บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาเครื่องผลิตดินเทียมส่วนอบแห้ง สำหรับการเกษตรอินทรีย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขยะ
- 2.1.1 ความหมายของขยะ
- 2.1.2 แหล่งกำเนิดของมูลฝอย
- 2.1.3 ผลเสียที่เกิดจากขยะมูลฝอย

2.2 ขยะอินทรีย์
- 2.2.1 ลักษณะขยะอินทรีย์
- 2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพขยะอินทรีย์
- 2.2.3 ระบบการจัดการขยะมูลฝอย

2.3 การหมัก
- 2.3.1 การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition)
- 2.3.2 การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition)
- 2.3.3 จุลินทรีย์ที่มีในกระบวนการหมัก
- 2.3.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหมัก
- 2.3.5 แนวทางการใช้ประโยชน์จากผลผลิต

2.4 เกษตรอินทรีย์
- 2.4.1 หลักการเกษตรอินทรีย์
- 2.4.2 หลักการผลิตพืชเกษตรอินทรีย์และการปรับปรุงดิน
- 2.4.3 ความต้องการธาตุอาหารพืชกับเกษตรอินทรีย์
- 2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.5 ธรรมชาติของดิน
- 2.5.1 ความหมายของดิน
- 2.5.2 ประเภทของดิน

2.6 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 2.6.1 ทรัพยากรธรรมชาติ
- 2.6.2 สิ่งแวดล้อม

2.7 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2.7.1 แนวคิดการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม
- 2.7.2 แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- 2.7.3 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- 2.7.4 การยศาสตร์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.8 ไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์
2.8.1 ระบบนิวแมติกส์
2.8.2 ระบบไฮดรอลิกส์
2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับขยะ

2.1.1 ความหมายของขยะ

พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ.2535 หรือแม้กระทั่งข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร เรื่อง การเก็บขนและกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย พ.ศ.2544 ให้ความหมายของ มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่นๆ

พิชิต สกุลพราหมณ์ (2535:334) ได้ให้ความหมายของขยะ (Refuse or Solid Waste) หรือมูลฝอย หรือหยากเยื่อ ว่าหมายถึง บรรดาสิ่งของที่เสื่อมคุณภาพหรือชำรุดหรือหมดสภาพการใช้งาน หรือบรรดาสิ่งของของเศษวัสดุต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากอาคาร ที่พักอาศัย สถานที่ทำการ โรงงานอุตสาหกรรม ตลาด ถนน ฯลฯ

กรมควบคุมมลพิษ (2544) ได้ให้ความหมายของขยะไว้ดังนี้ มูลฝอยชุมชน หมายถึง มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ ตลาดสด สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ

น้ำ ชะมูลฝอย (Leachate) หมายถึง ของเหลวที่ไหลชะล้างผ่านหรือออกมาจากมูลฝอย ซึ่งอาจประกอบด้วยสารละลายหรือสารแขวนลอยผสมอยู่

สถานที่จัดการมูลฝอย (Solid Waste Management Facility) หมายถึง สถานที่กำจัดมูลฝอยสถานีขนส่งมูลฝอย สถานที่นำวัสดุกลับคืน หรือสถานที่ใดๆ ที่มีการนำมูลฝอยมาแปรสภาพและนำผลพลอยได้จากกระบวนการมาใช้ประโยชน์

สถานีขนถ่ายมูลฝอย (Transfer Station) หมายถึง สถานที่สำหรับถ่ายเทมูลฝอยจากรถเก็บขนมูลฝอยลงสู่พาหนะขนาดใหญ่ เพื่อขนส่งไปยังสถานที่แปรสภาพหรือกำจัดมูลฝอย

สถานที่ฝังกลบมูลฝอย (Landfill Facility) หมายถึง สถานที่จัดการมูลฝอยที่นำมูลฝอยมาเทกองในพื้นที่ซึ่งจัดเตรียมไว้ ใช้เครื่องจักรกลบดอัดกลบทับเป็นชั้นๆ และได้จัดเตรียมมาตรการป้องกันน้ำ ชะขยะมูลฝอยไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน การป้องกันกลิ่นและแมลงวันรบกวน และแพร่กระจายเชื้อโรคสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ

เตาเผามูลฝอย หมายถึง ระบบหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการเผาไหม้(กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2540)

สรุป มูลฝอย หมายถึง สิ่งของต่างๆ ที่ไม่ได้ใช้แล้วหรือทิ้งแล้ว เช่น ขยะเปียก ขยะแห้งและขยะอันตราย ขยะเหล่านี้มาจากหลายแห่ง อาทิ โรงงานอุตสาหกรรม อาคาร สำนักงาน บ้านเรือน ตลาดสด สถาบัน และที่อื่นๆ

2.1.2 แหล่งกำเนิดของมูลฝอย

ธเรศ ศรีสถิตย์, 2553: 61-63 สามารถแบ่งแหล่งกำเนิดของมูลฝอยได้เป็น 5 ประเภท คือ

2.1.2.1 เขตที่พักอาศัย (Domestic Area) ได้แก่ มูลฝอยที่เกิดจากกิจวัตรประจำวันในการดำรงชีวิตตามบ้านเรือนของประชาชนทั่วไป ส่วนใหญ่แล้วมูลฝอยมาจากห้องครัว เช่น เศษอาหาร ผัก ผลไม้ เป็นต้น นอกจากนี้อาจมีเศษกระดาษ พลาสติก ปะปนมาตามกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

2.1.2.2 เขตธุรกิจการค้า ตลาดสด (Commercial Area) ได้แก่ มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมประเภทการค้าขายของชุมชน โดยเฉพาะตามเขตย่านพาณิชยกรรม ตลาดสด มูลฝอยส่วนใหญ่ ได้แก่ พวกเศษสินค้าที่ไม่ต้องการ อาทิ บรรจุภัณฑ์พลาสติก กระดาษ เป็นต้น หากพิจารณาในตลาดสดพบมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ อาทิ เศษผัก ผลไม้ ที่เกิดจากการค้าขายอาหารสด โดยทั่วไปมูลฝอยจากเขตนี้ไม่ค่อยก่อปัญหามากนัก เพราะมูลฝอยประเภทเศษกระดาษ พลาสติกมักถูกคัดแยกออกไปก่อนโดยกลุ่มแม่ค้าหรือพวกเก็บเศษมูลฝอยไปจำหน่าย รวมทั้งพวกเศษอาหาร ผักสด ผลไม้ จะมีคนมารับซื้อไปเลี้ยงสัตว์

2.1.2.3 เขตสถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา (Institutional Area) ได้แก่ มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมบริการของทางราชการ การเรียนการสอน ที่มีมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นพวกเศษกระดาษ พลาสติก นอกจากนี้อาจมีพวกของเสียอันตรายบ้างในส่วนที่มาจากอาคารที่มีการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ หรือการเพาะเลี้ยงเชื้อ หรือมีสารเคมีประเภทอันตราย อาทิ โลหะหนัก สารรังสี เป็นต้น มูลฝอยอันตรายประเภทนี้สามารถควบคุมได้ง่ายกว่าชุมชน

2.1.2.4 เขตอุตสาหกรรม (Industrial Area) ได้แก่ บริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ตั้งอยู่และมีการผลิตมูลฝอยเกิดขึ้น ทั้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตโดยตรงและโดยอ้อม อาทิเกิดจากบรรจุภัณฑ์หรือของเสียจากการผลิตเอง องค์ประกอบของมูลฝอยจากเขตอุตสาหกรรมแบ่งเป็นมูลฝอยทั่วไปและมูลฝอยอันตราย โดยลักษณะของมูลฝอยอันตรายขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม มูลฝอยที่เป็นอันตรายอาจมีประโยชน์ต่อกิจกรรมอื่นได้ อาทิ น้ำมันเก่าหรือเศษน้ำมันเชื้อเพลิง สารทำละลายที่ใช้แล้ว สามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพหรือผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นได้ ส่วนมูลฝอยทั่วไปจากเขตอุตสาหกรรมมีลักษณะเหมือนมูลฝอยชุมชนทั่วไป ทั้งนี้อาจเกิดจากกิจกรรมประจำวันของคนงานหรือพนักงาน

2.1.2.5 เขตเกษตรกรรม (Agricultural Area) ได้แก่ บริเวณเขตการเกษตรกรรมที่มีการเพาะปลูก หรือฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ดังนั้น มูลฝอยส่วนใหญ่มักเป็นสารอินทรีย์ที่พร้อมจะเน่า ย่อยสลายและส่งกลิ่นเหม็นรบกวน อาทิ พวกเศษผัก เศษผลไม้ มูลฝอยหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์เลี้ยง หากบางแห่งมีการจัดการที่ดีมูลฝอยเหล่านี้สามารถนา ไปใช้ประโยชน์ได้ อาทิ ทำปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์หรือเศษผัก ผลไม้ เป็นต้น นอกจากนั้นในเขตเกษตรกรรมนี้ยังมีการใช้สารเคมีและวัตถุมีพิษต่างๆซึ่งจะกลายเป็นมูลฝอยอันตรายได้เช่นกัน กิจกรรมในแหล่งกำเนิดแต่ละประเภททำให้เกิดมูลฝอยที่ต่างชนิดกันทั้งปริมาณและองค์ประกอบ ดังนั้น ในการจัดการควรจำแนกให้ชัดเจนเพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวม เก็บขน และนำไปกำจัด

2.1.3 ผลเสียที่เกิดจากขยะมูลฝอย

2.1.3.1 ทำให้เกิดทัศนะอุจาด คือ แลดูสกปรก ขาดความเป็นระเบียบเรียบร้อย เป็นที่น่ารังเกียจแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงรวมทั้งผู้พบเห็น โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ

2.1.3.2 เป็นแหล่งเพาะและแพร่เชื้อโรค โดยเฉพาะขยะติดเชื้อจากสถานพยาบาล และขยะเปียกที่แบคทีเรียทำหน้าที่ย่อยสลาย เชื้อโรคตามขยะจะแพร่ไปกับน้ำ แมลง หนู และสุนัขที่มาตอมหรือคุ้ยเขี่ย เช่น เชื้อที่ทำให้เกิดโรคอหิวาต์ ไทฟอยด์และโรคบิด

2.1.3.3 ทำให้ดินเสื่อมและเกิดมลพิษ เพราะจะทำให้พื้นดินสกปรกดินมีสภาพเป็นเกลือ ด่าง หรือกรด หรือมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ตลอดจนทาให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงไป เช่น โซเดียมทาให้เนื้อดินแตกร่วน

2.1.3.4 ทำลายแหล่งน้ำ

1) ขยะที่ตกในแหล่งน้ำลำคลองและท่อระบายน้ำ จะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน การไหลของน้ำไม่สะดวกจึงเกิดสภาวะน้ำท่วมได้ง่าย

2) ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำในลักษณะต่างๆ เช่น ทำให้น้ำเน่า น้ำเป็นพิษ น้ำที่มีเชื้อโรคและน้ำที่มีคราบน้ำมัน ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้อุปโภคบริโภค สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะพืชและสัตว์น้ำ

3) ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เพราะการเผาขยะทำให้เกิดควันและขี้เถ้า การหมักหมมและเน่าสลายของขยะ จะก่อให้เกิดก๊าซพิษและกลิ่นเหม็น

4) ก่อความรำคาญและบั่นทอนสุขภาพของมนุษย์ เป็นผลจากการเกิดทัศนะอุจาด ก๊าซพิษ กลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคตลอดจนการเกิดมลพิษทางน้ำและอากาศ

5) ทำให้เกิดอัคคีภัย เนื่องจากขยะหลายชนิดติดไฟได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อแห้งจะสามารถลุกติดไฟได้โดยง่าย และยากต่อการควบคุม

6) สร้างปัญหาในการจัดการ เช่น ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมและกำจัด ที่มา http://www.oknation.net/blog/dell0/2008/01/23/entry-4 27 มิถุนายน 255

2.2 ขยะอินทรีย์

2.2.1 ลักษณะขยะอินทรีย์

การเรียกชื่อลักษณะของขยะอินทรีย์มีมากมายแตกต่างกัน ตามการจำแนกขยะแต่ละประเภท ดังนี้

2.2.1.1 การจำแนกตามลักษณะทางกายภาพ โดยจำแนกตามลักษณะที่ปรากฏและมองเห็นจากภายนอกสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1) ขยะเปียก (garbage) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ และมีความชื้นสูง สามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยขบวนการทางชีวภาพ เช่น เศษอาหาร เศษพืชผักและผลไม้ เศษหญ้า เป็นต้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการเก็บขนและนำไปกำจัดทำลายอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็นจากการเน่าเสียของขยะประเภทนี้

2) ขยะแห้ง (rubbish and trash) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์มีความชื้นต่ำ ย่อยสลายด้วยขบวนการทางชีวภาพได้ยาก เช่น เศษกระดาษ กล่อง กระดาษ เศษกิ่งไม้ใบไม้ เศษยาง เศษผ้า เศษแก้วหรือขวดแก้ว เศษหนังหรือผลิตภัณฑ์หนัง เศษกระป๋องโลหะ เศษพลาสติก เป็นต้น

2.2.1.2 การจำแนกตามองค์ประกอบของขยะมูลฝอย จำแนกได้ดังนี้

ขยะอินทรีย์ (organic waste) ขยะมูลฝอยที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยขบวนการทางชีวภาพ โดยมีจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลาย เช่น เศษอาหาร เศษพืชผักและผลไม้ เศษหญ้า เศษใบไม้และกิ่งไม้ รวมทั้งซากสัตว์และมูลสัตว์ต่างๆ เป็นต้น ขยะประเภทนี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปแบบของการหมักทำปุ๋ย น้ำหมักชีวภาพ ขยะอินทรีย์แยกได้ตามการย่อยสลาย ดังนี้ คือ

1) ขยะสีน้ำตาล เป็นขยะที่มีคาร์บอนสูง จึงมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง ส่วนใหญ่เป็นขยะที่แห้ง เช่น หญ้าแห้ง กิ่งไม้ ใบไม้ เศษผม กระดาษ กล่องกระดาษ เปลือกไม้ เป็นต้น

2) ขยะสีเขียว เป็นขยะที่มีไนโตรเจนสูง จึงมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ ส่วนใหญ่เป็นขยะที่สด เช่น หญ้าและใบไม้เขียว เศษอาหาร เศษผัก เปลือกผลไม้ ถุงน้ำชา กากกาแฟ เปลือกไข่ ดอกไม้ ขนมปัง ข้าว เป็นต้น

2.2.1.3 การจำแนกตามคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของขยะ

การศึกษาคุณสมบัติของขยะอินทรีย์ สำหรับพัฒนาและการกำหนดรูปแบบของการหมักขยะอินทรีย์ที่เหมาะสม จึงต้องศึกษาคุณสมบัติ ดังนี้

1) คุณสมบัติทางกายภาพ

ก. ปริมาณความชื้นของขยะมูลฝอยจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ องค์ประกอบของขยะ ฤดูกาล และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$m = ((w - d) / 100) \times 100$$

โดยกำหนดให้ m = ปริมาณความชื้น (%)

w = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างขยะมูลฝอย (กก.)

d = น้ำหนักของตัวอย่างเดิมหลังจากอบแห้งที่ 105 องศาเซลเซียส (กก.)

ตัวอย่างเช่น ขยะที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนย่อมจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงกว่าขยะที่มีอยู่ในช่วงฤดูร้อนอันเนื่องมาจากน้ำฝนที่ตกลงมาจนทำให้ขยะมีความเปียกชื้น หรือขยะที่เป็นเศษอาหารและเศษพืชผักผลไม้ก็ย่อมจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากกว่าขยะจำพวกเศษไม้หรือเศษสิ่งของอื่นๆ เป็นต้น ปริมาณความชื้นมีส่วนสัมพันธ์กับค่าความร้อน (heating value) ของขยะ รวมทั้งปริมาณน้ำชะมูลฝอย (leachate) ที่เกิดขึ้น ถ้าขยะอินทรีย์มีความชื้นระหว่างร้อยละ 50 – 70 วิธีการหมักจะเป็นวิธีที่เหมาะสมในการจัดการขยะอินทรีย์

ข. น้ำหนักจำเพาะ เป็นน้ำหนักของขยะมูลฝอยต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มีหน่วยเป็น กก./ลบ.ม. (kg/m3) หรือปอนด์/ลบ.ฟุต (lb/ft3) หรือปอนด์/ลบ.หลา (lb/yd3) น้ำหนักจำเพาะเป็นข้อมูลที่ใช้ประเมินค่าน้ำหนักและปริมาตรของขยะที่ต้องจัดการ เกี่ยวพันกับการกำหนดขนาดความจุของถังหมักที่เหมาะสมสำหรับในบ้านพักอาศัย น้ำหนักจำเพาะของขยะมูลฝอย จำแนกออกเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ น้ำหนักจำเพาะขณะที่ขยะอยู่ในสภาพถูกบดอัดให้แน่น (compacted specific weight) และในขณะที่ขยะไม่อยู่ในสภาพถูกบดอัด (uncompacted specific weight) การบดอัดขยะให้แน่นจะทำให้ปริมาณขยะลดลงไปจากเดิม ส่งผลต่อการจัดการด้านต่างๆ

ค. ขนาด ขยะที่เกิดขึ้นในบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจากเป็นขยะที่เกิดจากการอุปโภคและบริโภคเป็นส่วนใหญ่ โดยขยะที่พบมากในแต่ละชุมชน ได้แก่ เศษไม้ เศษอาหาร กิ่งไม้และเศษหญ้าจากสวนมีขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก

ง. การยอมให้น้ำซึมผ่าน เป็นการที่ขยะมูลฝอยไม่ว่าจะอยู่ในสภาพถูกอัดแน่นเป็นก้อนหรือในสภาพทั่วไปยินยอมให้น้ำ และมวลสารอื่นๆ ซึมผ่านได้ดีมากน้อยเพียงใด คุณสมบัติดังกล่าวนี้จะเกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากขบวนการย่อยสลายขยะภายในหลุมฝังกลบอาจจะไหลซึมและปนเปื้อนกับน้ำใต้ดินที่อยู่ลึกลงไปจากหลุมฝังกลบได้ หากขยะมีคุณสมบัติยอมให้น้ำซึมผ่านได้ดีก็จะส่งผลให้ชะมูลฝอยมีโอกาสซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้ง่าย

2.2.1.4 คุณสมบัติทางเคมี การวิเคราะห์ขยะมูลฝอยทางเคมีขั้นสุดท้าย (ultimate analysis) พบว่า ขยะทุกประเภทมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้ ธาตุหลัก ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ธาตุรอง ได้แก่ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และขี้เถ้า ตามลำดับ หากอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับขบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ ส่วนประกอบทางเคมีต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีโลหะหนักบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

จากการศึกษาองค์ประกอบของขยะอินทรีย์ในกรุงเทพมหานคร พบว่าขยะอินทรีย์มีปริมาณเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้น ลักษณะของขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ เศษอาหารที่เหลือจากการปรุงและประกอบอาหาร เช่น เปลือก เศษพืชผักต่างๆ เศษใบไม้ กิ่งไม้และเศษอาหารเก่าที่รับประทานไม่หมดเหมาะสมต่อการหมักขยะอินทรีย์ทำปุ๋ยที่มีคุณภาพดีและมีคุณค่าเพิ่มขึ้น

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบและปริมาณขยะมูลฝอย

ปริมาณขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ปัจจัยแต่ละด้านจะส่งผลต่อการเกิดปริมาณขยะ มูลฝอยของแต่ละชุมชนแตกต่างกันไป โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดขยะมูลฝอย ดังต่อไปนี้

2.2.2.1 สภาวะเศรษฐกิจทั้งประเทศโดยรวมของครัวเรือนและของชุมชนสภาวะเศรษฐกิจนับเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นที่มีผลต่อปริมาณการอุปโภคและบริโภค สินค้า หากสภาวะเศรษฐกิจภาวะที่ดี จะทำให้เกิดการบริโภคสินค้าและบริการมากขึ้น เพราะ ประชาชนมีอำนาจการซื้อเพิ่มขึ้นตามสภาวะเศรษฐกิจ ในการจับจ่ายสินค้าของประชาชนไม่ว่าจะเป็น สินค้าที่จำเป็นต่อการดารงชีวิต เช่น อาหารสด อาหารแห้ง เครื่องนุ่งห่ม เครื่องใช้ประจำวัน หรือ สินค้าที่ฟุ่มเฟือย หากสภาพเศรษฐกิจไม่ดี ทำให้ประชาชนมีอำนาจการซื้อต่ำ ส่งผลทำให้เกิดปริมาณ ขยะจากการบริโภคสินค้าที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิต เช่น เศษอาหาร เศษพลาสติก เศษโฟม เป็นต้น หากสภาพเศรษฐกิจมีการขยายตัวจะทำให้ประชาชนมีสภาพคล่องทางการเงินที่ดีด้วย ส่งผลต่อ อำนาจในการซื้อเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นตามกำลังซื้อ

2.2.2.2 ขนาดของครัวเรือน ครัวเรือนเป็นจุดเริ่มต้นของแหล่งกำเนิดขยะ เนื่องจากสมาชิกในครัวเรือนเป็นผู้ก่อขยะ ในอัตราที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการบริโภคและอุปโภคสินค้าของแต่ละครัวเรือน ดังนั้น ขนาดของครัวเรือนที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อปริมาณขยะที่ต่างกันด้วย โดยจำนวนสมาชิกในครัวเรือน จะสามารถบ่งชี้ถึงของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นของแต่ละชุมชนได้ ชุมชนเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นจะเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดขยะในปริมาณมากกว่าชุมชนชนบทที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างเบา บาง ดังเช่น กรุงเทพมหานครที่มีผู้คนอยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก แล้วส่งผลต่อปริมาณขยะที่เกิดจากการ บริโภคอุปโภคตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นด้วย

2.2.2.3 ความแตกต่างระหว่างฤดูกาล องค์ประกอบและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาจะแตกต่างกันไปตามฤดูกาลโดยสินค้าบริโภคและอุปโภคบางประเภทที่จะหาซื้อได้ตาม

ฤดูกาล เช่น พืชผักและผลไม้ตามฤดูกาลสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงองค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่จะเกิดตามมาภายหลัง

2.2.2.4 กฎหมายและระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง กฎหมายและระเบียบข้อบังคับที่ออกโดยรัฐบาลมอบหมายให้เทศบาลและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแล ยังไม่มีการบังคับใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่รัฐไม่ได้ออกกฎข้อบังคับให้มีการคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิดอย่างชัดเจน ครัวเรือนละเลยการคัดแยกขยะที่แหล่งกำเนิด ทำให้เกิดการปนเปื้อนจนไม่สามารถนาขยะกลับมาใช้ได้อย่างเต็มที่และทำให้ปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดและทำลายยังสถานที่ฝังกลบเพิ่มมากขึ้น

2.2.2.5 ทัศนคติของประชาชน ทัศนคติของประชาชนนับเป็นสิ่งสำคัญ หากประชาชนมีทัศนคติที่ดีต่อการช่วยลดอัตราการเกิดขยะมูลฝอยให้น้อยลงแล้ว ทำให้ประชาชนพยายามเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคหรือวิถีชีวิตของตนเองที่ทำให้เกิดขยะให้น้อยที่สุด โดยเริ่มต้นจากการช่วยลดการบริโภคสินค้าฟุ่มเฟือยและสินค้าที่ไม่จำเป็นให้น้อยลง หรืออาจเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของตนเองด้วยการคัดแยกขยะแต่ละประเภท เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.2.2.6 ปัจจัยอื่นๆ ปัจจัยด้านอื่นที่เกี่ยวข้องมีอยู่หลายประการ เช่น งานเทศกาลต่างๆ และวันหยุดตามประเพณี รวมทั้งในวันนักขัตฤกษ์หรือวันสำคัญทางศาสนา จะมีประชาชนออกมาร่วมงานสังสรรค์ที่จัดขึ้นในสถานที่ต่างๆ บริเวณดังกล่าวจะมีปริมาณขยะเป็นจำนวนมาก

2.2.3 ระบบการจัดการขยะมูลฝอย

ระบบการจัดการขยะมูลฝอยที่ครบวงจรประกอบด้วยกระบวนการ ดังนี้

2.2.3.1 การเก็บรวบรวม การเก็บขยะมูลฝอยในครัวเรือนเป็นจุดกำเนิดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นครั้งแรก ถ้าหากขาดการคัดแยกตั้งแต่ต้นทาง ทำให้ขยะอินทรีย์จะย่อยสลายได้ง่ายปะปนอยู่กับขยะมูลฝอยอื่นที่กำจัดยาก ทำให้ขยะประเภทอื่นๆ เสื่อมสภาพและกำจัดยากใช้งบในการกำจัดสูง รูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยในครัวเรือนสามารถทำได้ (กรมควบคุม, 2551) ดังนี้

