นำเศษผลไม้รัสเบรี้ยวใส่ถุงปุ๋ยผูกปากถุงนำไปแช่กดให้จมหมักไว้ 7 วัน เก็บในที่ร่ม ประโยชน์ ใช้ขัดห้องน้ำโดยไม่ต้องผลมน้ำ แทนน้ำยาล้างห้องน้ำที่เป็นสารเคมีใช้เทลงในท่อระบายน้ำ จะช่วยลดกลิ่นเหม็นของน้ำเสีย และใช้เทลงในโถล้วมเพื่อช่วยในการย่อยสลายทำให้ล้วมไม่เต็ม

ตาราง 3-3 การทำน้ำหมักจุลินทรีย์ (ต่อ)

ประเภทน้ำหมักจุลินทรีย์	ส่วนผสม/อุปกรณ์	รายละเอียด
1.4 เศษผลไม้สีแดงสีเหลือง	<p>ส่วนผสม</p> <ul style="list-style-type: none"> - มะละกอ แตงโม กระเจี๊ยบ พักทอง ขันนุน - กากน้ำตาล 1 ลิตร - น้ำหมักจุลินทรีย์ 1 ลิตร - น้ำสะอาด 1/2 ถัง - ถังพลาสติกขนาด 20-40 ลิตร - ถุงปุ๋ย <p>อุปกรณ์</p>	<p>วิธีทำ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เติมน้ำสะอาดลงในถังพลาสติกประมาณครึ่งถัง จากนั้นเติมกากน้ำตาลและหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมให้เข้ากัน 2. นำเศษผลไม้สีแดงสีเหลืองใส่ถุงปุ๋ยผูกปากถุงนำไปแข็งให้หมักไว้ 7 วัน เก็บในที่ร่ม <p>ประโยชน์</p> <p>ผลน้ำ 1 : 500 ใช้ฉีดพ่นพืชดอกร่วงเร่งสีของดอกไม้ให้มีสีล้นสวยงาม</p>
2. น้ำหมักจุลินทรีย์ที่ผลิตจากลักษณะ**	<p>2.1 เศษปลา</p> <p>ส่วนผสม</p> <ul style="list-style-type: none"> - เศษปลาที่ทิ้งแล้ว 3 กิโลกรัม - กากน้ำตาล 1 ลิตร - น้ำหมักจุลินทรีย์ - น้ำสะอาด 1/2 ถัง - ถังพลาสติกมีฝาปิด - ไนล่าหรับคน <p>อุปกรณ์</p>	<p>วิธีทำ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ผลลัพน์สมทั้งหมดใส่ลงในถังพลาสติกแล้วทำการปิดฝาขณะที่หมักควรเก็บไว้ในที่ร่ม 2. หมักไว้ 1-2 เดือน และต้องค่อยเปิดถังคนน้ำหมักจุลินทรีย์อย่างสม่ำเสมอเพื่อช่วยสลายให้เร็วขึ้น <p>ประโยชน์</p> <p>ผลน้ำ 1 : 500 ใช้ฉีดพ่นหรือรดต้นพืชช่วยเร่งการเจริญเติบโตและช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน</p>

ที่มา : คู่มือแนวทางการลดคัดแยกและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย (สำหรับอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน)

ข้อควรระวัง

*1. ห้ามน้ำน้ำหมักจุลินทรีย์ไปเก็บในที่กลางแจ้งหรือมีแสงแดดส่องถึงเป็นอันขาดเนื่องจากจะทำให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำหมักจุลินทรีย์ตายและส่งผลให้การหมักไม่เป็นไปโดยสมบูรณ์

2. ถ้าหมักครบ 7 วัน แล้วเปิดดูน้ำหมักจุลินทรีย์จะพบว่าฝ้าสีขาวเกิดขึ้นบนผิวน้ำซึ่งแสดงว่าน้ำหมักนั้นใช้ได้แล้ว แต่ถ้าเปิดดูแล้วเกิดฝ้าสีดำและมีกลิ่นเหม็นแสดงว่าหมักผิดวิธีให้แก้ไขโดยเดิมກากน้ำตาลอีก 1 ลิตร หมักอีก 7 วันก็จะนำมายาใช้ได้

3. การใช้น้ำหมักจุลินทรีย์กับพืชนั้นจะต้องมีการเจือจากกับน้ำก่อนนำไปใช้ เนื่องจากถ้าใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ที่เข้มข้นเกินไปจะทำให้พืชเจริญเติบโตช้าและใบเหลือง แต่ถ้าใช้ในอัตราที่พอเหมาะ พืชจะเจริญเติบโตและใบเขียวเป็นมัน

**1. หากเดิมกากน้ำตาลน้อยเกินไปจะทำให้ในขณะหมักเกิดกลิ่นเหม็น ให้แก้ไขโดยเดิมกากน้ำตาลลงไปจะทำให้กลิ่นเหม็นหายไป

2. ระวังการใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ห้ามใช้ในปริมาณที่เข้มข้นและใช้ติดต่อ กันหลายวันคราวใช้ลักษณะ 2 ครั้งและควรผสมน้ำอย่างน้อย 1:200 ถึง 1:500

3.5 การกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเลี้ยงไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินบางชนิดที่อยู่ในกลุ่มที่อาศัยอยู่ในมูลลัตัว หรือเศษซากอินทรีย์วัตถุ สามารถนำมาเลี้ยงขยายพันธุ์และใช้ในการกำจัดขยะอินทรีย์ต่างๆ และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรได้ เช่น สายพันธุ์ Eisenia foetida, Lumbricus rubellus, Eudrilus eugeniae และ Pheretima peguana

มีหลายหน่วยงานที่ให้ความสนใจในการใช้ไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ โดยมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ในการนำไปไส้เดือนดินสายพันธุ์ที่เหมาะสมมาใช้ในการกำจัดขยะอินทรีย์ในบ้านเรือน เทศบาล โรงงานอุตสาหกรรม วัสดุเหลือใช้ในรีบาน หรือสวน หรือกำจัดของเสียภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ วัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

แต่ขยะอินทรีย์ ของเลี้ยงจากท่อระบายน้ำทิ้ง และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรบางชนิด ไม่เหมาะสมในการนำมาให้ไส้เดือนดินย่อยลายในขั้นแรก จำเป็นต้องผ่านกระบวนการทำให้เหมาะสมก่อน เช่น การลดปริมาณน้ำที่มากเกินไป หรือการหมักเพื่อลดปริมาณความร้อน และก๊าซพิษ หรือเพื่อให้วัสดุเหล่านั้นมีความอ่อนนุ่มลงเหมาะสมแก่การย่อยสลายโดยไส้เดือนดิน

การเลี้ยงไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน/ในชุมชน

ภายในบ้านเรือนมักมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดขยะอินทรีย์จำนวนมาก เช่น เศษผัก เปปีลอกผลไม้ เศษอาหารเป็นประจำทุกวัน ขยะอินทรีย์ต่างๆดังกล่าวสามารถเลี้ยงไส้เดือนดินไว้กำจัดภายในบริเวณบ้านได้ ด้วยชุดเลี้ยงที่สามารถทำเองได้ง่าย เช่น ถังน้ำ/อ่างน้ำพลาสติก ลินชักพลาสติก บ่อของซีเมนต์ หรือสร้างโรงเรือนขนาดเล็ก โดยสามารถใส่เศษขยะอินทรีย์ได้ทุกวัน เมื่อไส้เดือนดินย่อยสลายขยะอินทรีย์เหล่านั้น จะได้ปุ๋ยหมักและน้ำหมักนูลใส่เดือนดินคุณภาพสูงไว้ใช้ปลูกพืชต่าง ๆ ภายในบ้านได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดภาระการจัดเก็บขยะของท้องถิ่นลงได้จำนวนมาก