1) ระบบถังใบเดียว (one - cans system) การรวมขยะมูลฝอยทุกประเภทภายในถังเดียวที่รับขยะทุกชนิดหรือเรียกว่าขยะผสม (Mixed Refuse) ทำให้ขยะอินทรีย์ค้างไว้นาน เกิดการบูดเน่าและปนเปื้อนกับขยะประเภทอื่น ส่งกลิ่นเหม็นเน่ารำคาญได้โดยง่าย ทำให้ขยะประเภทอื่นที่สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้มีคุณภาพต่ำลง

2) ระบบถังสองใบ (two - cans system) การแยกประเภทที่ขยะเปียกถังหนึ่งและขยะแห้งอีกถังหนึ่ง เพื่อจัดเก็บนำไปกำจัดได้เหมาะสมและประหยัดมากขึ้น คือขยะเปียกจำเป็นต้องเก็บทิ้งทุกวันเนื่องจากปล่อยน้ำ ค้างไว้นาน เกิดการบูดเน่า ส่งกลิ่นเหม็นเน่ารำคาญได้ ส่วนขยะแห้งเก็บแยกต่างหาก จึงช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยและสะดวกในการกำจัด

3) ระบบถังสามใบ (three - cans system) การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยโดยการแยกถังออกเป็น 3 ประเภท ถังใบแรกใส่ขยะเปียก ถังใบที่สองใส่ขยะแห้งและถังใบที่สามใส่ขยะจาพวกเถ้าและขยะอันตรายในบ้าน เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย กระป๋องสารเคมีแก้ว เป็นต้น ทำให้แยกประเภทขยะมูลฝอยได้มากขึ้น สะดวกในการกำจัดและปลอดภัยจากอันตรายขณะกำจัดและการเก็บขน

2.2.3.2 ภาชนะรองรับขยะ

เพื่อให้การจัดเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดการปนเปื้อนของขยะมูลฝอยที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่จะต้องมีการตั้งจุดรวบรวม

ขยะมูลฝอย และให้มีการแบ่งแยกประเภทของถังรองรับขยะสีต่าง ๆ โดยมีถุงบรรจุในถัง เพื่อความสะดวกในการเก็บรวบรวมขยะและไม่ตกหล่น ดังนี้

ภาพที่ 2.1 แสดงตัวอย่างถังขยะประเภทต่างๆ
ที่มา : https://www.google.co.th/search?q=ถัง+ขยะ+ประเภท+ต่างๆ
อ้างถึงใน อัจฉรสิริ อนุมณี, 2557

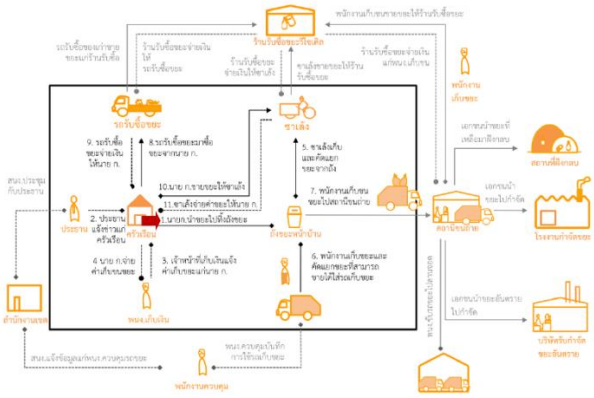
1) สีเขียว ถังรองรับขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว นำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น ผักผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้

2) สีเหลือง ถังรองรับขยะที่สามารถนำมารีไซเคิลหรือขายได้ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ

3) สีแดง ถังรองรับขยะที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น หลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ ขวดยา ถ่านไฟฉายกระป๋องสีสเปรย์ กระป๋องยาฆ่าแมลง ภาชนะบรรจุสารอันตราย

4) สีฟ้าหรือสีน้ำเงิน ถังรองรับขยะย่อยสลายไม่ได้ ไม่เป็นพิษและไม่คุ้มค่ากับการรีไซเคิล เช่น พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่สำเร็จรูป ถุงพลาสติก โฟมและฟอล์ยที่เปื้อนอาหาร การสำรวจระบบการเก็บขยะมูลฝอยจากที่พักอาศัยหน่วยงานรักษาความสะอาดของกรุงเทพมหานคร พบว่า การดำเนินเก็บขนขยะมูลฝอยมี 2 วิธี ดังนี้

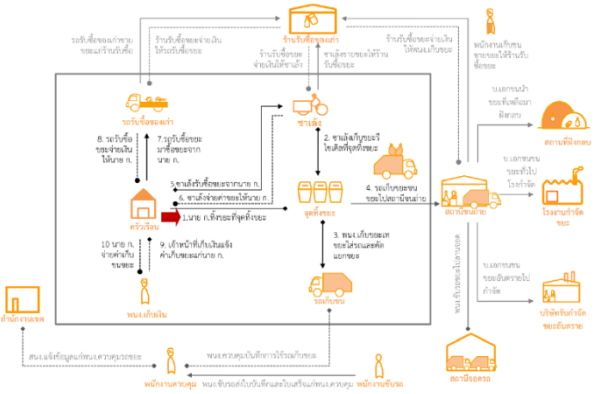
ก. การเก็บขนขยะมูลฝอยแบบบ้านต่อบ้าน โดยการให้รถเก็บขยะและเจ้าหน้าที่ออกไปเก็บขยะมูลฝอยให้ถึงบ้านและชุมชนที่รถเก็บขยะสามารถเข้าเก็บขนได้ ครัวเรือนนำขยะมูลฝอยจากบ้านมาใส่ถังขยะรองรับไว้ ถังรองรับตามครัวเรือนเป็นระบบถังขยะใบเดียว (One - can System) เป็นถังขยะที่รับขยะทุกชนิดหรือเรียกว่าขยะผสม (Mixed Refuse) เพื่อรอรถเก็บขนมาเก็บขนขยะตามวันที่สำนักงานเขตกำหนด แล้วรถเก็บขนขยะมูลฝอยนั้นจะนำขยะมูลฝอยไปยังสถานีขนถ่ายอ่อนนุชต่อไป ดังภาพที่ 2.2 และภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.2 การเก็บขนขยะมูลฝอยแบบบ้านต่อบ้าน
ที่มา : อัจฉรสิริ อนุมณี (2557)

ภาพที่ 2.3 การเก็บขนขยะแบบบ้านต่อบ้านของเจ้าหน้าที่เก็บขนขยะ
ที่มา : อัจฉรสิริ อนุมณี (2557)

ข. การเก็บขนแบบกำหนดจุด โดยนำถังรองรับขยะมูลฝอยไปตั้งให้ตามจุดทิ้งขยะในหมู่บ้าน แหล่งชุมชนและบริเวณที่มีขยะมูลฝอยเป็นจำนวนมาก เช่น ตามตลาดชุมชนที่หนาแน่น เพื่อให้ครัวเรือนนำขยะมูลฝอยมาใส่ลงในถังรองรับ ถังรองรับขยะมูลฝอยนี้จะมี 2 ชนิด คือ ถังพลาสติกขนาด 240 ลิตร และถังคอนเทนเนอร์ขนาด 4 และ 8 ลูกบาศก์เมตร เมื่อถึงกำหนดวันเก็บขยะ รถเก็บขนขยะจะไปเก็บขนขยะตามจุดที่ติดตั้งถังรองรับขยะและนาขยะมูลฝอยที่เก็บขนไปยังสถานีขนถ่ายขยะอ่อนนุช ดังภาพที่ 2.4 และภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.4 แสดงการเก็บขนขยะแบบกำหนดจุด
ที่มา : อัจฉรสิริ อนุมณี (2557)

ภาพที่ 2.5 การเก็บขนขยะแบบกำหนดจุดของเจ้าหน้าที่เก็บขนขยะ
ที่มา : อัจฉรสิริ อนุมณี (2557)

จากการสำรวจพบว่า การจัดการขยะของครัวเรือนมีการจัดการที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น อุปกรณ์หรือภาชนะรองรับขยะ ลักษณะพื้นที่พักอาศัยที่จำกัด ประสิทธิภาพของการเก็บขนขยะของสำนักงานเขตที่ไม่สามารถจัดเก็บขยะครัวเรือนได้ทุกวัน ขาดถังขยะแยกประเภท ทำให้เกิดการปนเปื้อนและเน่าเสียของขยะอินทรีย์ ส่งผลกระบทต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน การเก็บขนขยะตามครัวเรือนของสานักงานเขตที่ขาดแคลนทั้งอุปกรณ์และพนักงานรวมถึงวิธีการเก็บขนของพนักงานที่ไม่สร้างแรงจูงใจในการคัดแยกขยะด้วยการเก็บขนขยะมูลฝอยแบบบ้านต่อบ้านและการเก็บขนขยะแบบกำหนดจุดมีจุดเด่นและจุดด้อยต่างกัน ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเก็บขนขยะของเจ้าหน้าที่แตกต่างกัน การเก็บขนขยะในภาพที่ 2.2 เป็นรูปแบบการจัดเก็บที่ใช้เวลานานในแต่ละครั้ง เนื่องจากเจ้าหน้าที่ต้องเดินเก็บขนถังขยะตามบ้านพักอาศัยแต่ละหลังภายในชุมชนนำไปขนถ่ายใส่รถเก็บขยะ ทำให้เจ้าหน้าที่ใช้เวลานานในการเก็บขนขยะระหว่างบ้านแต่ละหลังกับระยะห่างของรถเก็บขยะ จากลักษณะของถังขยะที่มีตามครัวเรือนดังภาพที่ 1.1 ส่งผลต่อการทำงานของเจ้าหน้าที่ยากต่อการยกหรือเคลื่อนย้ายถัง ทำให้ขยะและน้ำขยะไหลจากถังขยะในระหว่างเก็บขนได้ ส่งกลิ่นเหม็นสร้างความรำคาญแก่ครัวเรือน ต่างจากการจัดเก็บขยะแบบกำหนดจุด เนื่องจากแต่ละชุมชนมีจุดทิ้งขยะน้อย ทำให้เจ้าหน้าที่ใช้เวลาในการเก็บขนขยะแต่ละชุมชนน้อยกว่าแบบบ้านต่อบ้าน แต่สร้างความลำบากแก่ครัวเรือนในการนำขยะออกมาทิ้งตามจุดที่กำหนดไว้ และจำนวนถังขยะแบบกำหนดจุดทิ้งมักมีจำนวนจำกัดไม่เพียงพอแต่ปริมาณขยะของแต่ละชุมชน ทำให้เกิดขยะล้นถังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคได้ง่ายและสร้างทัศนียภาพที่ไม่ดีในการมอง จากที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลต่อพฤติกรรมการคัดแยกขยะของครัวเรือนที่ไม่เห็นความสำคัญและการใช้ประโยชน์จากการคัดแยกขยะ ทำให้ขยะอินทรีย์ปนเปื้อนกับขยะประเภทอื่น ทำให้คุณภาพขยะต่ำยากต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อ

2.3 การหมัก

กระบวนการหมักขยะอินทรีย์เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ ด้วยจุลินทรีย์หลายชนิด ภายใต้สภาวะที่มีสารอาหาร ความชื้น อุณหภูมิและปัจจัยที่เหมาะสมต่อการทางานของจุลินทรีย์ที่มีผลผลิตที่มีความคงตัวมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ ไม่มีกลิ่นและสามารถนาไปใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมและอุปโภคได้ จึงต้องคำนึงถึงคุณภาพให้เหมาะแก่การนำไปใช้ด้วย

ประเภทของกระบวนการหมักสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

2.3.1 การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition)

การย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซและคาร์บอนออกไซด์ การย่อยสลายสารอินทรีย์ อาศัยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์สร้างกรด (Acid Forming Anaerobic Composting) และจุลินทรีย์สร้างมีเทน (Methanogenic Anaerobic Bacteria) เพื่อใช้สลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารคงตัว ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนออกไซด์ ก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และพลังงานความร้อน ตามปฏิกิริยา ดังนี้

$$\text{Organic matter} + O_2 + \text{Nutrients} \xrightarrow{\text{Anaerobic Bacteria}} \text{New Cells} + \text{Resistant Organic} + CH_4 + CO_2 + NH_3 + H_2S + \text{Heat}$$

ผลผลิตที่ได้จากในรูปของเหลวที่ได้มาจากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ลักษณะสดหรืออวบน้ำ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ได้เป็นของเหลวออกมาจากพืชหรือสัตว์ ประกอบด้วยกรดอินทรีย์และฮอร์โมนหรือสารเสริมการเจริญเติบโตหลายชนิด โดยการพิจารณาลักษณะที่ดีทางกายภาพของกระบวนการหมัก ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของกระบวนการหมัก

ลักษณะทางกายภาพในระหว่างการหมัก	การพิจารณาปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เสร็จสมบูรณ์
1. การเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์สังเกตจากเกิดฝ้าขาวหรือโคโลนีที่เพิ่มขึ้นบริเวณผิวหน้าของถังหมัก 2. การเกิดฟองก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (Co2) 3. กลิ่นฉุนของแอลกอฮอล์ 4. หากนำสารละลายมาแตะลิ้นจะมีรสเปรี้ยวจากกรดแลคติก 5. สารละลายมีลักษณะน้ำตาลใส ไม่ขุ่นดาและมีกลิ่นหอม	1. น้ำหมักชีวภาพมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มใส ไม่ขุ่นดำ ส่วนกากจะตกลงด้านล่าง 2. น้ำหมักชีวภาพไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า แต่มีกลิ่นหอมเหมือนเหล้าหมักหรือมีกลิ่นของกากน้ำตาลและกลิ่นเหม็นเปรี้ยว เนื่องจากเกิดกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น 3. น้ำหมักชีวภาพจะต้องมีฟองก๊าซหรือไม่มีฟองก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (Co2) หรือมีน้อยมากหากเกิดการหมักวัสดุจนหมดแล้ว 4. น้ำหมักชีวภาพจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 3-4

ที่มา : http://puechkaset.com/ อ้างถึงใน อัจฉรสิริ อนุมณี, 2557

หลังจากกระบวนการหมักเสร็จสมบูรณ์จะได้เป็นสารละลายสีน้ำตาลข้นที่ได้จากการย่อยสลายของพืช หรือเซลล์สัตว์ โดยผ่านกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ ด้วยการเติมน้ำตาลทรายแดงหรือกากน้ำตาลให้เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลาย โดยทั่วไปเรียกน้ำหมักชีวภาพหรือที่เรียกว่าน้ำหมักจุลินทรีย์ น้ำหมักจุลินทรีย์ประกอบด้วยจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรีย อาทิเช่น Bacillus sp., Lactobacillus sp.,

Streptococcus sp. กลุ่มเชื้อรา อาทิเช่น Aspergillus niger, Pennicillium sp., Rhizopus และกลุ่มยีสต์ เช่น Canida sp. ฉะนั้นให้น้ำสกัดอินทรีย์ชีวภาพที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์แล้ว จึงประกอบด้วยจุลินทรีย์หลากหลายชนิดและสารประกอบจากเซลล์พืช เซลล์สัตว์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดตร โปรตีน กรดอะมิโน ธาตุอาหาร เอ็นไซม์ และฮอร์โมนพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงธาตุอาหารที่อยู่ในน้ำหมักชีวภาพ

ธาตุอาหารหลัก	ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม
ธาตุอาหารรอง	แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน
ธาตุอาหารเสริม	เหล็ก ทองแดง แมงกานีส

ที่มา : เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์, 2544 อ้างถึงใน อัจฉรสิริ อนุมณี, 2557

นอกจากธาตุอาหารแล้วคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ กรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดแลคติค กรดอะซิติคและกรดฮิวมิค ฮอร์โมนหลายชนิด เช่น ออกซิเจน ไซโตไคนิน และจิบเบอร์เรลลิน และมีค่าเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 3-4

ตารางที่ 2.3 แสดงชนิดของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุหมักต่างๆ

ชนิดของน้ำหมัก	**ผลิตจากผักและเศษพืช**	**ผลิตจากขยะอินทรีย์**	**ผลิตจากสัตว์**
วัสดุหมัก	น้ำหมักที่ได้จากเศษพืช เศษผักจากแปลงเกษตร หลังการเก็บ และคัดแยกผลผลิต	น้ำหมักที่ได้จากขยะในครัวเรือน เช่น เศษอาหาร เศษผักผลไม้เล็กน้อย	น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์ เป็นน้ำหมักที่ได้จากเศษเนื้อต่างๆ เช่น เนื้อปลา เนื้อหอย เป็นต้น
ผลผลิตที่ได้	น้ำหมักที่ได้มีลักษณะเป็นน้ำข้นสีน้ำตาล มีกลิ่นหอม ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน กรดแลคติค และฮอร์โมนเอนไซม์	น้ำหมักที่ได้มีลักษณะข้นสีน้ำตาลจางกว่าชนิดแรก และมีกลิ่นหอมน้อยกว่า บางครั้งอาจมีกลิ่นเหม็นบ้าง ต้องใช้กากน้ำตาลเป็นส่วนผสม	น้ำหมักที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้ม มักมีกลิ่นเหม็นมากกว่าน้ำหมักที่ได้จากวัตถุหมักอื่น ต้องใช้กากน้ำตาลเป็นส่วนผสม
การนำไปใช้ประโยชน์	- ใช้เป็นหัวเชื้อในการทำปุ๋ยหมักอินทรีย์ -ใช้ในการกำจัดน้ำเสียและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ -ใช้ทำความสะอาดพื้นที่เลี้ยงสัตว์ -ใช้บำบัดกลิ่นเหม็นต่างๆ เช่น ห้องส้วม กองขยะ ท่อระบายน้ำ		
ข้อควรระวัง	-การควบคุมปริมาณกากน้ำตาล เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นระหว่างการหมัก -การควบคุมการใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพ โดยไม่ใช้ติดต่อกันหลายวันและใช้ปริมาณที่เข้มข้นสูง		

ที่มา : เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์, 2544 ; http://puechkaset.com

2.3.2 การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition)

จุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic Matter) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เซลลูโลส กรดอะมิโน ฯลฯ ในสภาวะที่มีออกซิเจน และได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารคงตัวหรือฮิวมัส น้ำ ก๊าซคาร์บอนออกไซด์ ก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และพลังงานความร้อน ตามปฏิกิริยา ดังนี้

$$\text{Organic matter} + O_2 + \text{Nutrients} \xrightarrow{\text{Aerobic Bacteria}} \text{New Cells} + \text{Resistant Organic} + H_2O + CO_2 + NH_3 + SO_2 + \text{Heat}$$

กระบวนการหมักประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่

การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (Intensive rotting phase) เกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก อุณหภูมิของการหมักจะสูงถึง 45 องศาเซลเซียสเป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียประเภทมีโซฟิลิค (Mesophilic) หลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วอุณหภูมิของสารหมักจะสูงขึ้นจนถึงประมาณ 75 องศาเซลเซียส ช่วงนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียประเภทเทอร์โมฟิลิค (Thermophilic) และอุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในวัสดุหมักส่วนใหญ่ตายได้ระยะเวลาของการเกิดกลไกนี้จะประมาณ 3-6 สัปดาห์ หรือตั้งแต่ 1-5 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการหมักและองค์ประกอบของวัสดุหมัก

การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (Final rotting phase) หลังจากที่การย่อยสลายอย่างเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของสารหมักจะค่อยๆ ลดลงจนเหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส อินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พวกเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายขั้นนี้จะใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไปจนถึง 1 ปี การย่อยสลายในขั้นตอนนี้จะมีกลุ่มจุลินทรีย์พวกรา ได้แก่ ฟังไจ (fungi) และ แอคติโนมัยซิส (actinomycetes) ช่วยในการย่อยสลายสารที่ย่อยสลายได้ยากที่เหลืออยู่ด้วย

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบที่เหมาะสมในการหมักแบบใช้ออกซิเจน

องค์ประกอบ	ปริมาณ
1. องค์ประกอบของอินทรีย์สาร	> ร้อยละ 40
2. C:N ในขยะมูลฝอย	30-35:1
3. C:P ในขยะมูลฝอย	75-150 :1
4. ขนาด	0.5 นิ้ว
5. ความชื้น	ร้อยละ 50-60
6. อุณหภูมิ	45-65 องศาเซลเซียส

ที่มา : ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร, 2552 อ้างถึงใน ลักขณา เบ็ญจวรรณ์, 2555

2.3.3 จุลินทรีย์ที่มีในกระบวนการหมัก

กลุ่มจุลินทรีย์ในการดำเนินกิจกรรมย่อยสลาย ได้แก่ ยีสต์ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ จุนลินทรีย์ที่ผลิตกรดอินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) หรือแบคทีเรียผลิตกรดอะซีติก (Acetic acid bacteria) และจุลินทรีย์ย่อยสลายแป้ง

โปรตีน และไขมัน ดังนั้นบทบาทและหน้าที่ของกลุ่มจุลินทรีย์มีความเกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทรีย์วัตถุให้เป็นของเหลว มีดังนี้

2.3.3.1 กลุ่มยีสต์ (Yeasts) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยีสต์จะสามารถสืบพันธ์ได้โดยการแตกหน่อที่ไม่อาศัยเพศ และยีสต์ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร (Brock er al, 1984) ดังนั้นในกระบวนการหมักจำเป็นต้องใช้น้ำตาล โดยยีสต์ทำหน้าที่เปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์ การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลให้เป็นเอททิลแอลกอฮอล์ในสภาพไร้อากาศ นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักจะมีค่าความกรด-ด่างต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูง ระหว่าง 4.0-6.5 และดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพที่มีค่าพีเอชระหว่าง 1.5-3.5 จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง ในภาวะค่าพีเอชต่ำจะทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมัก

2.3.3.2 กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็น Gram-positive asporogenous rod-shaped bacteria จะไม่มีการสร้างสปอร์ รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพไม่มีออกซิเจน และใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน แบคทีเรียกลุ่มนี้แบ่งได้ 2 กลุ่มคือ homofermentative เป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid) เท่านั้น กลุ่มที่ 2 เรียกว่า heterofermentative หลังจากกระบวนการหมักได้กรดแลคติก กรดอะซีติก ฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนออกไซด์ จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถทดต่อสภาพความเป็นกรดสูง

2.3.3.3 กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซีติก (Acetic acid bacteria) ลักษณะทางพื้นฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็น gram –negative aerobic rod and cocci รูปร่างเป็นท่อนแต่มีหลายลักษณะ เช่น รูปรีหรือไม้กระบองโค้ง เคลื่อนที่ได้เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน ทนต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีที่มีค่าพีเอชต่า ระหว่าง 3.0-3.5 บทบาทสำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้จะใช้แอลกอฮอล์เป็นอาหารและแหล่งพลังงานให้เป็นกรดอะซีติก โดยปฏิกิริยา oxidation ในสภาพที่มีออกซิเจน (Brock and et al, 1984 อ้างถึงใน เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์และคณะ, 2544)

2.3.3.4 กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนประกอบด้วย แบคทีเรีย ราและแอคติโนมัยซีส ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการนี้ส่วนใหญ่ได้แอมโมเนีย จึงเรียกจุลินทรีย์กลุ่มนี้ว่า ammonifiers ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงเป็นกรดอะมิโน

2.3.3.5 กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอินทรีย์ฟอสฟอรัสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ จุลินทรีย์สร้างน้ำย่อย phytase, phosphatase, nucleotidases และ glecerophosphatase

เพื่อแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ จุลินทรีย์ในกระบวนการหมักมีทั้งจุลินทรีย์ประเภทต้องการออกซิเจนและประเภทไม่ต้องการออกซิเจน จุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มนี้ต่างพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันสามารถอยู่ร่วมกันได้ โดยแบ่งจุลินทรีย์จากธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อพืช สัตว์และสิ่งแวดล้อมได้ 5 กลุ่ม ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 กลุ่มจุลินทรีย์และหน้าที่ในกระบวนการหมัก

ลำดับ	กลุ่มจุลินทรีย์	หน้าที่
กลุ่มที่ 1	พวกเชื้อราที่มีเส้นใย (Filamentous fungi)	พวกเชื้อราที่มีเส้นใยเป็นตัวเร่งการย่อยสลาย สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี ปกติใช้เป็นหัวเชื้อผลิตเหล้า ผลิตปุ๋ยหมัก
กลุ่มที่ 2	กลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (Photosynthetic microorganisms)	สังเคราะห์สารอินทรีย์ให้แก่ดิน เช่น ไนโตรเจน (N2) กรดอะมิโน (Amino acids) น้ำตาล (Sugar) วิตามิน (Vitamins) ฮอร์โมน (Hormones) และอื่นๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้แก่ดิน
กลุ่มที่ 3	กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก (Aynogumic or Fermented microorganisms)	ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรค (Diseases resistant) ฯลฯ เข้าสู่วงจรการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลายของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดของพืชและสัตว์สามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสีย ที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่างๆ ได้
กลุ่มที่ 4	กลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixing microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย (Algae) และพวกแบคทีเรีย (Bacteria)	ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน (Protein) กรดอินทรีย์ (Organic acids) กรดไขมัน (Fatty acids) แป้ง (Starch or Carbohydrates) ฮอร์โมน (Hormones) วิตามิน (Vitamins) เป็นต้น
กลุ่มที่ 5	กลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (Lactic acids)	มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหาย ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่มีจำนวนนับแสนหรือให้หมดไป

ที่มา : http://adisak2009.blogspot.com/ อ้างถึงใน อัจฉรสิริ อนุมณี, 2557

จากกระบวนการหมักทั้งสองรูปแบบต่างมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป รวมทั้งผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักและการนำไปใช้ประโยชน์ แล้วแต่ความเหมาะสมของการนำไปใช้งานของแต่ละครัวเรือน ดังตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบคุณลักษณะของกระบวนการหมักทั้งสองรูปแบบ

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบการหมักระหว่างแบบใช้อากาศและแบบไม่ใช้อากาศ

รูปแบบการหมัก	การหมักแบบใช้ออกซิเจน	การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน
วัตถุประสงค์	ลดปริมาตรขยะ บำรุงพืช	ผลิตพลังงาน น้ำหมักชีวภาพ ลดปริมาตรขยะ
ระยะเวลาหมัก	20-30 วัน	20-40 วัน
ผลิตภัณฑ์จากการหมัก	ฮิวมัส, น้ำ, ก๊าซคาร์บอนออกไซด์	สลัดจ์, ก๊าซมีเทน, น้ำหมักชีวภาพ, ก๊าซคาร์บอนออกไซด์
ปริมาตรขยะคงเหลือ	น้อยกว่า 50%	มากกว่า 50%

ที่มา : Tchobanoglous, G. et al., (1993) อ้างถึงใน ลักขณา เบ็ญจวรรณ์, 2555 (ดัดแปลง)

จากการศึกษากระบวนการหมักขยะอินทรีย์ทั้งรูปแบบพบว่า กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีความเหมาะสมต่อการจัดการขยะอินทรีย์ในบ้านพักอาศัยและผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่ประกอบด้วยสารละลายของอินทรียวัตถุสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งด้านการเกษตรและสิ่งแวดล้อมในบ้านพักอาศัยได้

2.3.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกระบวนการหมัก

ระยะเวลาการหมักวัสดุที่มีลักษณะสดในสภาพที่เป็นของเหลวนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมและปัจจัยของวัสดุลักษณะสดที่ใช้ในการหมักด้วย ดังนั้นปัจจัยบางประการจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพอัตราการย่อยสลายวัสดุหมักสด ดังนี้

2.3.4.1 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าคาร์บอนและไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุหมักถือเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ โดยคาร์บอนจะเป็นแหล่งให้พลังงาน ส่วนไนโตรเจนใช้สาหรับกระบวนสร้างเซลล์ และสังเคราะห์โปรโตพลาสซึมของเซลล์ ดังนั้น อัตราส่วนของคาร์บอน และไนโตรเจนจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ ไนโตรเจนในวัสดุหมักจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย หากมีปริมาณแอมโมเนียมากจะมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ หากสัดส่วนคาร์บอนสูงกว่าไนโตรเจนมากจะทำให้กระบวนการย่อยสลายจุลินทรีย์ช้าลง ซึ่งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการหมักจะอยู่ระหว่าง 20 – 40

2.3.4.2 อุณหภูมิ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักเป็นจุลินทรย์ที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิปกติหรือระหว่าง 30- 35 องศาเซลเซียสและไม่ต้องการแสงแดด อุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นตัวชี้วัดถึงกิจกรรมการดำรงชีวิตที่ดีของจุลินทรีย์ในระบบ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงแรกที่อุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส พวกคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งและน้ำตาลจะถูกย่อยสลาย ส่วนโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายที่อุณหภูมิที่ 60-65 องศาเซลเซียส เมื่อกระบวนการหมักเริ่มจะสมบูรณ์อุณหภูมิจะเริ่มลดลงจุลินทรีย์พวกแอคติโนมัสซีสและฟังไจจะเพิ่มปริมาณขึ้น ทำให้เริ่มเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ความเสถียรภาพ เช่น เซลลูโลส (Rabbani et al,1983 อ้างถึงใน ลักขณา เบ็ญจวรรณ์, 2555)

2.3.4.3 ความชื้น กระบวนการหมักจะต้องการความชื้นสูง โดยบ่งบอกถึงการถ่ายเทออกซิเจนในกระบวนการหมักให้สภาพที่มีความเหมาะสมในกระบวนการหมักให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมได้ดี มีผลต่ออัตราเร็วในการย่อยสลายสารอินทรีย์และทำให้สารละลายในวัสดุหมักออกจากเซลล์ ความชื้นที่เหมาะสมอยู่ระหว่างร้อยละ 70-80 และควรควบคุมความชื่นให้มีค่าเหมาะสมตลอดการหมัก ค่าความชื้นแปรเปลี่ยนตามคุณสมบัติทางกายภาพขนาดของวัสดุหมักและระบบการหมัก (Rabbani et al,1983 อ้างถึงใน ลักขณา เบ็ญจวรรณ์, 2555) ความชื้นมีผลกระทบต่อการหมักในการถ่ายเทอากาศและกิจกรรมของจุลินทรีย์

2.3.4.4 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากในการหมัก เนื่องจากแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีสและฟังไจมีช่วงค่าความเหมาะสมของการเป็นกรด-ด่างในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปวัสดุหมักเริ่มต้นมีค่ากรด – ด่างประมาณ 6 ในช่วงแรกของการหมักและมีค่าลดลง การย่อยสลายจะเริ่มช้าลง แต่เมื่อช่วงเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นค่ากรด – ด่างจะสูงขึ้นที่ประมาณ 8.5 อย่างรวดเร็ว การหมักไม่จาเป็นต้องมีการปรับค่ากรด – ด่างเริ่มต้น เพราะค่าของการหมักถูกปรับตัวให้เป็นกลางอัตโนมัติ (Miller,1992 อ้างถึงใน ลักขณา เบ็จวรรณ์, 2555) การปรับค่าพีเอชจึงไม่จำเป็นในการเริ่มต้นการหมัก ยกเว้นกรณีที่วัสดุหมัก

มีค่าเริ่มต้นสูงหรือต่ำเกินไปทำให้กระบวนการหมักในช่วงแรกเกิดได้ช้า ควรปรับค่าพีเอชให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มอัตราการย่อยสลายในการหมัก (Haug, 1993 อ้างถึงใน ลักขณา เบ็จวรรณ์, 2555)

2.3.4.5 ขนาด ขนาดของเศษวัสดุคือสิ่งที่ควรคำนึงถึงด้วย เพราะถ้าขนาดของเศษวัสดุที่นำมาหมักมีขนาดเล็กอัตราการย่อยสลายจะเกิดเร็วกว่าเศษวัสดุที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์สัมผัสมาก จึงเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างทั่วถึง แต่ถ้าเศษวัสดุที่นำมาหมักมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ความพรุนในกองหมักลดลง ทำให้ไปขัดขวางการระบายอากาศของการหมักได้

2.3.4.6 การระบายอากาศ โดยทั่วไปแล้วกระบวนการหมักเกิดขึ้นในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนมากว่ามีออกซิเจน และได้ก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (Co2) ในระหว่างการหมัก ดังนั้นต้องให้มีการระบายก๊าซคาร์บอนออกไซด์ออกไป เพื่อเป็นการรักษาสภาวะในการหมักให้เหมาะสมและลดการสะสมของก๊าซคาร์บอนออกไซด์ (เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์และคณะ, 2544)

2.3.5 แนวทางการใช้ประโยชน์จากผลผลิต

2.3.5.1 ด้านสิ่งแวดล้อม

1) การใช้บำบัดกลิ่นเหม็นต่างๆ โดยผสมน้ำในสัดส่วน 1 ต่อ 10 แล้วราดบริเวณที่มีกลิ่น เช่น ห้องส้วม กองขยะ ท่อ ระบายน้ำ เป็นต้น จุลินทรีย์จะไปเร่งการย่อยสลายที่เป็นต้นเหตุให้เกิดกลิ่นเหม็นแล้วคายออกซิเจนออกมา

2) การเทลงโถส้วมหรือท่อระบายน้ำทิ้ง หลังใช้งาน จุลินทรีย์จะไปช่วยย่อยสลายสารตกค้างทำให้ส้วมไม่เต็มเร็ว และท่อระบายน้ำทิ้งไม่อุดตัน

3) การเทลงในทีระบายน้ำหรือบ่อที่มีน้ำเน่าเสีย จุลินทรีย์จะไปย่อยสลายอินทรีย์สารที่เป็นเหตุให้น้ำเน่า แล้วเพิ่มก๊าซออกซิเจนในน้ำทำให้น้ำหายเน่าเสีย

2.3.5.2 ด้านการเกษตร

1) น้ำหมักชีวภาพผสมอัตราส่วน 1 ส่วนต่อน้ำ 500 ส่วน ใช้ฉีดหรือรดที่ใบโคนต้นไม้สัปดาห์ละ 3-4 ครั้งจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี

2) น้ำหมักชีวภาพนำไปผสมกับพืชบางชนิด เช่น ใบและเมล็ดสะเดา ตะไคร้หอม ข่า สาบเสือ ยาฉุน โลติ๊น เป็นต้น ใช้ฉีดต้นไม้ลดการก่อกวนของแมลง โดยไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลง โดยน้ำจุลินทรีย์มีประโยชน์จะช่วยให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมดีขึ้น

3) น้ำหมักชีวภาพช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน และน้ำ

4) น้ำหมักชีวภาพใช้รดต้นพืชหรือแช่เมล็ดพันธุ์ ท่อนพันธุ์เพื่อเร่งการเกิดราก และการเจริญเติบโตของพืช

5) น้ำหมักชีวภาพเป็นสารที่ทำหน้าที่เหมือนฮอร์โมนพืช กระตุ้นการเกิดราก และการเจริญเติบโต ทำให้ผลผลิต และคุณภาพสูงขึ้น

จากการศึกษาการจัดการขยะอินทรีย์และกระบวนการหมักขยะอินทรีย์ เพื่อนำขยะอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่เกิดจากการอุปโภคและบริโภคในครัวเรือนมีความชื้นสูงเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนที่เป็นกิจกรรมหลักของกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยผลผลิตที่ได้รับจากกระบวนหมักครัวเรือนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ภายในบ้านพักอาศัยได้ ส่งผลต่อด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ใช้ดับกลิ่นเหม็นของท่อระบายน้ำและส้วม ส่วนด้านการเกษตร เช่น บำรุงต้นไม้ ช่วยไล่ศัตรูพืช เป็นต้น

กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะประสบผลสำเร็จจนได้ผลผลิตนั้น จำเป็นต้องควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการหมัก เช่น ความชื้น การระบายอากาศ สัดส่วนของวัสดุหมัก ขนาดของถังหมักที่ช่วยควบคุมอุณหภูมิให้มีสภาวะเหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาถังหมักที่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีต่อกระบวนการหมักขยะอินทรีย์ในบ้านพักอาศัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต

2.4 เกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์คืออะไร เป็นคำถามที่ไม่แน่ใจว่าผู้คนจะลึกซึ้งมากน้อยเพียงใด ดังที่กล่าวมาแล้วว่าเกษตรอินทรีย์เกิดขึ้นในยุโรป ดังนั้นนิยามของเกษตรอินทรีย์จะแตกต่างกันไปตามข้อกำหนดของหน่วยงานรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของแต่ละประเทศ ซึ่งมีความหมายที่แตกต่างจากผักไร้สารพิษ ผักปลอดภัยจากสารพิษ และผักอนามัยดังนี้

เกษตรอินทรีย์ (Organic Farming or Organic Agriculture) ในความหมายของสหพันธ์เกษตรนานาชาติInternational Federation of Agriculture Movement (IFOAM) นั้น หมายถึงระบบการเกษตรที่ผลิตอาหารและเส้นใย ด้วยความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจ โดยเน้นการปรับปรุงบำรุงดิน การเคารพต่อศักยภาพทางธรรมชาติของพืชสัตว์และระบบนิเวศ การเกษตรอินทรีย์จึงลดการใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอกและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและเวชภัณฑ์สำหรับสัตว์ ขณะเดียวกันก็ประยุกต์ใช้ธรรมชาติในการเพิ่มผลผลิต และพัฒนาความต้านทาน ต่อโรคของพืชและสัตว์เลี้ยงเกษตรอินทรีย์คือระบบการผลิตที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม รักษาสมดุลของธรรมชาติและความหลากหลายของทางชีวภาพ โดยมีระบบการจัดการนิเวศวิทยาที่คล้ายคลึงกับธรรมชาติและหลีกเลี่ยงการใช้สารสังเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและฮอร์โมนต่างๆ ตลอดจนไม่ใช้พืชหรือสัตว์ที่เกิดจากการตัดต่อทางพันธุกรรมที่อาจเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อมเน้นการใช้อินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และ ปุ๋ยชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้ต้นพืชมีความแข็งแรงสามารถต้านทานโรคและแมลงด้วยตนเอง รวมถึงการนำเอาภูมิปัญญาชาวบ้านมาใช้ประโยชน์ด้วย ผลผลิตที่ได้จะปลอดภัยจากสารพิษตกค้างทำให้ปลอดภัยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคและไม่ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมเกษตรอินทรีย์ อีกความหมายหนึ่ง หมายถึง ระบบการเกษตรที่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีในการปรับปรุงบำรุงดิน ไม่ใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช ตลอดจนไม่ใช้ฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ นอกเหนือไปจากการไม่ใช้สารเคมี ปุ๋ยเคมีและสารสังเคราะห์ทั้งมวลแล้ว การจะเป็นเกษตรอินทรีย์สมบูรณ์แบบนั้น ในดินในน้ำและในอากาศก็ต้องไม่มีสารเหล่านี้ตกค้างอยู่ด้วย การทำเกษตรอินทรีย์จึงต้องเลือกพื้นที่ที่ไม่เคยทำการเกษตรเคมีมาไม่น้อยกว่า 3 ปี ควรต้องเป็นพื้นที่ค่อนข้างเป็นที่ดอนและโล่งแจ้ง ต้องอยู่ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรม อยู่ห่างจากแปลงที่ปลูกพืชโดยใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี อยู่ห่างจากถนนหลวงหลักและจะต้องมีแหล่งน้ำปลอดสารเคมีและสารมีพิษทั้งมวลด้วย

สรุป เกษตรอินทรีย์ คือระบบการผลิตที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม รักษาสมดุลของธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยมีระบบจัดการนิเวศวิทยาที่คล้ายคลึงกับธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้สารสังเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและฮอร์โมนต่างๆ ตลอดจนไม่ใช้พืชสัตว์ที่เกิดจากการตัดต่อทางพันธุกรรม

ผักไร้สารพิษ คือ ผักที่มีระบบการผลิตที่ไม่ใช้สารเคมีใดๆ ทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นสารเคมีเพื่อปราบศัตรูพืชหรือปุ๋ยเคมีทุกชนิด แต่จะใช้ปุ๋ยอินทรียและผลผลิตที่เก็บเกี่ยวแล้วต้องไม่มีสารพิษใดๆ ทั้งสิ้น ผักปลอดสารพิษ คือผักที่มีระบบการผลิตที่มีการใช้สารเคมีในการป้องกันและปราบศัตรูพืช รวมทั้งปุ๋ยเคมีเพื่อการเจริญเติบโตผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ยังมีสารพิษตกค้างไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคตามประกาศกระทรวงสาธารณะสุข ฉบับที่ 163 พ.ศ. 2538

ผักอนามัย คือผักที่มีระบบการผลิตที่มีการใช้สารเคมีในการป้องกันและปราบศัตรูพืช รวมทั้งปุ๋ยเคมีเพื่อการเจริญเติบโต ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ยังมีสารตกค้างไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและมีความสะอาดผ่านกรรมวิธีการปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนการขนส่ง และการบรรจุหีบห่อได้คุณสมบัติมาตรฐาน เป็นเกษตรอินทรีย์เป็นอย่างไร

ภาพที่ 2.6 แสดงการปลูกผักไร้สารจากสารพิษ
ที่มา : การทำเกษตรประยุกต์ อช03074 : หน้า 19

การเกษตรปัจจุบันสามารถปรับเปลี่ยนเป็นเกษตรอินทรีย์ได้โดยเริ่มต้นศึกษาความรู้จากมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อการปฏิบัติ โดยศึกษาความรู้จากธรรมชาติ เมื่อเริ่มปฏิบัติตามนี้แล้วก็นับได้ว่าก้าวเข้าสู่การทำเกษตรอินทรีย์ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นเกษตรอินทรีย์ในระยะปรับเปลี่ยน เมื่อปฏิบัติอย่างเคร่งครัดและต่อเนื่องตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ไม่นานก็จะเป็นเกษตรอินทรีย์ได้ ทั้งนี้ ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับประเภทเกษตรอินทรีย์ที่จะผลิตซึ่งได้ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานเกษตรอินทรีย์แล้ว ข้อสำคัญนั้นอยู่ที่การทำความเข้าใจเกษตรอินทรีย์ให้ท่องแท้มีความตั้งใจจริง มีความขยันหมั่นเพียรไม่ท้อถอยต่อปัญหา หรืออุปสรรคใด ๆ มีความสุขในการปฏิบัติก็จะบรรลุวัตถุประสงค์และประสบความสำเร็จดังที่ตั้งใจไว้ เพราะเกษตรอินทรีย์เป็นเรื่องที่ทุกคนสามารถปฏิบัติได้จริงเมื่อเป็นเกษตรอินทรีย์แล้วสามารถขอเอกสารรับรองมาตรฐานจากภาครัฐ หรือเอกชน จึงจะนับว่าเป็นเกษตรอินทรีย์ที่สมบูรณ์เป็นสมบัติล้ำค่าของแผ่นดิน

ภาพที่ 2.7 แสดงการปลูกผักไร้สารจากสารพิษ
ที่มา : การทำเกษตรประยุกต์ อช03074 : หน้า 19

2.4.1 หลักการเกษตรอินทรีย์

หลักการสำคัญ 4 ข้อ ของเกษตรอินทรีย์ คือ สุขภาพ, นิเวศวิทยา, ความเป็นธรรม, และการดูแลเอาใจใส่ (health, ecology, fairness and care)

2.4.1.1 หลักพื้นฐานของการทำเกษตรอินทรีย์

1) ห้ามใช้สารเคมีสังเคราะห์ทางการเกษตรทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี ยาฆ่าหญ้า ยาป้องกันกำจัดศัตรูพืชและฮอร์โมน

2) เน้นการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุเช่นปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ตลอดจนการปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อให้พืชแข็งแรงมีความต้านทานต่อโรคแมลง

3) รักษาความสมดุลของธาตุอาหารภายในฟาร์ม โดยใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นมาหมุนเวียนให้เกิดประโยชน์สูงสุด

4) ป้องกันมิให้มีการปนเปื้อนของสารเคมีจากภายนอกฟาร์ม ทั้งจากดิน น้ำ และอากาศ โดยจัดสร้างแนวกันชนด้วยการขุดคูหรือปลูกพืชยืนต้น และพืชล้มลุก

5) ใช้พันธุ์พืชหรือสัตว์ที่มีความต้านทานและมีหลากหลาย ห้ามใช้พันธุ์พืชหรือสัตว์ที่ได้จากการตัดต่อสารพันธุกรรม

6) การกำจัดวัชพืชใช้เตรียมดินที่ดี และแรงงานคนหรือเครื่องมือกลแทนการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช

7) การป้องกันกำจัดวัชพืชใช้สมุนไพรกำจัดศัตรูพืชแทนการใช้ยาเคมีกำจัดศัตรูพืช ถือเป็นกรรมวิธีที่เป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบของชุมชนและเกษตรกร

8) ใช้ฮอร์โมนที่ได้จากธรรมชาติ เช่น จากน้ำสกัดชีวภาพแทนการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์

9) รักษาความหลากหลายทางชีวภาพ โดยการักษาไว้ซึ่งพันธุ์พืชหรือสัตว์สิ่งที่มีชีวิตทุกชนิดที่มีอยู่ในท้องถิ่นตลอดจนปลูกหรือเพาะเลี้ยงขึ้นมาใหม่

10) การปฏิบัติหลักการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปให้ใช้วิธีธรรมชาติ และประหยัดพลังงาน

11) ให้ความเคารพสิทธิมนุษย์และสัตว์

12) ต้องเก็บบันทึกข้อมูลไว้อย่างน้อย 3 ปี เพื่อรอการตรวจสอบ

2.4.1.2 วิธีการทำเกษตรอินทรีย์

1) ไม่ใช้สารเคมีใดๆ ทั้งสิ้น เช่น ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ และยาปราบศัตรูพืช

2) มีการไถพรวนระยะเริ่มแรก และลดการไถพรวนเมื่อปลูกไปนานๆ เพื่อรักษาสภาพโครงสร้างของดิน

3) มีการเปลี่ยนโครงสร้างของดินตามธรรมชาติ คือมีการคุมดินด้วยใบไม้แห้ง หญ้าแห้ง ฟางแห้ง วัสดุอื่นๆที่หาได้ในท้องถิ่นเพื่อรักษาความชื้นของดิน

4) มีการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด เพื่อบำรุงรักษาแร่ธาตุที่จำเป็นแก่พืชในดิน อีกทั้งยังเป็นการเติมคุณค่าที่มีประโยชน์ต่อพืชลงไปในดินเพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม

5) มีการเติมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ลงไปในดินที่ใช้สำหรับเพาะปลูก

6) มีการเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วย เช่น เทคนิคการปลูก การดูแลเอาใจใส่ การขยายพันธุ์ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ การให้น้ำตลอดจนการเก็บเกี่ยว

7) มีการปลูกอย่างต่อเนื่อง ไม่ปล่อยที่ดินให้ว่างเปล่า แห้งแล้ง ทำให้โครงสร้างของดินเสียจุลินทรีย์จะตายอย่างน้อยให้ปลูกพืชคลุมดินไว้ชนิดใดก็ได้

8) มีการป้องกันศัตรูพืช โดยใช้สารสกัดธรรมชาติ เช่น สะเดา ข่า ตะไคร้ ยาสูบ โล่ติ๊น และพืชสมุนไพรอื่นๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่นจะเห็นได้ว่าการทำเกษตรแบบอินทรีย์นั้นไม่ใช้เรื่องเกินความสามารถของเกษตรกรไทย และการทำเกษตรอินทรีย์นั้นจะได้ผลผลิตน้อยในระยะแรกเท่านั้น เมื่อดินเริ่มฟื้นมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแล้วผลผลิตจะสูงขึ้น

ข้อดีของเกษตรอินทรีย์ คือ

1) ให้ผลผลิตที่มีปริมาณ และคุณภาพที่ดีกว่า

2) ให้ผืนดินที่อุดมสมบูรณ์ดีกว่า

3) ให้สิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า

4) ให้คุณภาพชีวิต และคุณภาพจิตที่ดีกว่า

5) ผู้บริโภคและเกษตรกรผู้ผลิต ไม่ต้องเสี่ยงต่อสารพิษที่อาจก่อให้เกิดโรคร้ายที่เป็นอันตรายต่อชีวิต การเกษตรอินทรีย์ เป็นสิ่งดีที่น่าจะเป็นการสร้างสมดุลให้กับธรรมชาติ ซึ่งจะนำไปสู่ระบบการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน มั่งคงและปลอดภัย