วิธีการเลี้ยงไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน

1. เตรียมบ่อของซีเมนต์ที่เพิ่นและต่อท่อระบายน้ำหมักนูลใส่เดือน
2. นำบ่อของไปตั้งไว้ในบริเวณที่ไม่มีแสงแดด ไม่โดนฝน และอากาศถ่ายเทได้สะดวก
3. ล้างบ่อของซีเมนต์และแซ่น้ำทึ้งไว้ประมาณ 3-7 วัน เพื่อลดความเค็มของปูนซึ่งเป็นอันตรายต่อไส้เดือนดิน
4. ใส่พื้นเลี้ยงในบ่อหนา 3 นิ้ว ใส่ไส้เดือนดิน 1 กิโลกรัม/พื้นที่บ่อ 1 ตารางเมตร
5. ทาลบูร์อบฯ ปากบ่อป้องกันไส้เดือนดินหนี
6. ใส่เศษอาหาร เศษผัก หรือผลไม้เหลือทิ้งในบ้านลงไปในบ่อ เพื่อให้ไส้เดือนย่อยสลายต่อไป

พื้นเลี้ยง เตรียมจากดินร่วน 4 ส่วน ผสมกับนูลวัว 1 ส่วน หมักไว้ที่ความชื้น 80-90% นาน 7 วัน หรือใช้น้ำหมักนูลใส่เดือนเข้มข้น 10% รดทึ้งไว้ 1 วัน

วิธีการเลี้ยงไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ชุมชน

- 1) สร้างโรงเรือนที่ป้องกันน้ำฝนได้และมีการพรางแสง มีตาข่ายปิดโดยรอบ เพื่อป้องกันศัตรูไส้เดือน
- 2) สร้างบ่อเลี้ยงกว้างประมาณ 1-2 เมตร สูง 0.8-1 เมตร ความยาวแล้วแต่ขนาดโรงเรือน พื้นบ่อลาดเอียง 1-2% และต่อท่อระบายน้ำหมักออกจากพื้นบ่อไปยังบ่อเก็บน้ำหมักในจุดต่ำสุดของพื้นที่
- 3) ใส่ดินที่พื้นบ่อเลี้ยงหนา 3 นิ้ว และใส่ไส้เดือนดิน 1 กิโลกรัม/พื้นที่บ่อ 1 ตารางเมตร
- 4) ใส่ขยะอินทรีย์ให้ไส้เดือนดินย่อยสลายหนา 3 นิ้ว (ช่วงฤดูหนาวให้ใส่หนา 6 นิ้ว)



รูปที่ 3-9 โรงเรือนกำจัดขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดิน

วิธีการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์มีด้วยกันหลายชนิด

สามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมสมดังนี้

1) การเลี้ยงไส้เดือนดินในภาชนะต่างๆ เช่น กระถางปลูกต้นไม้ ลังไม้ หรือบ่อชีเมนต์ เป็นต้น เป็นการเลี้ยงขนาดเล็ก และทำได้ทุกครัวเรือน ใช้พื้นที่น้อย การดูแลง่าย แต่ปริมาณปุ๋ย อินทรีย์ที่ได้ก็น้อยตามขนาดของภาชนะ

2) การเลี้ยงไส้เดือนดินในภาชนะเป็นชั้นๆ เช่น ชั้นไม้ หรือชั้นตู้พลาสติก เป็นต้น เป็นการเลี้ยงที่ใช้พื้นที่จำกัดได้ดีแต่มีข้อจำกัดคือต้องใช้แรงงานในการจัดการค่อนข้างมากและลึ้นเปลืองเวลา



รูปที่ 3-10 ชั้นตู้พลาสติกเลี้ยงไส้เดือนดิน

3) การเลี้ยงไส้เดือนดินแบบแปลงกลางแจ้ง เป็นการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ใช้เทคนิคง่าย ๆ ด้วยการตั้งกองอาหารเป็นแปลงสำหรับเลี้ยงไส้เดือนดิน คลุมอาหารของไส้เดือนดินด้วยพางและตาข่าย สำหรับป้องกันสัตว์มาคุยเขี่ย แต่มีข้อจำกัดตรงที่ไส้เดือนดินสามารถเลือยหนีออกได้ง่าย เมื่อสภาวะไม่เหมาะสม เช่น อาหารหมดหรือนำทิ้ง เบื้องต้น