2.4.2 หลักการผลิตพืชเกษตรอินทรีย์และการปรับปรุงดิน

1. ไม่เผาตอซัง
2. ใช้ปุ๋ยคอก, ปุ๋ยหมัก
3. ใช้ปุ๋ยพืชสด
4. ใช้ปุ๋ยชีวภาพ
5. ใช้วิธีผสมผสาน ระบบการปลูกพืชผสมผสานหลายชนิด และเกื้อกูลกัน

ภาพที่ 2.8 แสดงการผลิตพืชเกษตรอินทรีย์และการปรับปรุงดิน
ที่มา : การทำเกษตรประยุกต์ อช03074 : หน้า 21

2.4.2.1 การปรับปรุงคุณภาพดินสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ ปัจจุบันกระแสการดูแลรักษาสุขภาพของประชากรโลกเริ่มมีมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคหันมาใส่ใจในการเลือกซื้ออาหารที่ปลอดภัยและปราศจากสารเคมีต่างๆที่ตกค้างอยู่ในผลิตผลการเกษตรซึ่งสารเคมีตกค้างล้วนแล้วแต่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ด้วยเหตุนี้การเกษตรของประเทศหลายประเทศได้ปรับเปลี่ยนมาสู่การคิดหาวิธีการทำเกษตรกรรมที่ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ เรียกว่า เกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture) เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและได้ผลผลิตที่เป็นที่ต้องการของตลาดโดยการพยายามประยุกต์ใช้ธรรมชาติ

ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดการใช้ปัจจัยการผลิตภายนอกและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ ซึ่งวิธีการทำเกษตรแนวนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค

2.4.2.2 วิธีการปรับปรุงดิน ปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้ดินเป็นกรดได้แก่ การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ในดิน การใส่ปุ๋ยเคมีบางชนิด สารที่ปล่อยจากโรงงาน อุตสาหกรรมบางประเภท ปัจจัยที่ทำให้ดินเป็นเบสได้แก่ การใส่ปูนขาว (แคลเซียมไฮดรอกไซด์)ความเป็นกรด–เบสของดินนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีค่า pHที่เหมาะแก่พืชนั้นๆ ถ้าสภาพ pH ไม่เหมาะสมทำให้พืชบางชนิดไม่สามารถดูดซึมแร่ธาตุที่ต้องการที่มีในดินไปใช้ประโยชน์ได้ การแก้ไขปรับปรุงดิน ดินเป็นกรด แก้ไขได้โดยการเติมปูนขาวหรือดินมาร์ล ดินเป็นเบสแก้ไขได้โดยการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตหรือผงกำมะถัน ดินมาร์ลคือ ดินที่ได้จากการสลายตัวของหินปูน ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอนเนตเป็นองค์ประกอบ ดินมาร์ลมีมากในจังหวัดสระบุรี ลพบุรี และนครสวรรค์

2.4.2.3 การปรับปรุงดินให้มีความสมบูรณ์ แนวทางที่จะทำให้ดินเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ เป็น ดินที่มีชีวิต สามารถเพาะปลูกพืชให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีไม่ว่าจะเป็นพืชไร่-นา ผัก ผลไม้ ดอกไม้ก็ตาม และจะเป็นแนวทางที่จะสามารถผลิตผลผลิตที่ปลอดภัยจากสารพิษทางการเกษตร ทั้งผู้ผลิต และผู้บริโภคช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม สามารถทำเป็นอาชีพได้อย่างยั่งยืน ซึ่งแนวทางนั้นก็คือ แนวทาง เกษตรธรรมชาติ นั่นเอง

1) มีการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งสามารถทำได้โดย

1.1 ปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยน้ำชีวภาพ และปุ๋ยพืชสด ส่วนปุ๋ยชีวภาพ ได้แก่ ไรโซเบียม ไมโคไรซ่า ปุ๋ยเหล่านี้จะให้ทั้งธาตุหลักและธาตุอาหารรองแก่พืชอย่างครบถ้วน จึงใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก

ภาพที่ 2.9 แสดงการผลิตพืชเกษตรอินทรีย์
ที่มา : การทำเกษตรประยุกต์ อช03074 : หน้า 22

1.2 การคลุมดิน ทำได้โดยใช้เศษพืชต่างๆ จากไร่–นา เช่น ฟาง หญ้าแห้ง ต้นถั่ว ใบไม้ ขุยมะพร้าว เศษเหลือทิ้งจากไร่นา หรือ กระดาษหนังสือพิมพ์ พลาสติกคลุมดิน หรือการปลูกพืชคลุมดิน การคลุมดินมีประโยชน์หลายประการ คือ ช่วยป้องกันการชะล้างของหน้าดิน และรักษาความชุ่มชื้นของดินเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำช่วยทำให้หน้าดินอ่อนนุ่มสะดวกต่อการไชชอนของรากพืช ซึ่งประโยชน์ต่างๆ ของการคลุมดินดังกล่าวมานี้จะช่วยส่งเสริมให้พืชเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตดี

1.3 การปลูกพืชหมุนเวียน เนื่องจากพืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณอีกทั้งระบบรากยังมีความแตกต่างกันทั้งในด้านการแผ่กว้างและหยั่งลึก ถ้ามีการจัดระบบการปลูกพืชอย่างเหมาะสมจะทำให้การใช้ธาตุอาหารมีทั้งที่ถูกใช้และสะสมสลับกันไปทำให้ดินไม่ขาดธาตุอาหารธาตุใดธาตุหนึ่ง ดินดีปลูกอะไรก็งอกงาม ต้านทานโรคแมลงและให้ผลผลิตดี มีคุณภาพ

2) ปลูกพืชหลายชนิด การปลูกพืชหลายชนิดเป็นการจัดสภาพแวดล้อมในไร่–นา ซึ่งจะช่วยลดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชได้ เนื่องจากการปลูกพืชหลายชนิดจะทำให้มีความหลากหลายทางชีวภาพ มีแหล่งอาหารที่หลากหลายของแมลงจึงมีแมลงหลากหลายชนิดมาอาศัยอยู่ร่วมกัน ในจำนวนแมลงเหล่านี้จะมีทั้งแมลงที่เป็นศัตรูพืชและแมลงที่เป็นศัตรูธรรมชาติที่จะช่วยควบคุมแมลงศัตรูพืชให้คล้ายคลึงกับธรรมชาติในป่าที่อุดมสมบูรณ์นั่นเอง

2.1 การปลูกพืชหมุนเวียน เป็นการไม่ปลูกพืชชนิดเดียวกันหรือตระกูลเดียวกันติดต่อกันบนพื้นที่เดียวกัน การปลูกพืชหมุนเวียนจะช่วยหลีกเลี่ยงการระบาดของโรคและแมลงและช่วยประโยชน์ในทางด้านการปรับปรุงดิน

2.2 การปลูกพืชแซม การเลือกพืชมาปลูกร่วมกันหรือแซมกันนั้นพืชที่เลือกมานั้นต้องเกื้อกูลกัน เช่น ช่วยป้องกันแมลงศัตรูพืชช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้อีกชนิดหนึ่ง ช่วยคลุมดิน ช่วยเพิ่มรายได้ก่อนเก็บเกี่ยวพืชหลัก เป็นต้น

3) อนุรักษ์แมลงที่มีประโยชน์ ซึ่งสามารถทำได้โดย

3.1 การที่ไม่ใช้สารเคมี เนื่องจากสารเคมีทำลายทั้งแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์ด้วย

3.2 ปลูกดอกไม้สีสด ๆ เช่น บานชื่น ทานตะวัน บานไม่รู้โรย ดาวเรือง ดาวกระจาย เป็นต้น โดยปลูกไว้ รอบแปลง หรือปลูกแซมลงในแปลงเพาะปลูก สีของดอกไม้จะดึงดูดแมลงนานาชาติและในจำนวนนั้นก็มีแมลงศัตรูธรรมชาติด้วย จึงเป็นการเพิ่มจำนวนแมลงศัตรูธรรมชาติในแปลงเพาะปลูกซึ่งจะช่วยควบคุมแมลงศัตรูพืชให้แก่เกษตรกร

การปรับปรุงบำรุงดินให้มีความสมบูรณ์ทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) ใช้ปุ๋ยคอก คือ การใช้มูลสัตว์ต่างๆซึ่งมูลสัตว์มักจะสูญเสียธาตุอาหารไปได้ง่าย จึงควรใช้เศษ ซากพืชเช่น ฟาง แกลบฯ รองพื้นคอกสัตว์ เพื่อดูดซับธาตุอาหารจากมูลสัตว์ไว้ด้วย

2) ใช้ปุ๋ยหมัก คือ การนำเอาเศษซากพืชที่เหลือจากการเพาะปลูก เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด ต้นถั่วต่างๆผักตบชวา และของเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมตลอดจนขยะมูลฝอย มาหมักจนเน่าเปื่อยแล้วนำไปใช้ในไร่นาหรือสวน

3) ใช้ปุ๋ยพืชสด คือ การไถกลบส่วนต่างๆของพืชที่ยังสดอยู่ลงในดิน เพื่อให้เน่าเปื่อยเป็นปุ๋ย ส่วนใหญ่จะใช้พืชตระกูลถั่ว เพราะให้ธาตุไนโตรเจนสูง และย่อยสลายง่าย โดยเฉพาะในระยะออกดอก อาจปลูกแล้วไถกลบในช่วงที่ออกดอกหรือปลูกแล้วตัดส่วนเหนือดินไปไถกลบ พืชที่นิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสด ได้แก่ โสนอัฟริกัน โสนอินเดียปอเทือง ถั่วเขียว ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ กระถินยักษ์ และแหนแดง เป็นต้น

4) ปลูกพืชคลุมดิน นิยมใช้พืชตระกูลถั่วที่มีคุณสมบัติคลุมดินได้หนาแน่นเพื่อกันวัชพืช ลดการชะล้างเก็บความชื้นไว้ในดินได้ดี และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ได้แก่ ถั่วลาย ถั่วคุดซู ถั่วคาโลโปโกเนียม เป็นต้น

5) ใช้วัสดุคลุมดิน นิยมใช้เศษพืชเป็นวัสดุคลุมดินเพื่อรักษาความชื้นในดิน ป้องกันการอัดแน่น ของดินเนื่องจากเม็ดฝน ป้องกันวัชพืชขึ้น และเมื่อเศษพืชเหล่านี้สลายตัว ก็จะกลายเป็นปุ๋ยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

6) ใช้เศษเหลือของพืชหรือสัตว์ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ส่วนของต้นพืช เศษพืชที่เหลือ เช่น ต้นและเปลือกถั่วลิสง แกลบ ตอซัง หรือวัสดุอื่นๆ ถ้าไม่มีการใช้ประโยชน์ควรไถกลบ

กลับคืนลงไปในดิน ส่วนเศษเหลือของสัตว์ เช่น เลือดและเศษซากสัตว์จากโรงงานฆ่าสัตว์ ก็สามารถใช้เป็นปุ๋ยเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุได้

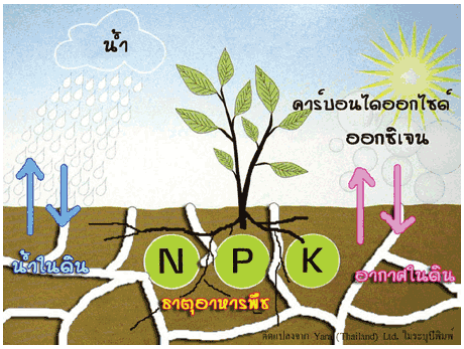
7) ปลูกพืชหมุนเวียน โดยปลูกพืชหลายชนิดหมุนเวียนในพื้นที่เดียวกัน ควรมีพืชตระกูลถั่ว ซึ่งมีคุณสมบัติบำรุงดินร่วมอยู่ด้วยเพื่อให้การใช้ธาตุอาหารจากดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพลดการระบาด ของศัตรูพืชตลอดจนช่วยให้ชั้นดินมีเวลาพักตัวในกรณีพืชที่ปลูกมีระบบรากลึกแตกต่างกัน

การปรับปรุงบำรุงดิน ควรใช้หลาย ๆ วิธีดังกล่าวข้างต้นร่วมกัน เพราะการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ หากใช้เพียงชนิดเดียวทำให้ต้องใช้ปริมาณที่มาก จึงควรพิจารณาปริมาณการใช้ตามกำลังความสามารถที่มี แต่ถ้าใช้การปรับปรุงบำรุงดินหลายวิธีร่วมกัน ปริมาณที่ใช้ในแต่ละชนิดก็ลดลง จะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้มากและควรมีการปฏิบัติบำรุงดินอย่างต่อเนื่องทุกปี เพื่อรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงอยู่เสมอ เพื่อประโยชน์ต่อการผลิตพืชผลทางการเกษตรในระยะยาวต่อไป

2.4.3 ความต้องการธาตุอาหารพืชกับเกษตรอินทรีย์

การผลิตอาหารพืชให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพที่ต้องการ จะต้องประกอบด้วยปัจจัยการผลิตหลายประการธาตุอาหารพืชหรือปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง วัสดุที่ให้อาหารพืชได้มาจากหลายๆทาง เช่น จากวัสดุธรรมชาติ(หินฟอสเฟต ปูนโดโลไมท์ แร่ยิบซั่ม ฯลฯ) จากมูลสัตว์ต่างๆ ที่เรียกกันว่าปุ๋ยคอก จากการปลูกพืชต้นฤดูแล้วไถหรือสับกลบเป็นปุ๋ยพืชสดซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชตระกูลถั่ว จากวัสดุที่เหลือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผงชูรสจากซากพืชต่างๆ เช่น การใช้ต้น/ใบมันสำปะหลังสับกลบลงดินหลังการเก็บเกี่ยวจากปุ๋ยชีวภาพหรือการใช้วัสดุที่มีจุลินทรีย์ประสิทธิภาพสูง จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ที่มีขายตามตลาดทั่วไป การให้ธาตุอาหารพืชเพื่อยกระดับผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพที่ต้องการ ประการแรกต้องทราบว่าดินนั้นขาดธาตุอาหารพืช หรือมีธาตุอาหารไม่พอเพียงต่อการให้ผลผลิตสูง ดังนั้นการใช้ธาตุอาหารพืชในรูปปุ๋ยหรือวัสดุใดๆ ที่คิดว่าพอเพียงและให้ประโยชน์สูงสุดต่อพืชตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ นั่นคือจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะหรือสภาวะของความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและความสะดวกในการใช้ตลอดจนผลตอบแทนที่ได้รับ

2.4.3.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช พืชมีความต้องการธาตุอาหารต่างๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชจะมีอยู่ด้วยกัน 16 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม เหล็กแมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน โดยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน พืชได้จากน้ำและอากาศ ส่วนที่เหลืออีก 13 ธาตุ แบ่งออกเป็นธาตุหลัก 6 ธาตุ และธาตุอาหารเสริม 7 ธาตุ ดังนี้ธาตุหลัก 6 ธาตุ ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และพืชต้องการในปริมาณที่มากจากดินคือไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียมธาตุอาหารเสริม 7 ธาตุ ที่พืชใช้ในปริมาณที่น้อย แต่พืชจะขาดธาตุเหล่านี้ไม่ได้เช่นกัน คือ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีนปกติแล้วธาตุอาหารเหล่านี้จะมีอยู่ในดินอยู่แล้ว แต่ในปริมาณที่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชดังนั้นเราจึงต้องมีการเสริมธาตุในดินทดแทนสิ่งมีชีวิตทั้งหลายต้องอาศัยดินในการยังชีพและเจริญเติบโต สำหรับมนุษย์แล้วดินเป็นแหล่งที่มาของปัจจัยสี่เพื่อการดำรงชีพ เพราะเราได้อาศัยดินสำหรับปลูกพืชที่เป็นอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค



ภาพที่ 2.10 แสดงธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช
ที่มา : การทำเกษตรประยุกต์ อช03074 : หน้า 28

หน้าที่และความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชและการเกษตรกรรม สามารถที่จะทำการสรุปข้อมูลประกอบเบื้องต้นได้ ดังนี้

1) ดินทำหน้าที่เป็นที่ให้รากพืชได้เกาะยึดเหนี่ยวเพื่อให้ลำต้นของพืชยืนต้นได้อย่างมั่นคงแข็งแรง ขณะที่พืชเจริญเติบโตรากของพืชจะเติบโตชอนไชหยั่งลึกแพร่กระจายลงไปในดินอย่างกว้างขวางทั้งแนวลึกและแนวราบดินที่ร่วนซุยและมีชั้นดินลึก รากพืชจะเจริญเติบโตแข็งแรง สามารถเกาะยึดดิน ต้านทานต่อลมพายุไม่ทำให้ต้นพืชล้มหรือถอนโคนได้

2) ดินเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้เนื่องจากธาตุอาหารพืชจะถูกปลดปล่อยออกจากอินทรีย์วัตถุ และแร่ต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของดิน ให้อยู่ในรูปที่รากพืชสามารถดึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย

2.4.3.2 ความต้องการน้ำของพืช โดยปกตินำ้เข้าสู่พืชโดยทางราก ในบางโอกาสเท่านั้นที่พืชอาจได้น้ำทางใบ น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์ พืช ในส่วนต่างๆ ของพืชจะมีน้ำโดยประมาณดังนี้ คือ ใบ 35–95% ราก 60–90% เนื้อของผล 70–90 %เนื้อไม้ 38–65% และเมล็ดแห้ง 10-20%

2.4.3.3 การดูดน้ำของพืช การดูดน้ำของพืชส่วนใหญ่จะผ่านทางขนราก กล่าวคือเมื่อพืชสูญเสียน้ำไปโดยการคายไอน้ำจากใบ จะทำให้เกิดความต่างศักย์น้ำขึ้น เป็นเหตุให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในดินเข้าไปภายในเซลล์ของรากได้

2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

1) สภาพแวดล้อมรอบๆ ต้นพืช ซึ่งได้แก่ ความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศและความเร็วลม เป็นต้น

2) พืช ซึ่งได้แก่ ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน สำหรับพืชชนิดเดียวกันการใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ ซึ่งพืชโตเต็มที่ จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง

3) ดิน ซึ่งได้แก่ ความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ ความเข้มข้นของเกลือในดินหรือสารเป็นพิษอื่นๆ ในดิน เป็นต้น

4) องค์ประกอบอื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำ การไถดินพรวนดิน เป็นต้น

2.4.4.1 ความต้องการแสงแดด แสง มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช กล่าวคือพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกับน้ำเป็นตัวตั้งต้น เมื่อมีแสงเป็นตัวช่วยเร่ง

ปฏิกิริยา คลอโรฟิลล์ในพืชจะทำหน้าที่เปลี่ยนสารตั้งต้นนี้เป็นพลังงานในรูปน้ำตาลและได้ออกซิเจนเป็นผลพลอยได้ การสังเคราะห์แสง คือ กระบวนการซึ่งพืชสังเคราะห์สารอินทรีย์จากสารประกอบอนินทรีย์ โดยมีแสงปรากฏอยู่ด้วย สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและรักษาสภาพเดิมให้คงอยู่ สาหร่าย พืชชั้นสูง และแบคทีเรียบางชนิดสามารถรับพลังงานโดยตรงจากแสงอาทิตย์และใช้พลังงานนี้ในการสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ แต่สัตว์ไม่สามารถรับพลังงานโดยตรงจากแสงอาทิตย์ต้องรับพลังงานโดยการบริโภคพืชและสัตว์อื่น ดังนั้นแหล่งของพลังงานทางเมตาบอลิสม์ในโลกคือ ดวงอาทิตย์และกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงจำเป็นสำหรับชีวิตบนโลก ประโยชน์ของการสังเคราะห์แสง

1) เป็นกระบวนการสร้างอาหารเพื่อการดำรงชีวิตของพืช

2) เป็นกระบวนการซึ่งสร้างสารประกอบชนิดอื่น ซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ในการเจริญเติบโต ถือเป็นสารอาหารที่ใช้และมีความจำเป็นในต้นพืชที่เพาะปลูก

3) เป็นกระบวนการซึ่งให้ก๊าซออกซิเจนแก่บรรยากาศ

4) ลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในสภาวะสมดุล

2.5 ธรรมชาติของดิน

2.5.1 ความหมายของดิน

ดินในทางด้านการเกษตร หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากแร่ธาตุต่างๆ และอินทรียวัตถุที่สลายตัวหรือเน่าเปื่อยผุพังเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยผสมกัน และรวมตัวกันเป็นชั้นๆห่อหุ้มผิวโลก เมื่อมีน้ำและอากาศผสมอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว วัตถุที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะช่วยทำให้พืชเจริญเติบโตและยังชีพได้ ส่วนประกอบของดิน ดินที่ดีสำหรับการปลูกพืชควรประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ

1) อนินทรีย์วัตถุ คือส่วนประกอบของแร่ธาตุต่างๆ 45 เปอร์เซ็นต์

2) อินทรีย์วัตถุ คือ ส่วนประกอบจากการเน่าเปื่อยของซากพืชและสัตว์ ประกอบอยู่ในดิน 5 เปอร์เซ็นต์

3) น้ำ คือส่วนประกอบที่อยู่ช่องว่างในดิน 25 เปอร์เซ็นต์

4) อากาศ คือส่วนประกอบที่อยู่ช่องว่างในดิน ก๊าซต่างๆ 25 เปอร์เซ็นต์

2.5.2 ประเภทของดิน

การจำแนกประเภทของดิน พิจารณาจากสัดส่วนของเม็ดดินที่ละเอียดหรือหยาบสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

1) ดินเหนียว เป็นดินที่ประกอบด้วยเม็ดดินละเอียดจำนวนมาก มีช่องว่างในดินน้อย น้ำและอากาศซึมผ่านได้ยาก เมื่อได้รับความชื้นจะจับกันเหนียวมาก เหมาะสำหรับพืชที่ชอบน้ำขัง เช่น ข้าว

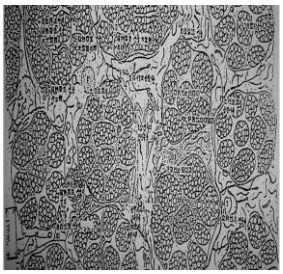
2) ดินร่วน ประกอบด้วยเม็ดดินขนาดเล็กและขนาดใหญ่พอๆกัน จึงทำให้มีช่องว่างในดินพอสมควรน้ำซึมผ่านได้ช้าๆ ไม่ทำให้น้ำขัง เหมาะสำหรับปลูกพืชโดยทั่วไป

3) ดินทราย เป็นดินที่ประกอบด้วยเม็ดดินขนาดใหญ่จำนวนมาก มีช่องว่างในดินมาก ถ่ายเทอากาศดีแต่อุ้มน้ำน้อยหรือไม่อุ้มน้ำเลย เป็นดินที่มีความสมบูรณ์ต่ำ

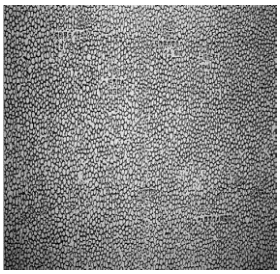
2.5.2.1 ประเภทของดินแบ่งตามสมบัติ (ดินดี–ดินไม่ดี) ดินดี ในทางการเกษตร หมายถึง ดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช ปริมาณอนินทรย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุ น้ำ และอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม สามารถปลูกพืชได้โดยใช้วิธีการจัดการดูแลตามปกติธรรมดาที่ไม่ยุ่งยาก มักจะมีหน้าดินสีดำหนา มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืช มีปฏิกิริยาดินใกล้เป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5-7.0 และไม่มีชั้นที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของรากพืช

ภาพที่ 2.11 แสดงการปรับปรุงดินโดยใช้สารอินทรีย์
ที่มา : การทำเกษตรประยุกต์ อช03074 : หน้า 30

ดินไม่ดี หรือ ดินเลว คือ ดินที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูก ส่งผลให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามปกติได้ถ้าหากว่าจำเป็นต้องใช้ดินเหล่านี้ในการเพาะปลูกพืช ก็ต้องมีการจัดการแก้ไขให้เหมาะสมเสียก่อน ดังภาพการเปรียบเทียบโครงสร้างของดินที่ทำเกษตรอินทรีย์กับเกษตรเคมี



ตัวอย่างดินที่ทำเกษตรอินทรีย์



ตัวอย่างดินที่ทำเกษตรเคมี

ภาพที่ 2.12 การเปรียบเทียบโครงสร้างของดินที่ทำเกษตรอินทรีย์กับเกษตรเคมี
ที่มา : สำนักกิจการในพระดำริ พระเจ้าหลานเธอ พระองค์เจ้าพัชรกิติยาภา มิถุนายน 2558 : หน้า 9

2.6 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.6.1 ทรัพยากรธรรมชาติ

ทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ ป่าไม้ ดิน น้ำ อากาศ เป็นต้น ทรัพยากรธรรมชาติมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้น

มนุษย์จึงควรมีส่วนร่วมในการดูแลและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาตินักอนุรักษ์วิทยาได้แบ่งชนิดของทรัพยากรธรรมชาติตามลักษณะและการใช้ประโยชน์ในกรณีที่มนุษย์นำไปใช้ออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ

2.6.1.1 ทรัพยากรธรรมชาติที่หมุนเวียนได้ หรือใช้ไม่รู้จักหมด เป็นทรัพยากรที่ก่อกำเนิดมาพร้อมๆ กับมนุษย์และเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์หากขาดทรัพยากรดังกล่าวแล้วมนุษย์จะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ได้แก่อากาศ น้ำ แสงอาทิตย์ ถ้าหากมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดทำให้ทรัพยากรเหล่านี้ขาดหายไปหรือมีสิ่งเจือปนที่เป็นพิษ เป็นสิ่งแรกที่จะทำให้มนุษย์มีชีวิตอยู่ไม่ได้หรืออยู่ได้แต่ก็ไม่ดี

2.6.1.2 ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วสามารถทดแทนได้ ได้แก่ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วสามารถเกิดขึ้นทดแทนได้ทั้งในเวลาสั้นหรือระยะเวลายาวแต่เป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการมีชีวิตของมนุษย์ เป็นทรัพยากรที่เกี่ยวข้องต่อมนุษย์ เช่น พืช ป่าไม้ สัตว์ ดิน และน้ำ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่สามารถใช้เป็นปัจจัยสี่ ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมถ้าขาดทรัพยากรพวกนี้แล้วมนุษย์ก็อาจจะมีชีวิตอยู่ไม่ได้ หรือถ้าส่วนหนึ่งส่วนใดขาดหายหรือไม่สมบูรณ์แล้ว ก็อาจมีผลกระทบต่อการมีชีวิตอยู่ของมนุษย์ไม่ทางตรงก็ทางอ้อม

2.6.1.3 ทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มนุษย์ใช้แล้วจะหมดไปจากโลกนี้ เมื่อหมดไปแล้ว ไม่สามารถเกิดขึ้นมาทดแทนได้ บางชนิดอาจเกิดทดแทนได้แต่ต้องใช้เวลาเป็นล้านๆปี เช่น น้ำมันปิโตรเลียมก๊าซธรรมชาติ แร่ เป็นต้น

2.6.2 สิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งที่อยู่รอบตัวเรา มีทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต บางชนิดมีอยู่ตามธรรมชาติ บางชนิดมนุษย์สร้างขึ้นสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทั้งพืชและสัตว์ เช่น สัตว์กินพืชเป็นอาหาร พืชใช้ดินเป็นที่ยึดเกาะรากและได้รับธาตุอาหารจากดิน เป็นต้น มนุษย์มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เช่น ใช้พืชเป็นอาหาร สร้างที่อยู่อาศัย ได้รับอากาศบริสุทธิ์จากพืชใช้สัตว์เป็นอาหารและเป็นสัตว์เลี้ยงไว้ดูเล่น และใช้งาน เป็นต้น สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ที่เป็นหลักสำหรับสิ่งแวดล้อม คือ

1) สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ได้แก่ อากาศ แม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ มหาสมุทร พื้นดิน แร่ธาตุ ภูเขา ป่าไม้ และสัตว์ต่างๆ เป็นต้น

2) สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ บ้านเรือน โรงเรียน ถนน รถยนต์ เขื่อนเก็บน้ำ ตลอดจนขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรม ระบบเศรษฐกิจและสังคม

มนุษย์ต้องพึ่งพาอาศัยสิ่งแวดล้อมเพื่อการดำรงชีวิต มนุษย์ต้องการอากาศเพื่อหายใจต้องการน้ำไว้ใช้ในการอุปโภคบริโภค ต้องการอาหาร ต้องการที่อยู่อาศัย มนุษย์จึงเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อมด้วยปัญหาสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ดังนั้นในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจึงเป็นหน้าที่ของทุกคนที่จะต้องรับผิดชอบ ช่วยกันป้องกันปัญหาต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในระบบของสิ่งแวดล้อมที่ล้อมรอบมนุษย์ ดังนี้

1) ช่วยกันปลูกต้นไม้และบำรุงรักษาต้นไม้ไว้ให้มากๆ เพราะว่าต้นไม้ช่วยดูดก๊าซพิษในอากาศ ทำให้อากาศบริสุทธิ์

2) ช่วยกันรักษาความสะอาดของแหล่งน้ำต่างๆ ไม่มักง่าย ทิ้งขยะลงในแม่น้ำลำคลอง โรงงานอุตสาหกรรมไม่ปล่อยน้ำเสียลงแม่น้ำลำคลอง

3) ช่วยกันปลูกพืชคลุมดิน เช่น ต้นไม้ หญ้า เป็นต้น เพื่อรักษาดินให้อุดมสมบูรณ์และใส่ปุ๋ยให้ถูกวิธี

4) ช่วยกันปฏิบัติตามกฎจราจร และใช้รถบริการประจำทางเพื่อลดจำนวนรถยนต์และความเป็นระเบียบปลอดภัยบนท้องถนน

5) ช่วยกันปลูกพืชสมุนไพร เพื่อเพิ่มคุณค่าแก่สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

6) ช่วยกันรักษาพืชประจำท้องถิ่น รณรงค์ปลูกข้าว ปลูกผักปลอดสารพิษเพื่อใช้บริโภคในชีวิตประจำวัน

7) ช่วยกันทำปุ๋ยชีวภาพใช้ เพื่ออนุรักษ์รักษาหน้าดิน โดยการนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาทำเป็นปุ๋ย

2.7 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 แนวคิดการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเป็นที่สนใจมากขึ้นในสังคม ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกแก่มนุษย์มากขึ้น แต่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เราสามารถช่วยออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ได้ ตั้งแต่การจัดหาทรัพยากรจนถึงการกำจัดทิ้ง ทั้งนี้ผู้บริโภคสนใจผลิตภัณฑ์และบริการที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ความตระหนักถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มาตรการและกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมต่อการผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทำให้เกิดแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่า การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design หรือ EcoDesign) ขึ้นเป็นเครื่องมือสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตที่เป็นกระบวนการที่ประยุกต์แนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2557)

การวิเคราะห์ศักยภาพทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การจัดการซากที่หมดอายุ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ควบคู่กับการวิเคราะห์ปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ต้นทุน กระบวนการผลิต การควบคุมคุณภาพ การศึกษาคู่แข่ง และการตลาด เป็นต้น นักวิชาการด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์มีความเห็นสอดคล้องกันว่า แม้ต้นทุนของการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางตรงจะมีเพียง 5-13% ของต้นทุนผลิตภัณฑ์รวม แต่ผลจากการออกแบบผลิตภัณฑ์จะกำหนดโครงสร้างต้นทุนถึงร้อยละ 60-80 ฉะนั้นการจัดการเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ควรเริ่มตั้งแต่กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ (เครือข่ายการออกแบบเชิงนิเวศน์เศรษฐกิจไทย, 2550)

2.7.1.1 หลักการพื้นฐานของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EcoDesign) หลักการพื้นฐานของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นการประยุกต์หลักการของ 4R ตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ช่วงการวางแผนผลิตภัณฑ์ (Planning Phase) ช่วงการออกแบบ (Design phase) ช่วงการผลิต (Manufacturing phase) ช่วงการนำไปใช้ (Usage phase) และช่วงการทำลายหลังการใช้เสร็จ (Disposal phase) สาหรับหลักการของ 4R ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse)

การนากลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการซ่อมบารุง (Repair) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1) การลด (Reduce) หมายถึง การลดการใช้ทรัพยากรในช่วงต่างๆ ของวงจรชีวิตเกิดได้ทุกช่วงของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยช่วงการออกแบบจะพบมากที่สุด ช่วงการผลิตและการนำไปใช้ เช่น การลดการใช้ทรัพยากรในการออกแบบ การออกแบบเพื่อลดอัตราการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต การออกแบบเพื่อลดอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และการออกแบบเพื่อลดอัตราการใช้พลังงานในระหว่างการใช้งาน เป็นต้น

2) การใช้ซ้ำ (Reuse) หมายถึงการนำผลิตภัณฑ์หรือ ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ผ่านช่วงการนาไปใช้เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะเข้าสู่ช่วงของการทำลาย กลับมาใช้ใหม่ ทั้งที่เป็นการใช้ใหม่ในผลิตภัณฑ์เดิม หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ตาม ได้แก่ การออกแบบเพื่อการนากลับมาใช้ซ้ำ (Design for Reuse) เช่นการออกแบบให้ผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมีชิ้นส่วนบางชิ้นส่วนที่ใช้ร่วมกันได้ เมื่อรุ่นแรกหยุดการผลิตแล้วยังสามารถเก็บคืนและนำบางชิ้นส่วนมาใช้ในการผลิตรุ่นต่อไปได้ เป็นต้น

3) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) หมายถึงการนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ ที่อยู่ในช่วงของการทำลาย มาผ่านกระบวนการแล้ว นำกลับในใช้ใหม่ตั้งแต่ช่วงของการวางแผน การออกแบบ หรือ แม้แต่ช่วงของการผลิต ได้แก่ การออกแบบให้ถอดประกอบได้ง่าย (Design for Disassembly) การออกแบบเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ (Design for Recycle) เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบพลาสติกหรือ กระดาษที่ง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

4) การซ่อมบำรุง (Repair) หมายถึงการออกแบบให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง โดยแนวคิดที่ว่า หากผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมบำรุงได้ง่ายจะเป็นการยืดอายุช่วงชีวิตของการใช้งาน (Extended Usage Life) ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ การซ่อมบำรุงเกิดภายในช่วงชีวิตของการใช้งานเท่านั้น แตกต่างจากการใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นการนำชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่เสร็จจากช่วงการใช้งานแล้วมาใช้อีกครั้ง การซ่อมบำรุงนี้ได้แก่ การออกแบบให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง (Design for serviceability/Design for maintainability) เช่น การออกแบบให้เปลี่ยนอะไหล่ได้ง่าย เป็นต้น

การนำหลักการออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาประยุกต์ใช้จะต้องคำนึงถึงกลไกเชิงกลยุทธ์ (Eco-Design Strategy) การประชุมสุดยอด Earth Summit ปี 2535 ได้มีการกล่าวถึงหลักการประสิทธิภาพเชิงนิเวศน์ (Eco-efficiency) โดยสภาธุรกิจโลกเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) ที่มีจุดมุ่งหมายให้องค์กรธุรกิจต่างๆ ดำเนินไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนใน 7 ด้านหลัก ได้แก่

1) ลดการใช้วัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Reduction of low-impact materials)
2) ลดปริมาณและชนิดของวัสดุที่ใช้ (Reduction of materials used)
3) ปรับปรุงกระบวนการผลิต (Optimization of production techniques)
4) ปรับปรุงระบบการขนส่งผลิตภัณฑ์ (Optimization of distribution system)
5) ปรับปรุงขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์ (Optimization of impact during use)
6) ปรับปรุงอายุผลิตภัณฑ์ (Optimization of initial lifetime)
7) ปรับปรุงขั้นตอนการทิ้งและทำลายผลิตภัณฑ์ (Optimization of end-of-life)

2.7.2 แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ การวิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ (Function ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ (User) ข้อมูลเกี่ยวกับการตลาด

(Market) นำมาออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass-Production) ที่มีความต้องการของตลาดในราคาที่เหมาะสม รวมทั้งต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านรูปลักษณ์ที่แสดงลักษณะเด่นที่มองเห็นได้จากภายนอก และคุณประโยชน์ที่เกิดจากการรับรู้ทางอารมณ์เป็นความรู้สึกต่างๆ ที่เกิดจากการใช้งานผลิตภัณฑ์ เช่น เกิดความสบายใจ เกิดความเร้าใจ เกิดความเชื่อมั่น เกิดความปลอดภัย เป็นต้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ของนักออกแบบมีทั้งที่ออกแบบสร้างขึ้นใหม่ให้แตกต่างจากของเดิมหรือปรับปรุงตกแต่งของเดิม โดยมีอิทธิพลจากรูปทรง 2 แหล่ง ดังนี้

1) รูปทรงจากธรรมชาติ (Natural Form) เนื่องจากธรรมชาติมีความสำคัญและอยู่รายล้อมมนุษย์ทั้งรูปทรงที่เป็นสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์ต่างๆ และรูปทรงที่ไม่มีชีวิต เช่น กรวด หิน ดิน ทรายหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น คลื่น ลม แสงแดด ฝนตก ฟ้าร้อง เป็นต้น โดยมนุษย์ได้รับแรงบันดาลใจจากสิ่งเหล่านี้ในแง่มุมที่แตกต่างกัน เช่น ความเป็นระเบียบและความสวยงาม (Beauty) ของดอกไม้ป่า ความลงตัวอย่างมีแบบแผน (Order) ในรูปหกเหลี่ยมของรังผึ้ง ความสุนทรีของลวดลาย (Pattern) ในดอกทานตะวัน เป็นต้น แล้วถ่ายทอดความคิดออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองคุณประโยชน์ทางการใช้สอยแก่มนุษย์ทั้งทางร่างกายและจิตใจ

2) รูปทรงที่มนุษย์สร้างขึ้น (Manmade Form) เกิดจากรูปทรงที่มนุษย์สร้างขึ้นมีอิทธิพลต่องานออกแบบผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความแตกต่างกันมักเป็นรูปทรงเรขาคณิต เช่น สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม ทรงกลม ทรงกระบอก ทรงกรวย เป็นต้น ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากลและเป็นที่รู้จักกันทั่วไป รูปทรงดังกล่าวแบ่งตามวิธีการผลิตได้ 2 ประเภท คือ ประเภทที่สร้างขึ้นด้วยมือหรือเครื่องมือพื้นฐาน (Hand Tools) มีลักษณะการใช้งานเฉพาะตามจุดประสงค์ของผู้ออกแบบ ผลิตได้จานวนน้อย รูปทรงมีลักษณะเฉพาะตัวไม่ซ้ำกัน มีการตกแต่งประดับประดาที่แสดงให้เห็นถึงความชำนาญทางทักษะของช่างฝีมือและประเภทที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องจักร (Machine tools) มีรูปทรงที่เหมือนกัน โดยผลิตออกมาเป็นจำนวนมากจากแม่พิมพ์เดียวกัน ใช้วัสดุอย่างเดียวกันมีทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสามารถใช้ประโยชน์โดยตรงและเป็นชิ้นส่วน

2.7.2.1 รูปแบบการออกแบบผลิตภัณฑ์

1) รูปแบบมาก่อนประโยชน์ใช้สอย (Function follows form) เป็นการออกแบบที่นิยมความงามของรูปทรงเป็นหลัก โดยยึดแนวคิดที่ว่าความงามต้องมาก่อนประโยชน์ใช้สอยเสมอและนำมาใช้อธิบายขั้นตอนในการปฏิบัติการเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เน้นความงามเป็นหลัก เพื่อยกระดับคุณค่าผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นนาไปสู่การเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

2) ประโยชน์ใช้สอยมาก่อนรูปแบบ (Form follows function) เป็นการออกแบบของหลุยส์ สุลิแวน (Louis Sulivan) ที่นิยมประโยชน์ใช้สอยเป็นหลัก (Functionalism) ภายใต้ปรัชญาที่ว่าประโยชน์ใช้สอยต้องมาก่อนความงามเสมอและถูกนำมาใช้อธิบายขั้นตอนในการปฏิบัติการเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตจำนวนมาก ให้ความสำคัญกับการออกแบบที่สอดคล้องกับการทางานของเครื่องจักร การประหยัดวัสดุ ความสะดวกในการใช้งาน การคงคลังและการขนส่ง เป็นต้น แนวคิดดังกล่าวตรงกันข้ามกับปรัชญาที่มองความงามของรูปทางมาก่อนเสมอ

แนวทางการออกแบบของสถาบันบาวเฮาส์ (Bauhaus) ประเทศเยอรมนี มีลักษณะสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว คือให้ความสำคัญด้านประโยชน์ใช้สอย วัสดุกรรมวิธีการผลิตโดย

เครื่องจักรทางอุตสาหกรรมและการใช้รูปทรงเรขาคณิตอันเรียบง่าย ปราศจากการตกแต่งประดับประดาเกินความจำเป็น ยังคงเป็นแบบอย่างของการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรมสมัยใหม่ แนวทางการออกแบบดังกล่าวประกอบด้วยลักษณะเด่น 2 ประการ ดังนี้

ก. รูปทรง สีสันและประโยชน์ใช้สอยเหมาะสมกับสภาพความเป็นไปของสังคม

ข. ราคาเหมาะสมกับกาลังซื้อของกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้ซื้อหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์

2.7.2.2 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ดี

1) ความแปลกใหม่ (Innovative) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ซ้ำซาก มีการนำเสนอความแปลกใหม่ในด้านต่างๆ เช่น ประโยชน์ใช้สอยที่ต่างจากเดิม รูปแบบใหม่ วัสดุใหม่หรืออื่นๆ ที่เหมาะสมกับสภาพความต้องการของผู้บริโภคในตลาดนั้น

2) มีที่มา (Story) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประวัติ มีที่มาหรือ เล่าเรื่องได้ไม่ว่าจะเป็นต้นกำเนิด ความคิดรวบยอดของการออกแบบให้ผู้บริโภคทราบถึงเรื่องราวเหล่านั้นได้ เช่น นาฬิกาของประเทศสวิตเซอร์แลนด์ กล่าวถึงต้นกำเนิดมาจากงานช่างฝีมือในหมู่บ้านที่เก่าแก่หมู่บ้านหนึ่งที่มีการสืบทอดกันต่อๆมาจนถึงปัจจุบัน เป็นต้น

3) ระยะเวลาเหมาะสม (Timing) การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดนั้นเหมาะสมตามฤดูกาล ตามความจำเป็นหรือเหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภคในช่วงเวลานั้นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เสื้อกันฝนหรือร่ม ก็ควรจะออกสู่ตลาดช่วงฤดูฝน ผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าชุดนักเรียนก็ควรออกสู่ตลาดช่วงฤดูกาลก่อนเปิดภาคเรียน เป็นต้น

4) ราคา (Price) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาขายเหมาะสมกับกำลังซื้อของผู้บริโภคในตลาดนั้น โดยอาศัยการศึกษาความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคให้ได้ข้อมูลก่อนทำการออกแบบและการผลิต

5) ข้อมูลข่าวสาร (Information) ข้อมูลข่าวสารของตัวผลิตภัณฑ์ควรจะสื่อให้ผู้บริโภคได้ทราบและเข้าใจอย่างถูกต้องในด้านประโยชน์และวิธีการใช้งาน เป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีผลิตภัณฑ์

6) เป็นที่ยอมรับ (Regional acceptance) ผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องมีความแข็งแรง คงทนต่อสภาพการใช้งานหรือมีอายุการใช้งานที่เหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์และราคาที่จำหน่าย

2.7.3 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การออกแบบทั่วๆ ไป โดยเฉพาะทางด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นักออกแบบต้องพิจารณาด้านต่างๆ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549: 11-14) ดังนี้

2.7.3.1 หน้าที่ใช้สอย (Function) การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทำหน้าที่ได้ตามวัตถุประสงค์จะต้องเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยและการใช้งาน เช่น โทรศัพท์มือถือจะต้องสะดวกพกและนาพาตลอดจนเสียงฟังชัดเชน เพราะหน้าที่ของโทรศัพท์คือการติดต่อสื่อสาร

2.7.3.2 ความปลอดภัย (Safety) ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องด้วย ความปลอดภัยทั้งการใช้งานและหลังการใช้งาน ไม่สร้างมลพิษให้กับสังคมโลก นักออกแบบต้องคำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดยรวม เพราะทุกวันนี้นักออกแบบบางครั้งเกิดความรู้ไม่ทันการกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี เพราะเกิดการแข็งขันสูง มองผลประโยชน์มากกว่าความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม

2.7.3.3 ความแข็งแรง ทนทาน (Durability) ต้องสนองต่อหน้าที่ได้เป็นเวลานานตามที่กำหนดไว้ในคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ คือ สิ่งที่สร้างต้องแข็งแรง ทนทาน ระบบกลไก ระบบไฟฟ้า วัสดุและอุปกรณ์ที่เลือกใช้ที่ดี

2.7.3.4 ความประหยัด (Economic) สามารถที่จะผลิตได้ในระบบการเศรษฐศาสตร์ หมายความว่า จะต้องใช้วัสดุอย่างประหยัดและเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงานโดยที่ราคาไม่แพงมันจะเป็นการสูญเปล่าที่จะนำสิ่งของให้มีความทนทานมากกว่าหน้าที่ของมัน ความต้อการของงานทางด้านการประหยัดนั้นต้องการวัสดุที่หาได้ง่าย ผลิตได้ง่ายและสามารถถอดประกอบเข้าด้วยกันได้

2.7.3.5 วัสดุ (Material) ต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงานมีความทนทานและประหยัด โลหะแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างกันไป มีความสวยงามในตัวมันเอง เช่น ทองแดง ทองเหลือง สแตนเลส และอลูมิเนียม ต่างก็มีพื้นผิวงามตามธรรมชาติ ก่อนนำโลหะมาใช้ ท่านจะต้องแน่ใจว่าวิธีการที่ยุงยาก วิธีนำไปใช้ การขึ้นรูป ทำให้โค้ง ทำรูปร่างและเชื่อม

2.7.3.6 โครงสร้าง (Construction) วิธีการทำโครงสร้างของเฟอร์นิเจอร์แต่ละชนิดควรทำให้เหมาะกับงาน มีความทนทาน ประหยัดและใช้วัสดุที่เหมาะสม และการออกแบบนี้เป็นอมตะที่เรารู้จักการเลือกใช้วิธีง่ายๆ ในการทำจะทำให้มีความเหมาะสมกว่าวิธีการยุ่งยาก และควรจะเป็นวิธีการที่เหมาะแก่วัสดุที่ใช้ด้วย

2.7.3.7 ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomic) หมายถึง ต้องคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมในการในใช้งาน ขนาดความสูง และการออกแบบนี้เป็นอมตะ

2.7.3.8 ความสวยงาม (Aesthetic) เมื่อมันมีรูปร่างขนาดเหมาะกับการใช้งานขนาดความสูง กว้าง ยาว และขีดจำกัดของประกอบการออกแบบ เช่น การหยิบใช้คล่อง

2.7.3.9 มีลักษณะเฉพาะ (Personality) อาจจะได้คะแนนสูงในเรื่องของคุณภาพแต่จริงๆ แล้วยังขาดในเรื่องลักษณะเฉพาะของมัน การมีลักษณะเฉพาะจะมีความรู้สึกกับนักออกแบบที่เขาได้ทำการออกแบบขึ้นมาด้วยตนเอง มีลักษณะเป็นอิสระเพื่อจะได้แสดงว่านักออกแบบได้วิเคราะห์ปัญหาอย่างจริงจัง ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของงาน ถ้าขาดคุณสมบัตินี้แล้ว

2.7.3.10 กรรมวิธีการผลิต (Production) เมื่อทำการออกแบบแล้ว สามารถจะทำการผลิตได้ง่าย การผลิตโครงการที่ท่านทำในโรงปฏิบัติงานโลหะแต่ละชิ้นส่วน ควรรวมเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

2.7.3.11 การซ่อมบำรุงรักษา (Easy of Maintenance) เมื่อนำไปใช้งานได้รับความเสียหาย ความสามารถแก้ไขและซ่อมแซมได้ง่าย ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหายค่าบำรุงรักษาและการสึกหรอต่ำ

2.7.3.12 การขนส่ง (Transportation) นักออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยค่าขนส่ง จะขนส่งสะดวก หรือไม่ใกล้ไม่ไกล ขนส่งทางบกทางน้ำหรือทางอากาศ ต้องบรรจุหีบห่ออย่างไรที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายของรถตู้บรรทุกสินค้ากว้างยาวสูงเท่าไร เป็นต้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรมที่ดีควรผสมผสานปัจจัยต่างๆ ทั้งรูปแบบประโยชน์ใช้สอย กายวิภาคเชิงกลและปัจจัยด้านอื่นให้เข้ากับวิถีการดาเนินชีวิต แนวโน้มที่จะเกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายได้อย่างกลมกลืนลงตัวมีความสวยงามโดดเด่น มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางการตลาดและความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านรูปลักษณ์และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ โดยพิจารณาที่การใช้งานด้าน ประโยชน์ใช้สอย ความแข็งแรงทนทาน การ