4) การเลี้ยงไส้เดือนดินในโรงเรือน เป็นการเลี้ยงที่นิยมสำหรับฟาร์มเกษตรกรส่วนใหญ่ เพราะสามารถจัดการสภาพแวดล้อมต่างๆ ในการเลี้ยงไส้เดือนดินได้ง่าย เช่น การก่อబล็อก สำหรับทำของหรือคอกเลี้ยงไส้เดือนดิน โรงเรือนจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ขึ้นอยู่กับต้นทุนของผู้เลี้ยงไส้เดือนดินเป็นหลัก

5) การผลิตไส้เดือนดินแบบอัตโนมัติ เป็นการเลี้ยงไส้เดือนอย่างเป็นระบบ ทำให้จัดการได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดตรงที่ต้นทุนสูงมาก ดังนั้นต้องมีการศึกษาพันธุ์ที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ปุ่ยอินทรีย์ที่ได้จากໄลส์เดือนดินมีอยู่ 2 ชนิดคือ ปุ่ยอินทรีย์ชนิดแห้งและปุ่ยอินทรีย์ชนิดน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบหรืออาหารที่ใช้ โดยทั่วไปถ้าเป็นจากเศษพืชหรือผักจะได้ปุ่ยอินทรีย์ทั้งชนิดน้ำและแห้ง แต่มีปริมาณน้อย ส่วนมูลล้วนๆจะได้ปริมาณปุ่ยอินทรีย์ที่มากกว่าแต่ไม่ได้ปุ่ยอินทรีย์ชนิดน้ำ

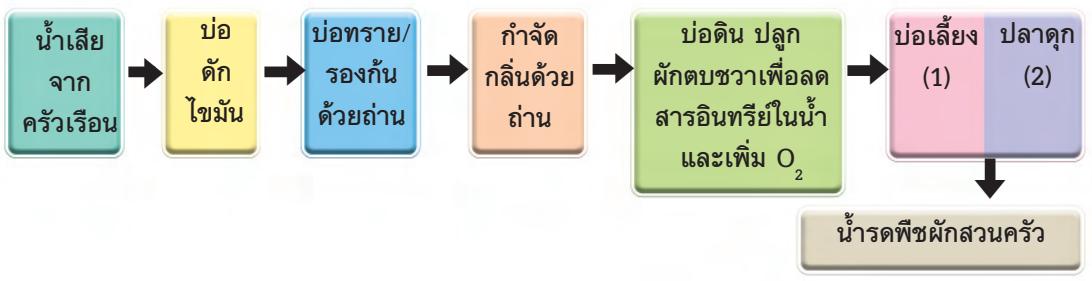
3.6 การจัดการน้ำเสียจากครัวเรือนนำไปใช้ประโยชน์

การบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนนำไปใช้เลี้ยงปลาดุก : กรณีตัวอย่างเกษตรกร อำเภอชุมแสง จังหวัดนราธิวาส

นายสุพจน์ โคมณี เกษตรกร อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ได้น้อมนำแนวพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียงมาปรับใช้ โดยเปลี่ยนพื้นที่การเกษตรเป็นไร่นาสวนผสม ใช้วิธีชีวภาพทดแทนสารเคมี และเน้นการใช้ประโยชน์สูงสุดจากลิ่งที่มีอยู่รอบตัว แม้กระทั้งน้ำเสียจากครัวเรือน ได้นำไปบำบัดจนใช้เลี้ยงปลาดุก และวนน้ำพืชผักสวนครัวได้

การสร้างบ่อบำบัดน้ำเสียจะใช้พื้นที่ว่างข้างบ้าน โดยว่าระบบตามหลักแร่งน้ำถ่วงของโลก ให้น้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ จึงไม่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำโดยต่อท่อพิเวชลำเลียงน้ำเสียจากในบ้านที่ผ่านการดักไขมันแล้วลงไปยังบ่อบำบัดบ่อแรกที่ทำจากวงบ่อซีเมนต์ ซึ่งรองกันบ่อด้วยถ่านและใส่ทรายไว้เต็มบ่อ เพื่อดักไขมัน น้ำล้น และผงซักฟอก ส่วนบ่อที่สองจะใส่ถ่านไม้ลงไปให้เต็มเพื่อตักกลิ่นเหม็น และกรองน้ำให้สะอาดมากขึ้น จากนั้นน้ำจะไหลลงบ่อติดบ่อแรก ซึ่งปลูกผักตบชวาไว้ เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกรองสารแขวนลอยบางชนิด

น้ำเสียที่ผ่านบ่อผักตบชวาแล้วจะไหลลงสู่บ่อดิน บ่อที่ 2 และ 3 ที่ชุดໄวงขนาดป่าละ 2 ตารางเมตร เพื่อใช้เลี้ยงปลาดุก ซึ่งเป็นปลาที่ทนต่อสภาพน้ำที่มีอุณหภูมิเจนต์ต่ำได้ สามารถเลี้ยงปลาดุกได้รุ่นละ 50-100 ตัว ซึ่งการเลี้ยงที่ผ่านมายังไม่มีปัญหาปลาดุกตาย เพราะน้ำที่ใช้เลี้ยงมีการหมุนเวียนตลอดเวลา นอกจากนี้ ยังนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุกมาใช้รดพืชผักสวนครัว และต้นไม้ผลซึ่งต้นไม้เหล่านี้จะได้รับปุ๋ยจากมูลและเศษอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาดุก จึงเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ



รูปที่ 3-10 แสดงขั้นตอนการนำบัดน้ำเลี้ยงจากครัวเรือน และการนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงปลาดุก

บทที่

4

เกณฑ์มาตรฐานการนำอุจจาระ ปัสสาวะ มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

เพื่อความปลอดภัยของการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่หรือใช้ช้าลำหรับใช้ในการเกษตร องค์กรอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานการนำอุจจาระ ปัสสาวะมาใช้ทางการเกษตร ดังนี้

ตารางที่ 4-1 มาตรฐานปัจจุบันจากอุจจาระและปัสสาวะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

ประเภท	ปริมาณที่ยอมรับได้	
	ไข่พยาธิ (จำนวน/กรัมหรือลิตร)	แบคทีเรีย (<i>E. coli</i>) (จำนวน/ 100 มิลลิลิตร)
อุจจาระหรือการตักกอนที่ผ่าน การบำบัดจากระบบ	< 1/กรัม	< 1000/กรัม
น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงไปใช้ สำหรับการเกษตรในพื้นที่จำกัด	< 1/ลิตร	< 10^5 ยอมรับได้ถึง $<10^6$ สำหรับ บางกรณี
น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงไปใช้ สำหรับการเกษตรในพื้นที่ปลูก พืชสำหรับกินดิบ	< 1/ลิตร	< 10^3 ยอมรับได้ถึง $<10^4$ สำหรับ การปลูกพืชใบที่เจริญเติบโต หรือเกษตรน้ำหยด

(แหล่งที่มา : WHO Guideline Executive Summary)

ตาราง 4-2 ข้อแนะนำสำหรับการบำบัดอุจจาระปัสสาวะและการตักแต่งก่อนอุจจาระ (จากล้วมไม่ใช่น้ำ) ในระดับครัวเรือนและระดับเทศบาลก่อนนำมาใช้โดยปราศจากการเพิ่มวัตถุใหม่

อุณหภูมิการเก็บ	ระยะเวลา	ข้อเสนอแนะ
การเก็บกักที่อุณหภูมิบรรยายกาศ $2\text{--}20^\circ\text{C}$	1.5 - 2 ปี	สามารถกำจัดเชื้อโรคได้ ถ้ามีความชื้นให้ระวัง E.coli และ Salmonella จะกลับมาเจริญติดต่อได้อีก สามารถลดระดับความเสี่ยงของไวรัสและปรอตัวชัว ไข่ที่อยู่ในพื้นดินบางชนิดอาจมีชีวิตอยู่ได้แต่มีปริมาณน้อย
การเก็บกักที่อุณหภูมิบรรยายกาศ $>20\text{--}35^\circ\text{C}$	> 1 ปี	ไวรัส แบคทีเรีย และปรอตัวชัวส่วนใหญ่ไม่สามารถก่อโรคได้อีก ไข่ของพยาธิใบไม้ในเลือดไม่สามารถก่อโรคได้อีก (< 1 เดือน) ไข่ของกลุ่มพยาธิตัวกลม เช่น พยาธิปากขอ และพยาธิแฉม้า ไม่สามารถก่อโรคได้อีก ไข่พยาธิໄล์เดือน (Ascaris eggs) สามารถก่อโรคได้อีก 10-30% (≥ 4 เดือน) และส่วนใหญ่ไม่สามารถก่อโรคได้อีกภายใน 1 ปี
Alkaline treatment: $\text{PH} > 9$	> 6 เดือน	ถ้าอุณหภูมิมากกว่า 35°C และความชื้นน้อยกว่า 25% ถ้า pH ต่ำกว่านี้ และ/หรือวัสดุเปียกจะทำให้ต้องใช้เวลามากกว่านี้