ซ่อมแซมบำรุงดูแลรักษา ราคา วัสดุและกรรมวิธีการผลิต ความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวเป็นหลัก อาจมีปัจจัยอื่นเพิ่มเติมในขั้นตอนการผลิต

2.7.4 การยศาสตร์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

การยศาสตร์ (Ergonomics) หมายถึงกฎหรือศาสตร์เกี่ยวกับพฤติกรรมการปฏิบัติงานการและสภาพของบุคคลในเชิงความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยนำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมพื้นที่การทำงานและปรับเปลี่ยนนิสัยของบุคคล เพื่อให้ทำงานอย่างเป็นระบบและสะดวกสบายเพิ่มประสิทธิภาพของงาน

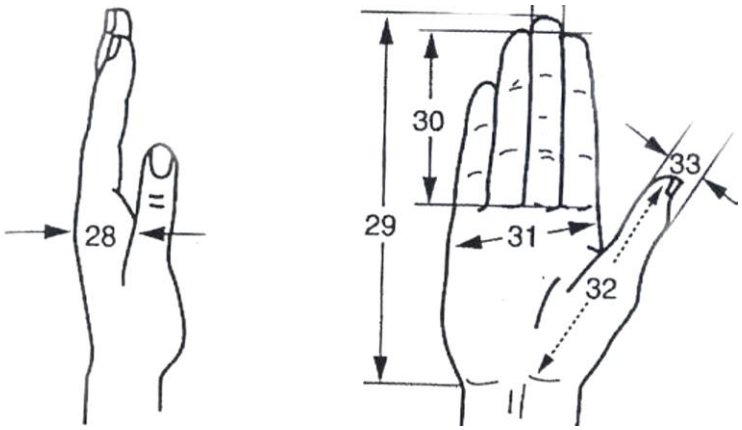
การออกแบบผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน เนื่องจากผลกระทบจากการใช้งานที่ไม่เหมาะสมทำให้ประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ลดลงหรือทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อผู้ใช้งานได้ ดังนั้นการศึกษาและพัฒนาเครื่องเครื่องผลิตดินเทียมส่วนอบแห้งสำหรับการเกษตรอินทรีย์ ได้อย่างเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ เพื่อปรับปรุงขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับสัดส่วนและพฤติกรรมการใช้งานของกลุ่มผู้ใช้งานให้มีความปลอดภัยและความเหมาะสมในการใช้งานตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ขนาดสัดส่วนของมือ การศึกษาสัดส่วนของมนุษย์มีความสำคัญต่อการออกแบบเนื่องจากขนาดสัดส่วนของมนุษย์สัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์โดยตรงทำให้กำหนดขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการออกแบบได้ ประกอบด้วย ขนาดของสัดส่วนในมิติต่างๆ (Critical Body Dimension) ขนาดสัดส่วนเฉพาะส่วน (Anthropometry of special regions of the body) (ศิริพรณ์ ปีเตอร์, 2550) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องศึกษาขนาดสัดส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการออกแบบ เนื่องจากการใช้งานถังหมักขยะอินทรีย์ในบ้านพักอาศัยต้องอาศัยการใช้มือ เช่น หยิบ จับ เท กวน เพื่อการเริ่มกระบวนการหมักวัสดุหมักผ่านอุปกรณ์โดยตรง ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเฉพาะส่วนมือของหญิงและชายไทยจากรายงานการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทยนำมาใช้ประกอบการออกแบบ

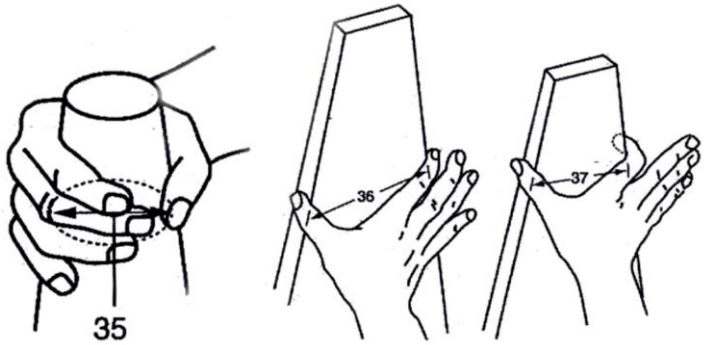
ตารางที่ 2.7 แสดงค่าเฉลี่ยสัดส่วนของมือเพศหญิงและชายไทยทั่วประเทศอายุ 40 – 49 ปี

สัดส่วน	หญิง (เซนติเมตร)	ชาย(เซนติเมตร)
ความยาวรอบฝ่ามือ	18.4	21.3
ความยาวนิ้วหัวแม้มือ	6.3	7.2
ความยาวนิ้วชี้	7.1	7.6
ความยาวนิ้วกลาง	8.0	8.5
ความยาวนิ้วนาง	7.3	7.9
ความยาวนิ้วก้อย	5.7	6.3
ระยะห่างปลายนิ้วหัวแม่มือ-กึ่งกลางโคนฝ่ามือ	13.1	14.7
ระยะห่างโคนนิ้วกลาง-กึ่งกลางโคนฝ่ามือ	10.2	11.1
ความยาวฝ่ามือ	17.9	19.5
ระยะห่างปลายนิ้วชี้- ง่ามนิ้วหัวแม่มือ	11.1	12.3
ความกว้างฝ่ามือ	7.3	8.4

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2544)



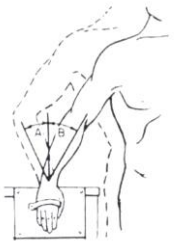
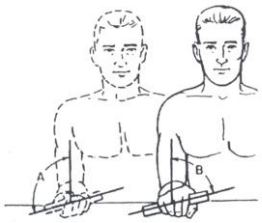
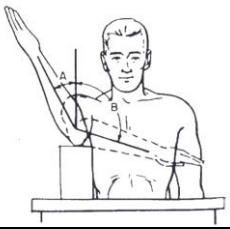
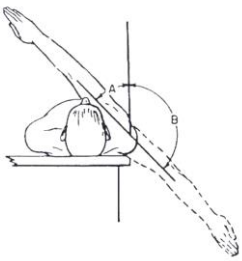
ภาพที่ 2.13 แสดงสัดส่วนขนาดมือและฝ่ามือ
ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2544)



ภาพที่ 2.14 ตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนของมือและนิ้วมือในมิติต่างๆ
ที่มา : Pheasant, 1988 อ้างถึงใน ศิริพรณ์ ปีเตอร์, 2550

2) ลักษณะการเคลื่อนไหวและขีดความสามารถในการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย ลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์มีลักษณะประกอบไปด้วย การงอพับส่วนต่างๆ ของร่างกาย (Flexion) การยืดส่วนต่างๆ (Extension) การขยายส่วนต่างๆ ของร่างกายมากกว่าระดับปรกติ (Hyperextension) การดึงส่วนต่างๆ ของร่างกายเข้าหากัน (Adduction) การดึงส่วนต่างๆ ของร่างกายออกจากกัน (Abduction) การคว่ำมือ (Pronation) การหงายมือ (Supination) (Wlsley woodson, 1987; Mark Sanders and Ernest McCormick,1993 อ้างถึงใน ศิริพรณ์ ปีเตอร์, 2550) โดยการเคลื่อนไหวของมนุษย์อายุตั้งแต่ 20-60 ปีจะมีขีดจำกัดในการเคลื่อนไหวต่างๆ ของร่างกายที่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และช่วงที่มีอายุ 45 ปีขึ้นไปจะเริ่มมีขีดความสามารถในการเคลื่อนไหวน้อยลง

ตารางที่ 2.8 แสดงการเคลื่อนไหวในลักษณะต่างๆ ของร่างกาย

การเคลื่อนไหวร่างกาย	การเคลื่อนไหวร่างกาย
การเคลื่อนไหวแขนในลักษณะยืดและงอแขน A = 40 องศา B = 30 องศา	
การเคลื่อนไหวแขนในลักษณะคว่ำและหงายมือ A = 135 องศา B = 87 องศา	
การพับงอข้อศอก 150 องศา	
การพับงอข้อศอกเข้าหาลำตัวและหงายข้อศอก A = 46 องศา B = 114 องศา	
การพับงอหัวไหวเข้าหาลำตัวและยืดหัวไหล่ออกจากลำตัว A = 63 องศา B = 140 องศา	

ที่มา : Wlsley woodson, 1987 อ้างถึงใน ศิริพรณ์ ปีเตอร์, 2550

ผู้วิจัยศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายและขีดจำกัดในส่วนต่างๆ ที่มีเกี่ยวข้องกับ การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่เคลื่อนมีการใช้ร่างกาย ได้แก่ การหยิบ เท ลุก ยืน ก้ม ดึง เป็นต้น ทำให้ต้องศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องกับความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ผู้วิจัยประยุกต์สู่การศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรสภาพขยะเปียก เพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ ให้มีความปลอดภัยในการใช้งาน คำนึงถึงขั้นการใช้งานและการเคลื่อนย้ายที่สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของร่างกายผู้ใช้งาน เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่สอดคล้องกับขีดความสามารถของร่างกายได้และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น

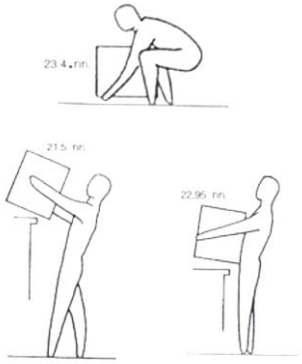
3) ความสามารถในการรับน้ำหนัก เนื่องจากมนุษย์มีความแตกต่างกันทางด้านอายุ เพศ และโครงสร้างทางร่างกาย รวมทั้งสภาพร่างกาย เช่น ความหิว ความเหนื่อย ความเจ็บป่วย ส่งผลให้มนุษย์มีสภาพร่างกายที่ไม่พร้อมส่งผลต่อการรับน้ำหนักที่แตกต่างกันออกไป โดยมนุษย์ในช่วงอายุ 14 – 50 ปีขึ้นไปมีความสามารถในการยกหรือถือของหนักแตกต่างกัน ส่วนใหญ่ยกน้ำหนักของสิ่งของด้วยการหิ้วด้วยมือ ประมาณ 27 กิโลกรัมในระยะสั้นๆ และประมาณ 14 กิโลกรัมในระยะทางไกลๆ ส่วนการยกน้ำหนักที่เป็นมวลรวมไม่ควรเกิน 13 กิโลกรัม โดยมนุษย์ส่วนใหญ่ไม่ควรยกน้ำหนักเกินร้อยละ 35 ของน้ำหนักของตนเอง (Wesley Woodson, 1993 อ้างถึงใน ศิริพรณ์ ปีเตอร์, 2550)

ตารางที่ 2.9 แสดงค่าตัวเลขน้ำหนักที่เหมาะสมในการยกน้ำหนักของเพศหญิงและชาย

อายุ (ปี)	เพศชาย (กิโลกรัม)	เพศหญิง (กิโลกรัม)
14-16	14.85	9.90
16-18	18.90	11.70
18-20	22.95	13.95
20-35	25.75	14.85
35-50	20.70	13.05
50 ปีขึ้นไป	15.75	9.90

ที่มา : The Swiss Accident Insurance Institute อ้างใน Woodson, 1993 (ดัดแปลง)

ภาพที่ 2.15 การยกน้ำหนักของวัตถุลักษณะต่างๆ (1)
ที่มา : Wesley Woodson, 1993 อ้างถึงใน ศิริพรณ์ ปีเตอร์, 2550



ภาพที่ 2.16 การยกน้ำหนักของวัตถุลักษณะต่างๆ (2)
ที่มา : Wesley Woodson, 1993 อ้างถึงใน ศิริพรณ์ ปีเตอร์, 2550

2.8 ไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์

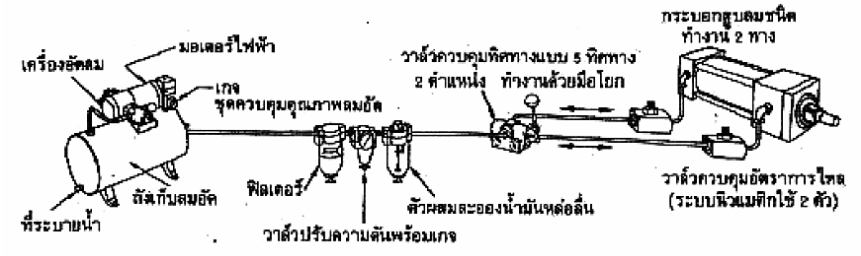
ในปัจจุบันนี้กำลังของไหลก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันมาก และคงต้องใช้ต่อไปโดยได้พัฒนาขีดความสามารถให้ดีขึ้นเช่น ได้พัฒนาการควบคุมของอุปกรณ์ทำงานให้ทำงานได้เที่ยงตรงมากยิ่งขึ้นซึ่งกำลังของไหลที่นำมาใช้งานในปัจจุบันยังแบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

1. ระบบนิวแมติกส์ (pneumatics)
2. ระบบไฮดรอลิกส์ (hydraulics)

2.8.1 ระบบนิวแมติกส์

คำว่า pneumatics เป็นคำที่มาจากภาษากรีก คือ pneuma มีความหมายว่า “ก๊าซที่มองไม่เห็น” ในสมัยนั้นรู้จักนิวแมติกส์เพียงหมายถึงการไหลของอากาศเท่านั้น แต่ในปัจจุบันนิวแมติกส์หมายถึงระบบที่ใช้อากาศอัดส่งไปตามท่อลมเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น การทำให้กระบอกสูบลมหรือมอเตอร์ทำงาน ตัวอย่างงาน เช่น งานบรรจุหีบห่อสินค้า งานขนถ่ายวัสดุเครื่องมือลมทุกชนิดและการจับ ยึด เจาะ อัดปั๊ม ขึ้นรูปในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร (2541, หน้า 11) ได้กล่าวว่า ระบบนิวแมติกส์จะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานดังนี้

1) อุปกรณ์ต้นกำลังนิวแมติกส์ (power unit)
2) อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพลมอัด (treatment component)



ภาพที่ 2.17 อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบนิวแมติกส์
ที่มา : ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร, 2541, หน้า 10

1) อุปกรณ์ต้นกาลังนิวแมติกส์ ทำหน้าที่สร้างลมอัดที่มีคุณภาพเพื่อใช้ในงานระบบนิวแมติกส์ประกอบด้วย

1.1 อุปกรณ์ขับ (driving unit) ทำหน้าที่ขับเครื่องอัดอากาศได้แก่ เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า แต่ในงานอุตสาหกรรมนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ขับเนื่องจากความเร็วรอบคงที่

1.2 เครื่องอัดอากาศ (air compressor) ทำหน้าที่อัดอากาศที่ความดันบรรยากาศให้มีความดันสูงกว่าบรรยากาศปกติ

1.3 เครื่องกรองอากาศขาเข้า (intake filter) ทำหน้าที่กรองอากาศก่อนที่จะนำไปเข้าเครื่องอัดอากาศ เพื่อให้อากาศที่จะอัดปราศจากฝุ่นละออง เพราะถ้าอากาศที่อัดมีฝุ่นละอองจะทำให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องอัดอากาศและจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพต่ำ

1.4 เครื่องหล่อเย็น (after cooler) ทำหน้าที่หล่อเย็นอากาศให้เย็นตัวลง

1.5 เครื่องแยกน้ำมันและความชื้น (separator) อุปกรณ์นี้จะช่วยแยกเอาความชื้นและละอองน้ำมันที่แฝงมากับอากาศ ก่อนที่อากาศอัดจะถูกเก็บลงในถังเก็บลม

1.6 ถังเก็บลมอัด (air receiver) เป็นอุปกรณ์ใช้เก็บอากาศอัดที่ได้จากเครื่องอัดอากาศและจ่ายอากาศอัดคงที่สม่ำเสมอให้แก่ระบบนิวแมติกส์ ถังเก็บลมอัดจะต้องมีลิ้นระบายความดัน (Pressure relief valve) เพื่อระบายความดันที่เกินสู่บรรยากาศเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นเมื่อความดันสูงกว่าปกติ ส่วนสวิทช์ควบคุมความดัน (pressure switch) ใช้ควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเครื่องอัดลมเมื่อความดันของอากาศถึงค่าที่ตั้งไว้

2) อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพลมอัด ทำให้อากาศอัดปราศจากฝุ่นละอองคราบน้ำมันและน้ำก่อนที่จะนำไปใช้ในระบบนิวแมติกส์ ประกอบด้วยกรองลมอัด (air filter) วาล์วปรับความดันพร้อมเกจ (pressure regulator) อุปกรณ์ผสมละอองน้ำมันหล่อลื่น (lubricator oiler)

3) อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน หมายถึง ลิ้นควบคุมชนิดต่าง ๆ ในระบบนิวแมติกส์ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเริ่มและหยุดการทำงานของวงจร ควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด ควบคุมอัตราการไหลของลมอัดและควบคุมความดัน

4) อุปกรณ์การทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังกล เช่น กระบอกสูบลมชนิดต่าง ๆ และมอเตอร์ลม

5) อุปกรณ์ในระบบท่อทาง ใช้เป็นท่อทางไหลของลมอัดในระบบนิวแมติกส์ระบบท่อนี้รวมถึงท่อส่งลมอัดและข้อต่อชนิดต่างๆ ด้วย

2.8.2 ระบบไฮดรอลิกส์

คำว่า hydraulics มาจากคำในภาษากรีก 2 คำ คือ hydro หมายถึง น้ำ และ aulis ซึ่งหมายถึง ท่อ (pipe) เดิมคาว่า hydraulics จึงหมายถึงเฉพาะการไหลของน้ำในท่อเท่านั้น แต่ปัจจุบันคำนี้หมายถึงการไหลของของเหลวทุกชนิดที่ใช้ในระบบเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานในการเปลี่ยนแปลงกาลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล คือ ทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกส์และมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ทำงาน ตัวอย่างงานเช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิกส์ เครื่องอัด เกียร์อัตโนมัติ เครน กว้าน รถแทรกเตอร์และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร (2541, หน้า 11) ได้กล่าวว่า ระบบไฮดรอลิกส์จะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานดังนี้

อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิกส์ (primary component)

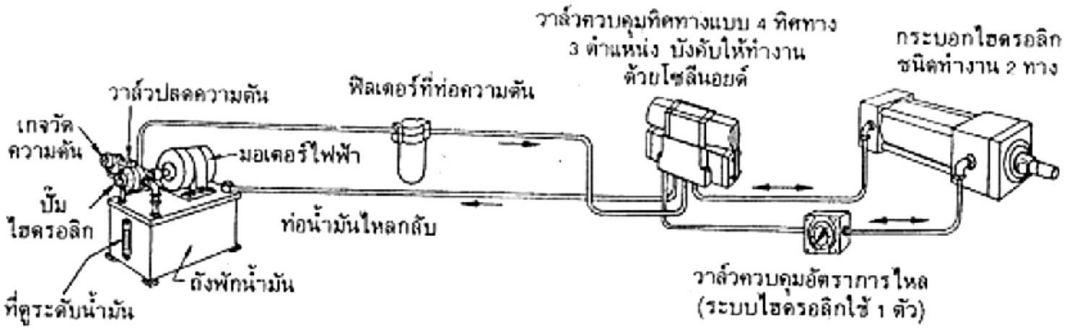
อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิกส์ (storage and treatment component)

อุปกรณ์สร้างการไหล (transferring component)

อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (controlling component)

อุปกรณ์การทำงาน (actuator or working component)

อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (piping system)



ภาพที่ 2.18 อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์
ที่มา : ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร, 2541, หน้า 12

1) อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิกส์ ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์เพื่อส่งจ่ายให้แก่ระบบไฮดรอลิกส์ ประกอบด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า

2) อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิกส์ ทำหน้าที่เป็นที่พักของน้ำมัน ขจัดสิ่งสกปรก ขจัดฟองอากาศ และระบายความร้อนของน้ำมันไฮดรอลิกส์ ประกอบด้วยถังพักน้ำมันไฮดรอลิกส์ ไส้กรองน้ำมันไฮดรอลิกส์ และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่ใช้กับถังพักน้ำมัน

3) อุปกรณ์สร้างการไหล ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหล ประกอบด้วยปั๊มไฮดรอลิกส์ชนิดต่างๆ

4) อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน หมายถึง วาล์วควบคุมชนิดต่าง ๆ ในระบบไฮดรอลิก เช่น วาล์วควบคุมทิศทางการไหล ใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบ วาล์วควบคุมอัตราการไหลใช้จากัดปริมาณน้ำมันที่เข้าลูกสูบเพื่อควบคุมความเร็วของก้านสูบ วาล์วควบคุมความดันใช้ควบคุมความดันในระบบ

5) อุปกรณ์การทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น กระบอกสูบไฮดรอลิกส์หรือมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

6) อุปกรณ์ในระบบท่อทาง ทำหน้าที่เป็นท่อทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ในระบบประกอบด้วยแป๊ป (pipe) ท่อ (tube) สายน้ำมันไฮดรอลิกส์ (hoses) ข้องอ (bendling) และข้อต่อชนิดต่าง ๆ (fittings)

อุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิกส์แต่ละอย่างมีความสำคัญด้วยกันทั้งนั้นและสามารถนำไปใช้งานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนี้

1) ระบบไฮดรอลิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรม (industrial hydraulics)

2) ระบบไฮดรอลิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กกล้า งานวิศวกรรมโยธา และสถานีกำเนิดไฟฟ้า (hydraulics in steelworks, civil engineering and generating stations)

3) ระบบไฮดรอลิกส์ในยานยนต์อุตสาหกรรม (mobile machinery hydraulics)

4) ระบบไฮดรอลิกส์ในเรือเดินทะเล (hydraulics for marine applications)

5) ระบบไฮดรอลิกส์ในงานเทคนิคเฉพาะอย่าง (hydraulics in special technical application)

ความดัน (pressure; P) หมายถึง แรงกดดันบรรยากาศต่อพื้นที่ 1 หน่วยพื้นที่ เครื่องมือวัดความดัน ได้แก่ แมนนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ ใช้เป็นเกจ (gauge) วัดความดัน หน่วยวัด

ความดันทางเทคนิคหรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค [(at) atmospherel] มีหลายหน่วย เช่น กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร (kp/cm2) หรือนิวตัน/ตารางเมตร (N/m2) หรือ ปอนด์/ตารางนิ้ว (lb/in2) หรือพาสคัล (Pascal) หรือกิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร (kgf/cm2)

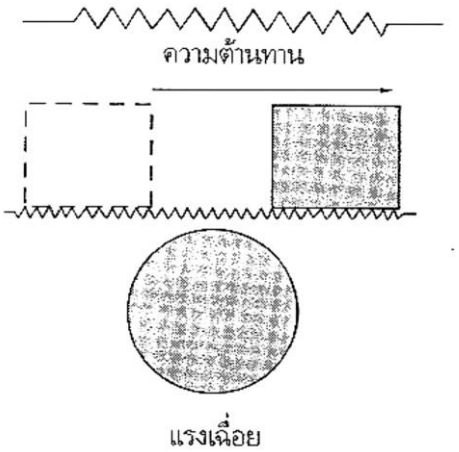
ความดันอากาศที่วัดเทียบกับสุญญากาศสัมบูรณ์ เรียกว่า “ความดันสัมบูรณ์” (absolute pressure) ส่วนความดันอากาศที่วัดเทียบกับความดันอากาศ “ความดันเกจ (gauge pressure) โดยทั่วไปจะใช้ความดันสัมบูรณ์เมื่อใช้สมการด้านทฤษฎีทางนิวแมติกส์ ในขณะที่โดยปกติจะใช้ ความดันสัมบูรณ์เมื่อสมการด้านทฤษฎีทางนิวแมติกส์ ในขณะที่โดยปกติจะใช้ความดันเกจแสดงค่าความดันอากาศ ดังนั้นเกจวัดความดันจะแสดงค่าความดันที่เทียบกับความดันอากาศ ดังนั้นเกจวัดความดันจะแสดงค่าความดันที่เทียบกับความดันบรรยากาศ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร

2.8.3 หลักการพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกส์

ระบบไฮดรอลิกส์มีการพัฒนาและได้ประยุกต์มาใช้งานมาตลอด หรือกล่าวได้ว่าระบบไฮดรอลิกส์เป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยเหลือมนุษย์ ทั้งการขนส่ง การโยธา สามารถพบเห็นได้ทั่วไปใช้วิตประจำวัน วรุณ คุณวารี (2541, หน้า 13) อธิบายว่า วิชาไฮดรอลิกส์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกฎเกณฑ์ที่ครอบคลุมถึงความดันและการไหลของของไหล ตลอดจนการนำกฎเกณฑ์เหล่านี้ไปประยุกต์กับงานทางด้านวิศวกรรม คำว่าของไหล (fluid) ในที่นี้คือ ของเหลว (liquids) จึงจำเป็นต้องทราบหลักการพื้นฐานดังนี้

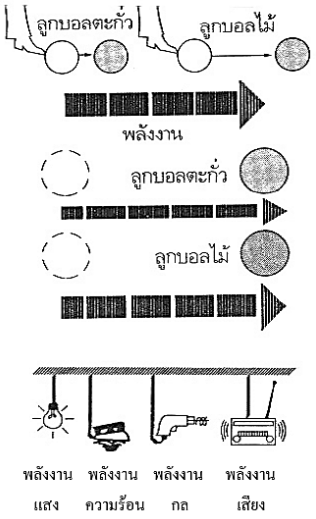
1) แรง (force) แรง หมายถึง การกระทำของวัตถุกับวัตถุ ซึ่งอาจเป็นการผลักหรือการฉุดที่สามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งอาจพยายามที่จะเปลี่ยนสภาวะการหยุดนิ่งให้เกิดการเคลื่อนที่หรือสภาวะการเคลื่อนที่ของวัตถุให้หยุดเคลื่อนที่ได้

2) ความต้านทาน (resistance) ความต้านทาน เป็นแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่หยุดนิ่งหรือเกิดการหน่วง เช่น ความต้านทาน (friction) แรงเฉื่อย (intertia force) ลูกบอลตะกั่วจะมีแรงเฉื่อยมากกว่าลูกบอลไม้ถ้าลูกบอลทั้งสองเคลื่อนที่ด้วยแรงเท่ากัน ลูกบอลไม้จะเคลื่อนที่ไปไกลและเร็วกว่าลูกบอลตะกั่วเนื่องจากลูกบอลตะกั่วมีความต้านทานในการเคลื่อนที่มากกว่า



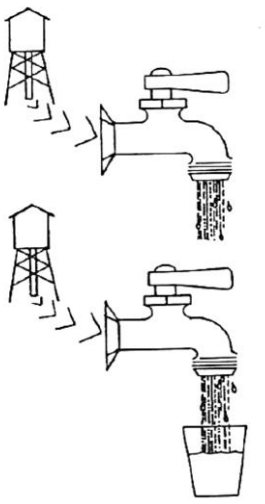
ภาพที่ 2.19 ความต้านทานและแรงเฉื่อย
ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 2

3) พลังงาน (energy) พลังงาน คือ ความสามารถในการทำงานหรือการใช้กำลังให้เกิดงาน ซึ่งแรงเฉื่อยก็เป็นพลังงานอย่างหนึ่ง เช่น ถ้าให้ลูกบอลไม้และตะกั่ววิ่งด้วยความเร็วเท่ากัน ลูกบอลตะกั่วจะหยุดวิ่งได้ยากกว่าลูกบอลไม้เนื่องจากมีความเฉื่อยมากกว่า ตัวอย่างของพลังงานคือ พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานแสง พลังงานเคมี พลังงานเสียง พลังงานที่กล่าวมานี้ไม่สามารถสร้าง ทำลายหรือไม่สูญหาย แต่จะเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น



ภาพที่ 2.20 พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ
ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 2

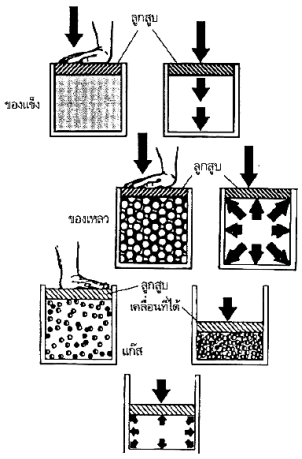
4) พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ (kinetic energy & potential energy) พลังงานจลน์ เป็นพลังงานที่ทำให้โมเลกุลภายในของวัตถุเกิดการเคลื่อนที่ เช่น น้ำที่ไหลจากถังน้ำประปามาตามท่อทางทำให้เกิดการเคลื่อนที่พลังงานศักย์ เป็นการเก็บน้ำประปาเอาไว้ในถังหรือเป็นน้ำไหลจากก๊อก และถูกเก็บเอาไว้ในแก้วน้ำ



ภาพที่ 2.21 พลังงานจลน์และพลังงานศักย์
ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 3

5) งาน (work) และกำลัง (power) งาน คือแรงที่ไปกระทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แรงกระทำ ฉะนั้นจำนวนของงานจะแสดงอยู่ในรูปของแรงและระยะทาง หน่วยของงานคือนิวตัน-เมตร เช่น รถฟอร์กลิฟต์ใช้แรง 2,500 นิวตัน ยกน้ำหนักในแนวดิ่งเป็นระยะทาง 2 เมตร จะได้งานเท่ากับ 5,000 นิวตัน-เมตรกำลัง คือระยะทางที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นเมตรคูณด้วยแรงที่ใช้มีหน่วยเป็นนิวตัน หารด้วยเวลาที่ใช้มีหน่วยเป็นวินาที เช่น ใส่งานให้กับรถบรรทุกของเท่ากับ 1,400 นิวตัน-เมตรต่อวินาที โดยทั่วไปหน่วยของกำลัง วัดเป็นกาลังม้า (horse power, hp หรือวัตต์)

6) การส่งผ่านแรง (force transmission) เมื่อมีแรงมากระทำกับลูกสูบที่ภาชนะใส่ของแข็งเอาไว้จะเกิดการส่งผ่านแรงจากของแข็งไปยังทิศทางตรงกันข้ามเพียงแรงเดียว แต่ถ้ามีแรงมากระทำกับลูกสูบที่ภาชนะใส่ของเหลวจะมีแรงกระทำในรูปของความดัน ในทุกทิศทุกทางเท่า ๆ กัน แต่ถ้าเป็นแก๊สจะทำให้เกิดความดันในทุกทิศทางเท่า ๆ กันเหมือนกับของเหลว แต่แก๊สนั้นทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ได้ดังภาพที่ 2.22 ซึ่งมีภาพอยู่ 7 ภาพ จะแสดงถึงใช้แรงกดลงบนลูกสูบนั้นจะประกอบด้วย ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส

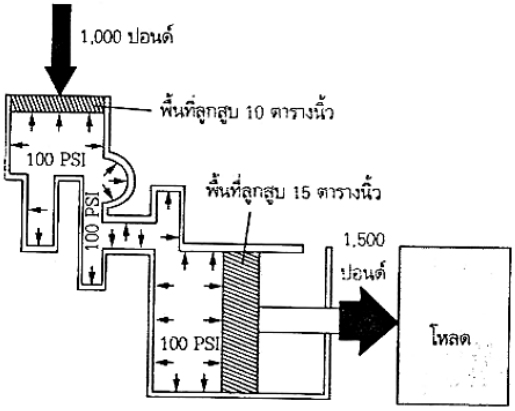


ภาพที่ 2.22 การส่งผ่านแรง
ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 3

7) ความดัน (pressure) แรง (force) และพื้นที่ (area)

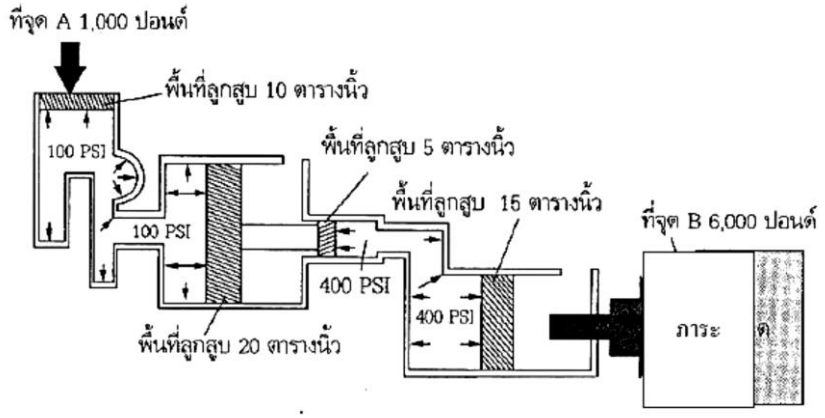
$$\text{ความดัน (P)} = \frac{\text{แรง (F)}}{\text{พื้นที่ (A)}}$$

อธิบายภาพที่ 2.23 ได้ว่า ถ้าใช้แรง 1,000 ปอนด์ กดลงไปที่ลูกสูบขนาดพื้นที่10 ตารางนิ้ว จะทำให้เกิดความดันของน้ำมันภายในภาชนะเท่ากับ 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว (P = F/A = 1,000/10) และความดัน 100 ปอนด์/ตารางนิ้วนี้ กระทำกับพื้นที่ลูกสูบขนาด 15 ตารางนิ้ว ก็จะได้แรงเท่ากับ 1,500 ปอนด์ ออกไปดันภาระ (F = PA = 100 x 15)



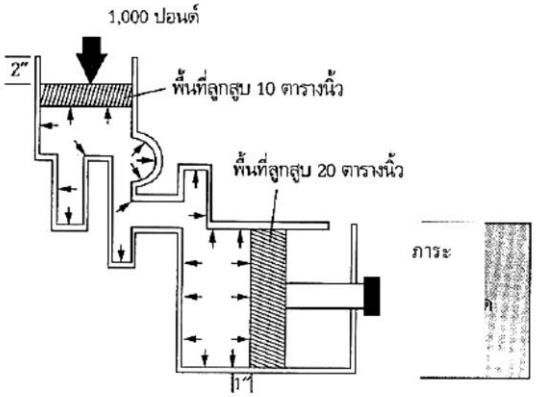
ภาพที่ 2.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันและพื้นที่
ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 5

8) การเพิ่มแรง (intensifier) อธิบายภาพที่ 2.24 ได้ดังต่อไปนี้ ที่จุด A ออกแรง 1,000 ปอนด์กดบนลูกสูบขนาดพื้นที่ 10 ตารางนิ้ว จะได้ความดันของน้ำมันเท่ากับ 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว กระทำในทุกทิศทุกทางเท่า ๆ กัน ถ้าไปกระทำพื้นที่ขนาด 20 ตารางนิ้ว ก็จะได้แรงเท่ากับ 100 x 20 เท่ากับ 2,000 ปอนด์ไปกระทำบนพื้นที่ 5 ตารางนิ้ว ทำให้เกิดความดันเท่ากับ 400 ปอนด์/ตารางนิ้ว (2,000/5) และความดันขนาด 400 ปอนด์/ตารางนิ้ว ไปกระทำกับพื้นที่ขนาด 15 ตารางนิ้ว จึงได้แรงออกไปดันภาระเท่ากับ 6,000 ปอนด์ (400 x 15)



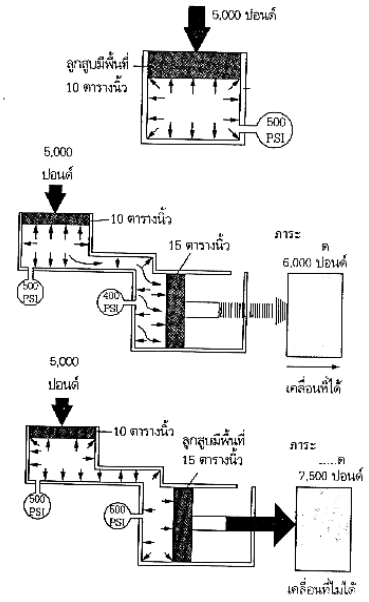
ภาพที่ 2.24 การเพิ่มแรง
ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 5

ถ้าให้ลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางนิ้ว เคลื่อนที่ไปในระยะทาง 2 นิ้ว จะทำให้ลูกสูบขนาดพื้นที่หน้าตัด 20 ตารางนิ้วเคลื่อนที่ได้เพียง 1 นิ้ว เท่านั้น ปริมาตรกระบอกสูบเท่ากับพื้นที่หน้าตัดลูกสูบคูณด้วยระยะชักดังแสดงในภาพที่ 2.38



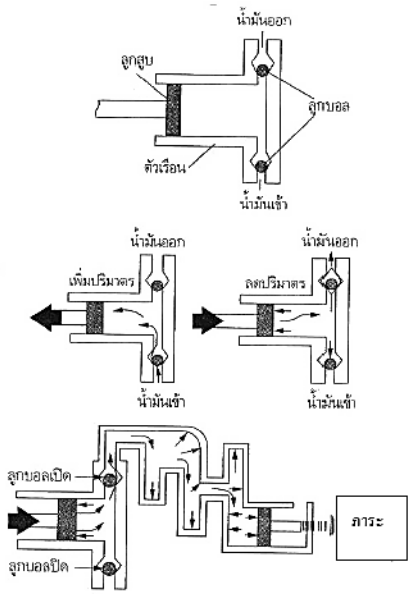
ภาพที่ 2.25 ปริมาตรของของเหลว
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 5)

การส่งผ่านแรงด้วยระบบไฮดรอลิกส์ จากภาพที่ 2.26 เป็นวิธีการทดความดันในระบบไฮดรอลิกส์ให้ได้ความดันมากขึ้น เพื่อให้กระบอกไฮดรอลิกส์ที่ใช้งานเกิดแรงได้มากขึ้น โดยใช้กระบอกไฮดรอลิกส์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เท่ากัน ติดต่อกันเป็นตัวสร้างความดัน ตัวอย่างเช่น ใช้แรงขนาด 5,000 ปอนด์ กระทำลงไปที่ลูกสูบขนาด พื้นที่หน้าตัด 10 ตารางนิ้ว ในภาชนะที่มีของเหลวอยู่เต็ม จะทำให้เกิดความดันของน้ำมันเท่ากับ 500 ปอนด์/ตารางนิ้ว ภาชนะที่เก็บพลังงานศักย์นี้เรียกว่าถังสะสมความดัน (accumulator) ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นรูปของพลังงานการทำงาน (ความดันและการไหล) ได้ ถ้าหากมีภาระขนาด 6,000 ปอนด์ กระทำอยู่กับลูกสูบที่มีพื้นที่ 15 ตารางนิ้ว จะเกิดความดันเท่ากับ 400 ปอนด์/ตารางนิ้ว ในกรณีนี้ภาระสามารถเคลื่อนที่ไปได้ แต่ถ้าหากเพิ่มค่าภาระเป็น 7,500 ปอนด์ให้กระทากับพื้นที่ลูกสูบขนาด 15 ตารางนิ้วเท่าเดิม ถ้าจะให้ภาระเคลื่อนที่นั้นจะต้องใช้ความดันมากกว่า 500 ปอนด์/ตารางนิ้วในกรณีนี้ ภาระจึงเคลื่อนที่ไม่ได้



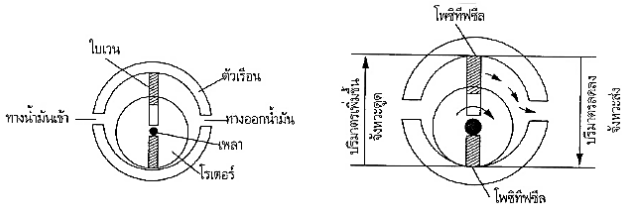
ภาพที่ 2.26 ถังสะสมความดัน
ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 7

จากหลักการของถังสะสมความดัน ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะไม่สามารถสร้างการไหลของน้ำมันได้ อย่างต่อเนื่องได้จึงทำให้ไม่สามารถดันให้ภาระเคลื่อนที่ต่อไปได้ ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาจึงใช้ปั๊มแบบโพซิทิฟ (positive) ดังภาพที่ 2.27 คือ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ออกจะทำให้ปริมาตรในห้องลูกสูบเพิ่มขึ้นทำให้ความดันลดน้อยลง ความดันทางท่อน้ำมันเข้าที่มีแรงดันสูงกว่าจึงเข้ามาแทนที่ ขณะเดียวกันเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับจะส่งน้ำมันออกตามทิศทางน้ำมันออก



ภาพที่ 2.27 การทำงานของปั๊มแบบโพซิทีฟ
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 8)

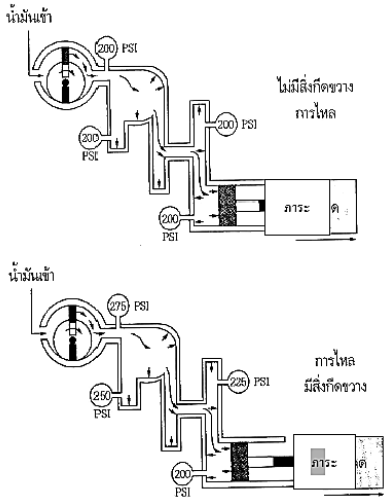
ปั๊มแบบโพซิทีฟมีการทำงานแบบให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไป-กลับ แล้วยังมีปั๊มแบบโรตารี่ซึ่งเป็นแบบโพซิทีฟ เพราะมีการหมุนต่อเนื่องสามารถขับได้ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ดัง ภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 ปั๊มแบบโรตารีชนิดโพซิทิฟ
ที่มา (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 8)

ปั๊มแบบโรตารีมีการทำงานโดยใช้หลักในการเพิ่มและลดปริมาตรเช่นเดียวกับปั๊มแบบลูกสูบทั่วๆ ไป เมื่อโรเตอร์หมุนจะทำให้ใบเวนหมุนกวาดน้ำมันไปด้วย (จุดศูนย์กลางของโรเตอร์กับเรือนปั๊มอยู่คนละจุด) จึงเป็นการเพิ่มปริมาตรทำให้ความดันลดลงจึงเป็นจังหวะดูดน้ำมัน แต่ใบเวนหมุนต่อไปถึงจุดที่ต้องลดปริมาตร ซึ่งเป็นจังหวะส่งน้ำมันและมีท่อส่งน้ำมันออกอยู่ในบริเวณนั้น

ในระบบไฮดรอลิกส์จะมีความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความต้านทานดังภาพที่ 2.29 ความดันจะเกิดจากการไหลมีสิ่งกีดขวาง ถ้าสิ่งกีดขวางมีค่ามาก ความดันก็ยิ่งมากตามไปด้วย ดังนั้น ถ้าค่าความต้านทานสูง ปั๊มก็ต้องมีความดันสูง ทำนองเดียวกันถ้าค่าความต้านทานต่ำ ปั๊มก็จะมีความดันต่ำซึ่งณรงค์ ตันชะวงศ์ (2544, หน้า 9) ได้กล่าวถึงค่าความต้านทานในระบบไฮดรอลิกส์เกิดจาก 2 แหล่งด้วยกันคือ

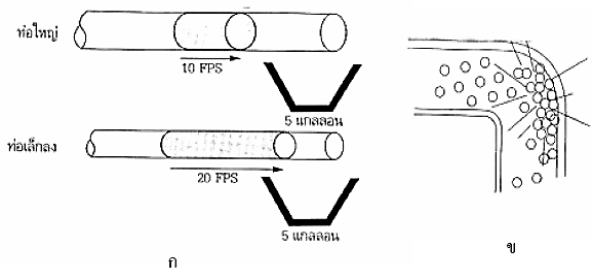


ภาพที่ 2.29 ความดันและความต้านทาน
ที่มา : (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 9)

1) เกิดจากความต้านทานภายนอกที่ต้องการให้เคลื่อนที่

2) เกิดจากความต้านทานของน้ำมันเอง ความต้านทานของน้ำมัน หมายถึง ความต้านทานที่เกิดจากท่อไฮดรอลิกส์ เช่น ท่อมีขนาดเล็กเกินไปท่อคดงอมาก เป็นต้นน้ำมันในท่อไหลด้วยความเร็วที่กำหนด เช่น 10 ฟุตต่อวินาที และจำนวนการไหลของน้ำมันเรียกว่า อัตราการไหล หน่วยวัดมีหลายหน่วย เช่น แกลลอนต่อนาทีหรือลิตรต่อนาที เป็นต้น

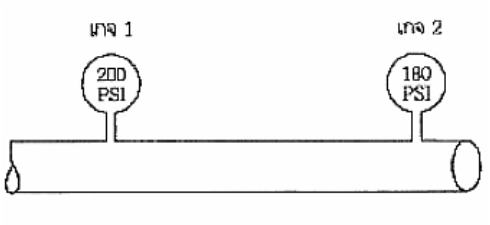
จากภาพที่ 2.30 ก. เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำมันและอัตราการไหลของน้ำมัน คือ ถ้าต้องการบรรจุน้ำมันให้ได้ 5 แกลลอน ภายใน 1 นาที ปริมาตรน้ำมัน 5 แกลลอนที่ไหลในท่อใหญ่จะต้องไหลด้วยความเร็ว 10 ฟุตต่อวินาที แต่ถ้าต้องการบรรจุน้ำมันขนาด 5 แกลลอนเท่ากัน ให้ไหลในท่อขนาดเล็กกว่าจะต้องเพิ่มความเร็วขึ้นเป็น 20 ฟุตต่อวินาที ทั้งสองกรณีสามารถสรุปได้ว่า น้ำมันมีปริมาตรการไหลเท่ากับ 5 แกลลอนต่อนาที ที่ความเร็วต่างกัน



ภาพที่ 2.30 ความเร็วและอัตราการไหล
ที่มา : (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 10)

การไหลของน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์จะเกิดความร้อนขึ้น ถ้าการไหลของน้ำมันมีความเร็วความร้อนจะเกิดมากขึ้นตามไปด้วย โดยทั่วไปความเร็วของการไหลน้ำมันจากปั๊มไฮดรอลิกส์ถึงกระบอกสูบควรใช้ที่ความเร็ว 15 ฟุตต่อวินาที ถ้าท่อนั้นมีความโค้งหรือคดงอความร้อนซึ่งเกิดจากการไหลของน้ำมันภายในท่อจะทาให้โมเลกุลวิ่งชนกับโมเลกุลด้วยกัน จึงทำให้แรงเปลี่ยนทิศทาง ดังภาพที่ 2.30

จากภาพที่ 2.31 เป็นความแตกต่างระหว่างจุด 2 จุด ในระบบจะทำให้ทราบว่าจะเกิดการไหลและเมื่อมีการไหลจะเกิดพลังงานความร้อน เมื่อนำการไหลไปทาให้เกิดพลังงานจะมีความแตกต่าง 20ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าพลังงานของการทำงานจะเคลื่อนที่จาก เกจ 1. ไปยังเกจ 2. ขณะมีการเคลื่อนที่ระหว่างเกจทั้ง 2 นั้น ความดัน 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้วของพลังงานการทำงานจะเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานความร้อนเนื่องจากของเหลวมีความต้านทาน ดังนั้น ถ้าต้องการให้ระบบไฮดรอลิกส์มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพนั้นควรคำนึงถึงการออกแบบของระบบควรหลีกเลี่ยงเรื่องความต้านทานแต่ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องให้มีน้อยที่สุด เช่น ความหนืดของน้ำมันควรมีค่าถูกต้อง การใช้ท่อที่มีขนาดถูกต้องและมีความโค้งงอของข้อต่อน้อยที่สุด



ภาพที่ 2.31 ความต้านทาน
ที่มา : (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547 : 10)

ระบบนิวแมติกส์เป็นระบบที่ใช้อากาศอัดส่งไปตามท่อลมเพื่อเป็นตัวกลางการส่งผ่านแรงให้เป็นงานกล เช่น งานบรรจุหีบห่อสินค้า งานขนถ่ายวัสดุ การจับยึด เจาะ อัดปั๊ม ระบบนิวแมติกส์จะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทางานคือ อุปกรณ์ต้นกำลัง ชุดปรับปรุงคุณภาพลม ชุดควบคุมการทำงานและระบบท่อทาง

ระบบไฮดรอลิกส์เป็นระบบที่ใช้น้ำมันไหลภายในระบบเพื่อเป็นตัวกลางการส่งผ่านแรง เพื่อให้ระบบทำงาน เช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิกส์ เกียร์อัตโนมัติ เครน กว้าน รถแทรกเตอร์และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบไฮดรอลิกส์จะมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานดังนี้ อุปกรณ์ต้นกำลัง ไฮดรอลิกส์ ชุดเก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน อุปกรณ์สร้างการไหล ชุดควบคุมการทำงานและท่อทาง

ทั้งนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์จะมีบทบาทในงานวิศวกรรมทางด้านต่าง ๆ มากมาย รวมทั้งอุปกรณ์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในเครื่องจักรอุตสาหกรรมทั่วๆ ไป

อุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิกส์ การทำงานในระบบไฮดรอลิกส์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนกำลังงานของน้ำมันไฮดรอลิกส์ให้เป็นกำลังงานกลโดยการเปลี่ยนความดันและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกส์ในท่อทางให้มีการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงและการเคลื่อนที่ในแนวหมุน ได้แก่ กระบอกสูบและมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ โดยจะอธิบายถึงชนิดต่าง ๆ โครงสร้าง และวิธีการทำงานรวมทั้ง

หลักการคำนวณหาแรงที่ได้จากอุปกรณ์ประเภทนี้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับระบบและช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพตามต้องการ ซึ่งขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์,และปานเพชร ชินินทร (2539, หน้า 266) กล่าวว่าอุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิกส์ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกส์ไปเป็นพลังงานกล แบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. อุปกรณ์ทำงานที่เปลี่ยนความดันของน้ำมันเป็นแรงและการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

1.1 กระบอกสูบทางเดียว (single acting cylinder)

1.2 กระบอกสูบสองทาง (double acting cylinder)

1.3 กระบอกสูบสองทางแบบมีก้านสูบสองด้าน (double rod cylinder)

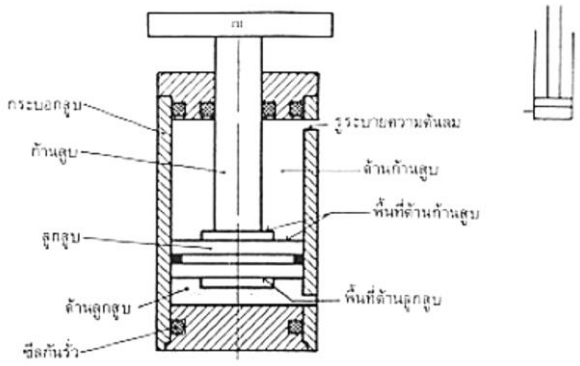
2. อุปกรณ์ทำงานที่เปลี่ยนความดันของน้ำมันเป็นแรงบิดและการเคลื่อนที่ในแนวหมุน

2.1 มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ชนิดหมุนได้ทางเดียว (hydraulic motor unidirectional)

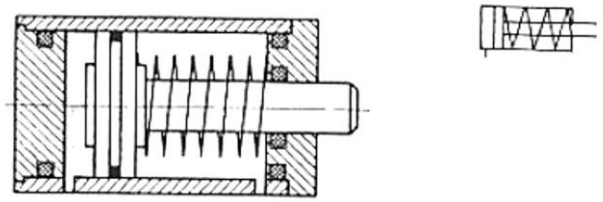
2.2 มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ชนิดหมุนได้สองทาง (hydraulic motor bidirectional)

กระบอกสูบในระบบไฮดรอลิกส์ ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกส์ให้เป็นพลังงานกลออกมาในรูปของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง แรงที่ได้ออกมาของก้านสูบจะนำเอาไปดันยก หรือดึงชิ้นงาน (load) ให้เกิดการเคลื่อนที่ เช่น รถยกสินค้า (forklift) เครื่องปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน

1) กระบอกสูบทางเดียว (single acting cylinder) กระบอกสูบทางเดียว เป็นตัวทำงานที่รับน้ำมันเข้ากระบอกสูบทางด้านหัวลูกสูบเพียงทางเดียว เพื่อผลักดันให้ลูกสูบพร้อมก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปผลักดันชิ้นงาน ส่วนในตอนที่ลูกสูบเคลื่อนที่กลับจะไม่ใช้น้ำมันดัน แต่จะใช้ชิ้นงานหรือสปริงเป็นตัวผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ช้า ดังแสดงในภาพที่ 2.42



ก. กระบอกสูบทางเดียวชนิดใช้แรงจากภายนอกเลื่อนลูกสูบกลับ



ข. กระบอกสูบทางเดียวชนิดมีสปริงเลื่อนกลับอยู่ภายใน

ภาพที่ 2.32 กระบอกสูบทางเดียว

ที่มา : มนตรี โชติวรวิทย์ และชนินทร์ นุ่มศิริ. 2545 : 87

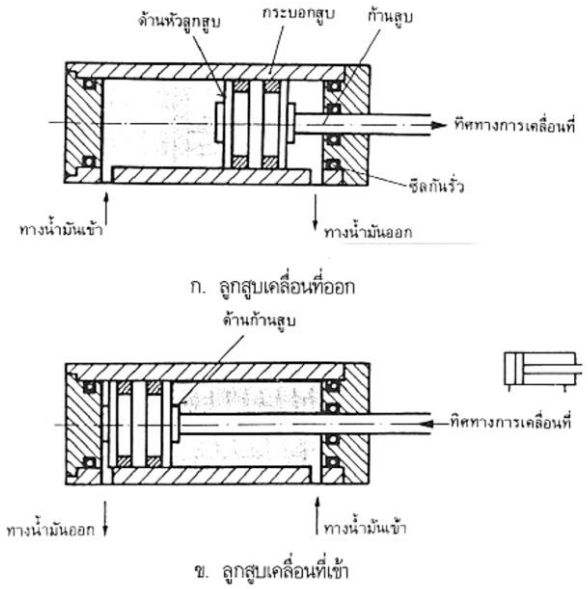
ส่วนประกอบ

1. กระบอกสูบและฝาปิด
2. ก้านสูบ
3. ลูกสูบ
4. ซีลกันรั่ว

2) กระบอกสูบทำงานสองทาง (double acting cylinder) กระบอกสูบสองทางเป็นตัวทำงานที่มีรูรับน้ำมันเข้าและออกอยู่ด้านหัวลูกสูบและด้านก้านสูบทั้ง 2 ทาง การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

2.1 ลูกสูบเคลื่อนที่ออกเพื่อไปผลักดันชิ้นงาน กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้านหัวลูกสูบและให้น้ำมันออกทางด้านก้านสูบ ดังแสดงในภาพที่ 2.32 ก.

2.2 ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าเพื่อดึงชิ้นงานเข้ามา กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้านก้านสูบและให้น้ำมันออกทางด้านหัวลูกสูบ ดังแสดงในภาพที่ 2.33 ข.



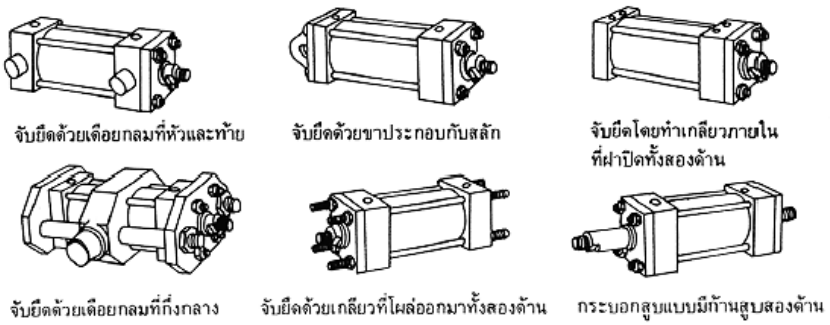
ภาพที่ 2.33 กระบอกสูบสองทาง
ที่มา : มนตรี โชติวรวิทย์. 2545 : 88

ส่วนประกอบ

1. กระบอกสูบพร้อมฝาปิด
2. ลูกสูบและก้านสูบ
3. ซีลกันรั่ว

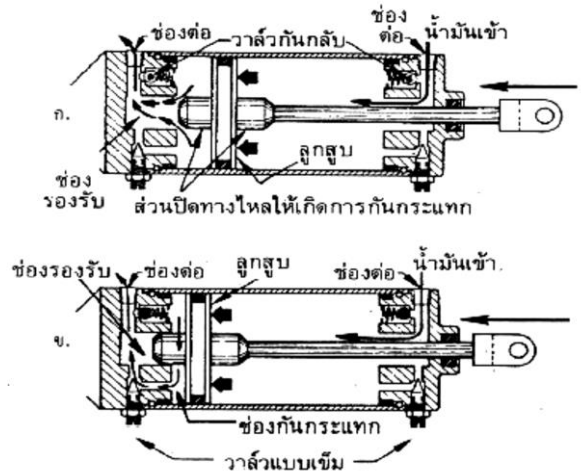
การติดตั้งจับยึดกระบอกสูบ กระบอกสูบที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแบบที่มีฝาปิดสี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้งสองด้านยึดประกอบกันด้วยสลักเกลียวสี่ตัวซึ่งกระบอกสูบชนิดนี้สามารถถอดหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในได้สะดวกรวดเร็ว ซึ่งขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, และปานเพชร ชินินทร (2539 : 288) กล่าวว่า สำหรับฐานติดตั้งเพื่อให้กระบอกสูบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น

จะมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับการใช้งานและสภาพรอบๆ ด้านกระบอกสูบว่าสามารถจับยึดด้วยวิธีการใด



ภาพที่ 2.34 การติดตั้งจับยึดกระบอกสูบแบบต่าง ๆ
ที่มา : ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร. 2539 : 288

กระบอกสูบกันกระแทก (cushioned cylinder) กระบอกสูบส่วนใหญ่ไม่ว่าจะใช้กับระบบลมหรือระบบไฮดรอลิกส์อาจมีอุปกรณ์กันกระแทกไว้ที่ปลายกระบอกสูบด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านเพื่อช่วยลดความเร็วหรือลดอัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝาปิด โดยการใช้วาล์วแบบเข็มและวาล์วกันกลับทำให้เกิดเบาะน้ำมันขึ้นมาระหว่างลูกสูบกับฝาปิด น้ำมันข้างที่มีความดันสูงก็จะดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ต่อไปด้วยความลำบากจะเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดกระแทกขึ้นโดยทั่วไประยะกัน กระแทกจะอยู่ระหว่า $\frac{7}{8}$ - $2\frac{1}{4}$ นิ้ว ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ



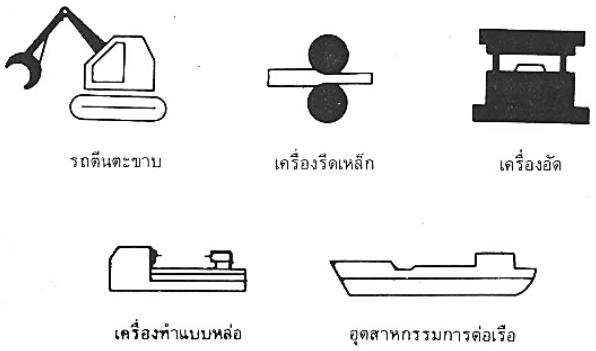
ภาพที่ 2.35 กระบอกสูบกันกระแทก
ที่มา : ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร. 2539 : 298

จากภาพที่ 2.35 (ก) และ (ข) แสดงกระบอกสูบที่มีวาล์วเข็มใช้ทำให้เกิดเบาะน้ำมันกันกระแทกทั้งสองด้าน เมื่อก้านสูบเลื่อนไปถึงช่องกันกระแทก น้ำมันส่วนที่อยู่หน้าลูกสูบจะถูกดันให้

ออกทางวาล์วเข็ม (ซึ่งสามารถจะปรับได้ตามต้องการ) ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงตอนใกล้สุดระยะชัก

เมื่อน้ำมันเริ่มผ่านเข้ากระบอกสูบเพื่อดันให้ก้านสูบเลื่อนกลับ น้ำมันจะไหลเข้าทางวาล์วกันกลับและวาล์วเข็มได้ทำให้เกิดความดันของน้ำมันที่ไปกระทำต่อผิวหน้าลูกสูบได้เต็มเนื้อที่ เพราะวาล์วกันกลับนี้มีหน้าที่ทำให้น้ำมันไหลเข้ากระบอกสูบได้อย่างเต็มที่ ก้านสูบก็เลื่อนได้เต็มความเร็วดังภาพที่ 2.35 (ก) น้ำมันยังถูกระบายออกไปได้อย่างอิสระ เพราะส่วนปิดทางไหลก่อนสุดระยะชัก (cushion nose) ยังเลื่อนไม่ถึงช่องรองรับ (cushion recess) ส่วนปิดทางไหลแต่เมื่อส่วนปิดทางไหลเลื่อนไปอีกจนถึงช่องรองรับดังภาพที่ 2.35 (ข) น้ำมันส่วนที่เหลือก็จะไหลผ่านทางช่องนี้ไม่ได้ น้ำมันส่วนนี้ก็จะเป็นเบาะเพื่อกันการกระแทกได้ บริเวณนี้จึงเรียกว่าช่องกันกระแทก (cushion chamber) หรือช่องเบาะน้ำมันนั่นเองและน้ำมันส่วนนี้จะถูกดันให้ค่อย ๆ ไหลออกไปทางวาล์วเข็มโดยสามารถปรับปริมาณการไหลที่วาล์วเข็มได้เพื่อให้เกิดการกระแทกมากหรือน้อย

มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ ซึ่งมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกส์ให้เป็นกำลังงานกลออกมาในรูปของการหมุน มีขนาดรูปร่างลักษณะและสัญลักษณ์คล้ายกันกับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์ต่างกันที่ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์รับการหมุนจากมอเตอร์ไฟฟ้าทำให้เกิดการส่งจ่ายน้ำมันออกไปแต่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์รับน้ำมันเข้ามาทำให้เกิดการหมุน ซึ่ง มนตรี โชติวรวิทย์ และชนินทร์ นุ่มศิริ (2536, หน้า 110) กล่าวว่า แรงบิดของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดและความดันของน้ำมัน มอเตอร์ไฮดรอลิกส์จะถูกนำไปใช้งานในลักษณะของการหมุนที่ต้องการแรงบิดสูง ๆ แต่รอบต่ำ เช่น เป็นตัวขับเคลื่อนล้อรถตีนตะขาบ ขับลูกกลิ้งงานรีดในโรงงานผลิตเหล็กหรือโรงโม่ ในงานสร้างเครื่องจักรกลหนักและเครื่องอัด เป็นตัวขับเพลาในงานฉีดและเครื่องทำแบบหล่อ กว้านสมอเรือเดินทะเลหรือใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมการต่อเรือ

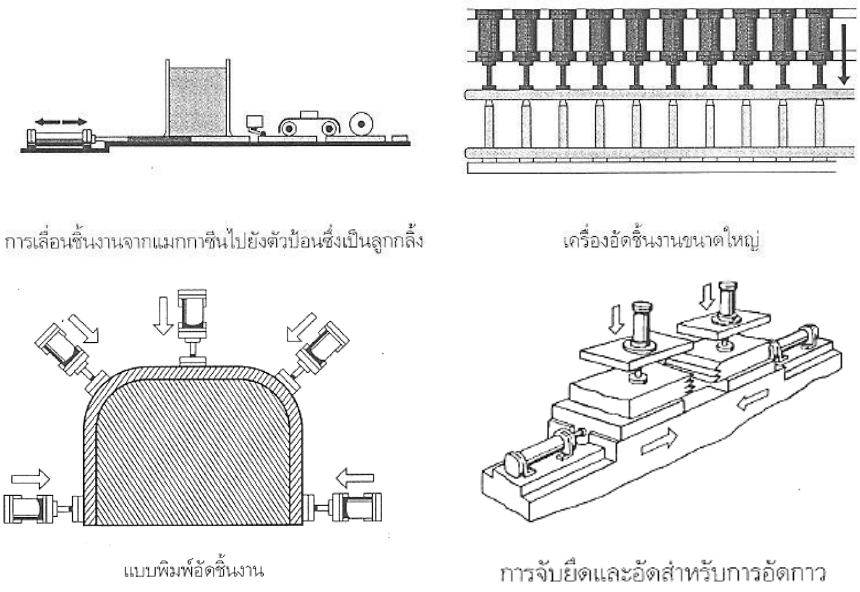


ภาพที่ 2.36 การนำมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ไปใช้งานอุตสาหกรรม
ที่มา : มนตรี โชติวรวิทย์. 2536 : 110

อุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิกส์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือ กระบอกสูบ มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ โดยกระบอกสูบจะเป็นตัวรับแรงดันน้ำมันมาจากปั๊มมาดันให้กระบอกสูบทำการเคลื่อนที่เพื่อให้เกิดงาน โดยอัตราการไหลของน้ำมันจะเป็นตัวกำหนดความเร็วของกระบอกสูบ ส่วนการเคลื่อนที่จะช้าหรือเร็วนั้นสามารถคำนวณหาความเร็วของลูกสูบได้ กระบอกสูบทั่ว ๆ ไปมี 2 แบบ คือ แบบทำงานทางเดียวและแบบทำงานสองทาง ส่วนมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ จะเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฮดรอลิกส์ให้เป็นกำลังงานกลอยู่ในรูปของการหมุนและจะถูกนำไปใช้งานในลักษณะของการ

หมุนที่ต้องการแรงบิดสูงๆ เช่น เป็นตัวขับเคลื่อนล้อรถตีนตะขาบขับเครื่องจักรในงานอุตสาหกรรม การหมุนของมอเตอร์สามารถหมุนทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกาซึ่งสามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ได้

ตัวอย่างงานที่นำระบบไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ไปใช้งาน



ภาพที่ 2.37 แสดงตัวอย่างงานที่นำระบบไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ไปใช้งาน
ที่มา : เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ไฮดรอลิกส์และนิวแมติกส์ 2

2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตดินเทียมส่วนอบแห้ง สำหรับการเกษตรอินทรีย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

2.9.1 วรรณธณี กองจันทร์ดี (2555 : 46) ได้กล่าวในผลการวิจัยเรื่อง การจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสด ศึกษากรณีตลาดสดบางกะปิและตลาดสดนครไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร

การศึกษานี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิและตลาดสดนครไทย มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะอยู่ในระดับมาก ในด้านการจัดการขยะผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ มีการจัดการขยะอยู่ในระดับมาก ซึ่งมากกว่าผู้ค้าในตลาดสดนครไทยที่มีการจัดการขยะอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ ผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ มีทัศนคติอยู่ในระดับมากซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยทัศนคติของผู้ค้าในตลาดสดนครไทยที่มีทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง รวมทั้งผู้ค้าในตลาดสดบางกะปียังไม่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะมากเท่าที่ควรเมื่อ

เปรียบเทียบกับตลาดสดนครไทย แต่การจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสดสูงกว่าเนื่องมาจาก ตลาดสดบางกะปิ ซึ่งเป็นตลาดสดในสังกัดสำนักงานตลาดกรุงเทพมหานคร ถึงแม้ว่าผู้ค้าตลาดสดบางกะปิจะมีทัศนคติในการจัดการขยะภายในตลาดสดสูง การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการ

จัดการขยะ รวมทั้งมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะต่ำ กว่าตลาดสดนครไทย แต่ผู้ค้าในตลาดสดบางกะปินั้นต้องมีความกระตือรือร้นด้วยตนเองที่จะทำให้แผงค้าเป็นระเบียบเรียบร้อยและมีปริมาณขยะภายในแผงค้าที่น้อยลงด้วย ประกอบกับตลาดสดบางกะปิ ยังไม่มีการจัดหมวดหมู่ประเภทแผงค้าเพื่อให้เกิดความสะดวกในการรวบรวมและคัดแยกขยะ ดังนั้นผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ จึงต้องมีการจัดการขยะด้วยตนเอง ในขณะที่ตลาดสดนครไทย ซึ่งเป็นตลาดสดของเอกชนนั้น ได้มีความร่วมมือที่ดีระหว่างผู้ค้ากับผู้จัดการตลาดสดในทุกๆ ด้านโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในตลาดสด นอกจากนี้ ยังได้มีการจัดอบรมและประชุมหารือร่วมกันเพื่อพัฒนาคุณภาพของตลาดสดให้ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้ผู้ค้าในตลาดสดนครไทยจึงมีทัศนคติในการจัดการขยะ การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะ รวมทั้งความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะภายในตลาดสดสูงกว่าตลาดสดบางกะปิ แต่เนื่องจากการจัดพื้นที่แผงค้าในตลาดสดนครไทยที่มีการแบ่งหมวดหมู่ตามชนิดของสินค้าอย่างชัดเจน ทำให้การรวบรวมและคัดแยกขยะมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

ผู้ค้าในตลาดสดนครไทยจึงให้ความสำคัญกับการกระตือรือร้นในการจัดการขยะน้อยกว่าตลาดสดบางกะปิ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ มีการจัดการขยะภายในตลาดสดสูงกว่าตลาดสดนครไทย ซึ่งหากมีการส่งเสริมให้ผู้ค้าในตลาดสดนครไทยมีพฤติกรรมการจัดการขยะภายในตลาดสดมากกว่านี้ ก็อาจมีความเป็นไปได้สูงที่ผู้ค้าในตลาดสดนครไทยมีการจัดการขยะได้ดีกว่าผู้ค้าภายในตลาดสดบางกะปิ

2.9.2 พรลักษณ์ พินิจปรีชา (2550 : 89) ได้ทำ การศึกษาวิจัยเรื่อง การจัดการขยะสำนักงานบริษัท สยามแอดมินิเทรทีฟ แมเนจเม้นจำกัด

การศึกษานี้พบว่า การจัดการขยะสำนักงานกระทำ ได้5 วิธี มีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ได้แก่ พนักงานบริษัทส่วนต่างๆและผู้บริหารร่วมรับผิดชอบการจัดการขยะสำนักงานดังนี้

1) ลดปริมาณขยะสำนักงานให้น้อยลงโดยการเลือกซื้อสินค้าที่มีอายุการใช้งานนานๆ หรือการเลือกใช้สินค้าที่มีขนาดบรรจุมากเพื่อลดขยะบรรจุภัณฑ์

2) การใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นการนำเอาสิ่งของใช้สอยบางประเภทมาใช้ซ้ำ หลายๆครั้งโดยไม่มีการทิ้งเป็นขยะสำนักงาน เช่น คลิปหนีบกระดาษ การใช้กระดาษทั้ง 2 หน้า และการนำเชือกสายรัด ตาข่ายมาใช้ซ้ำ

3) การซ่อมแซมเพื่อใช้ใหม่ (Repairing) เป็นการนำเอาวัสดุอุปกรณ์ที่ชำรุดมาซ่อมแซมให้ใช้งานได้ต่อไป แทนการทิ้งเป็นขยะสำนักงาน เช่น โต๊ะ เก้าอี้

4) การแปรรูปกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) ทำได้โดยการรวบรวมขยะได้แก่ เศษกระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว แยกเก็บรวบรวม เพื่อส่งให้โรงงานอีกต่อหนึ่ง

5) การหลีกเลี่ยง (Rejection) เป็นการส่งเสริมให้พนักงานมีจิตสำนึกรับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อม โดยหลีกเลี่ยงการใช้สิ่งของที่กำจัดหรือทำลายได้ยาก เช่น โฟม ขวดพลาสติกน้ำ บรรจุกระป๋อง เป็นต้น ผู้บริหารควรเป็นผู้นำและประกาศนโยบายที่ชัดเจน จึงจะเกิดการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพ

2.9.3 ลัดดาวัลย์ บุญยศ (2546 : 101) ได้ทำ การศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลเขื่องใน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีแรงจูงใจในการจัดการขยะมูลฝอยโดยรวมอยู่ในระดับมาก การรับรู้เกี่ยวกับขยะมูลฝอย การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย และการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอยได้แก่ ความสนใจในความเป็นระเบียบเรียบร้อยของเทศบาล ความมุ่งหวังที่จะมีส่วนร่วมแก้ปัญหาขยะมูลฝอย การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับจัดการขยะมูลฝอยปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการมีส่วนของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอย ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ การยอมรับว่าตนเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบ และการรับรู้เกี่ยวกับจัดการขยะมูลฝอยตำบลเขื่องใน

2.9.4 อัจฉรสิริ อนุมณี (2558 : 67) ได้ทำ การออกแบบและพัฒนาถังหมักขยะอินทรีย์ในบ้านพักอาศัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต

ผลการวิจัยสามารถสรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัยการออกแบบและพัฒนาถังหมักขยะอินทรีย์ในบ้านพักอาศัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิตที่ได้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อเชื่อมโยงแนวทางการออกแบบและการพัฒนาและการประยุกต์สู่การใช้งานจริงในบ้านพักอาศัย รายงานผลการทดสอบถังหมักขยะอินทรีย์ในบ้านพักอาศัยของครัวเรือนด้วยภาพประกอบและบทวิเคราะห์ โดยอ้างอิงข้อมูลตามแนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง พร้อมนำเสนอข้อเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยต่อไป