(แหล่งที่มา : WHO Guideline Executive Summary)

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือแนวทางการลด คัดแยก และใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย สำหรับอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหมู่บ้าน (พิมพ์ครั้งที่ 1), 2551

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์. (ออนไลน์) เข้าถึงข้อมูลจาก: <http://www.pcd.go.th>, 2552

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการจัดการสิ่งปฏิกูลแบบครบวงจร โครงการตามแนวทางราชดำเนิน (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพยาบาลจุฬารัตน์, 2549

กองลุขानิบาลชุมชนและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการจัดการสิ่งปฏิกูลเทศบาลนครอุดรธานี, 2547

การเกษตรอุตสาหกรรม น้ำปัสสาวะคือปุ๋ยชั้นดี (2552) <http://www.karnkaset.com/index.php?p=1&s=1&m=7&i=52>

ข่าวสดออนไลน์. พินแลนด์ใช้ปัสสาวะ ผสมไม้-ผลิตปุ๋ยมะเขือเทศ. วันที่ 8 กันยายน 2552 ปีที่ 19 ฉบับที่ 6858 ข่าวสดรายวัน. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลจาก: <http://www.khaosod.co.th/>, 2552

คมลัน หุตตะแพทธ. คู่มือชีวติเริสรพิช ไม่ประดับดูดสารพิช (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์เกษตรกรรม ธรรมชาติ, 2550

บุญมา ป่านประดิษฐ์และคณะ. คู่มือพึ่งตนเอง ถังหมักน้ำทึศจรรย์ เปลี่ยนขยะเป็นก๊าซชีวภาพ (BIOGAS) (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2551

พัฒนา มูลพุกษ์. อนามัยสิ่งแวดล้อม (พิมพ์ครั้งที่ 4). โรงพยาบาลสงเคราะห์ท่าหารผ่านศึก, 2550

ศูนย์สารสนเทศ ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. ๒๕๔๒. (ออนไลน์) เข้าถึงข้อมูลจาก: <http://rirs3.royin.go.th/>, 2552

Rosemarin, A., Ekane,N., Caldwell, I., Kvamstr?m, E., McConville, J., Ruben,C. and Fogde, M. Pathways for Sustainable Sanitation - Achieving the Millennium Development Goals. SEI/IWA.56 p, 2008

<http://infofile.pcd.go.th/mgt/report51.pdf?CFID=987344&CFTOKEN=23501086>
sustainablesettlement. Urine diversion. [Online]

http://www.sustainablesettlement.co.za/howto/urinediv/images/fig1_big.jpg, 2009

คณะที่ปรึกษา

นายแพทย์สมยศ ดีรัคเม	อธิบดีกรมอนามัย
นายแพทย์สุวัช เซียคริวัฒนา	รองอธิบดีกรมอนามัย
นายพิษณุ แสนประเสริฐ	ผู้อำนวยการสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม

คณะผู้จัดทำ

นางสาววนิดา วรเกริกกุลชัย	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ
นางปริยะดา โชควิญญู	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ
นางพิมพรรณ จันทร์แก้ว	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ
นายประโชคิตรี กรากกราน	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ
นางสาวกฤติญา ตรัตนเจริญ	นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ
นางสาวชไมพร เป็นสุข	นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ
นางสาวพนิดา ทองแดง	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานด้านสาธารณสุข
นางสาวปานิสา ศรีดรมนต์	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานสาธารณสุข

ບັນທຶກ.....



**การจัดการสุขกิบาลอย่างยั่งยืน
และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**

สำนักอนามัยเพื่อสังคมยั่งยืน กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
โทร. 02 590 4128

ISBN : 978-616-11-0258-6

