

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 ปู๋ปลา

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า ปู๋ปลาเป็นปู๋ชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายเศษวัสดุเหลือใช้จากปลา หลังหมักได้ทีแล้วจะได้สีน้ำตาลเข้ม ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม, และแมกนีเซียม นอกจากนี้ปู๋ปลายังประกอบด้วยธาตุอาหารรอง ซึ่งได้แก่ กำมะถัน, เหล็ก, ทองแดง, และแมงกานีส

ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจากประเทศไทยเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทะเลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณเศษเหลือใช้ คือ วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง และของเหลวเพิ่มมากขึ้นด้วย จากการศึกษาได้มีการรายงานถึงองค์ประกอบแร่ธาตุในวัสดุเหลือใช้จากโรงงานทำปลาป่น ซึ่งจะมีองค์ประกอบโดยประมาณของโปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, เถ้า, แคลเซียม, และฟอสฟอรัส เป็นร้อยละ 58, 8.7, 1.57, 20.7, 5.9, และ 3.1 ตามลำดับ ซึ่งระดับต่างๆ เหล่านี้อาจจะสูงหรือต่ำกว่านี้ได้ โดยจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ ปู๋อินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายเศษวัสดุเหลือใช้จากปลา ทั้งที่เป็นของแข็ง และของเหลวผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หลังจากหมักจะได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม ประกอบด้วยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง จากการทดลองทำปู๋หมักจากเศษปลาโดยใส่พีทเข้าไปผสมด้วย พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซแอมโมเนียออกมาในระหว่างการหมัก และหลังจากการหมักได้ก๊าซแอมโมเนีย, กรด, อินทรีย์วัตถุ, และอนินทรีย์วัตถุ ที่มีลักษณะค่อนข้างเหลวซึ่งมีคุณภาพในการบำรุงดินดีมาก

จากการศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อการใช้ปู๋ปลาเป็นปู๋ทางใบนั้น การฉีดพ่นปู๋ปลาทางการค้า และปู๋ปลาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ร่วมกับปู๋เคมีเป็นปู๋รองพื้น มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวสูงกว่าการใช้ปู๋เคมีเป็นปู๋รองพื้นเพียงอย่างเดียว ในปัจจุบันเนื่องจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องมีปริมาณมากขึ้น โดยปกติแล้วโรงงานที่มีขนาดใหญ่เท่านั้นที่มีน้ำเศษเหลือเหล่านี้ใช้ทำปลาป่น ส่วนที่เหลือจะผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อน แล้วจึงปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ หากพิจารณาในประเด็นของโรงงานขนาดเล็ก และขนาดกลาง เทคโนโลยีการผลิตปู๋จึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการ ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีการผลิตปู๋อินทรีย์จากปลาจะใช้ต้นทุน และเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตปลาป่น ประกอบกับวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่มีคุณสมบัติบางประการที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตปู๋อินทรีย์ในเชิงอุตสาหกรรม และเป็นสิ่งที่คุ้มค่ากับการลงทุน

## 2.2 การใช้กากตะกอนจุลินทรีย์เพื่อเป็นปุ๋ย

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ (2545). ได้กล่าวว่ากากตะกอนจุลินทรีย์ที่มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้วเป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, และแคลเซียม และธาตุอาหารรอง เช่น สังกะสีทองแดง, และแมงกานีส, ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็น และสำคัญต่อการเติบโตของพืช จากการศึกษารายงาน พบว่า การใส่กากตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสียที่เมือง Larissa ประเทศกรีซ (เป็นกากตะกอนจุลินทรีย์ที่บำบัดเป็นครั้งที่ 2) ลงในดินกรด ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เป็น 4.86 พบว่า สามารถเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง, อินทรีย์วัตถุ, ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินดังกล่าวได้

การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนจุลินทรีย์เป็นปุ๋ยนั้น ส่วนใหญ่ยึดเอาปริมาณธาตุไนโตรเจนเป็นหลัก โดยถือว่าธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่พืชมีความต้องการใช้ปริมาณมากที่สุด การใช้กากตะกอนจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศจาก Richmond ซึ่งเป็นกากตะกอนจุลินทรีย์จากชุมชน เพื่อศึกษาถึงการปลดปล่อยไนโตรเจนโดยใช้ดิน Hadley sandy loam และ Nellis loam พบว่า ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นช่วงกว้างมาก คือ ในปีแรกจะปลดปล่อยประมาณ 4 ถึงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาจากกากตะกอนจุลินทรีย์ดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้เป็นอย่างดี และกากตะกอนจุลินทรีย์เกือบทุกชนิด และทุกแหล่ง ถ้าเป็นของแข็งจะสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้ที่ละน้อยๆ และช้ากว่ากากตะกอนจุลินทรีย์ที่เป็นของเหลว

กากตะกอนจุลินทรีย์เกือบทุกชนิดประกอบด้วยสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ และง่ายต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียและไนเตรต อีกทั้งจากงานทดลองที่ศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของกากตะกอนจุลินทรีย์จากชุมชน 5 ชนิด โดยใส่กากตะกอนจุลินทรีย์ในอัตรา 2 และ 5 เปอร์เซ็นต์ บ่มเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า กากตะกอนจุลินทรีย์ที่มี C:N ratio ต่ำคือ 5.21 และ 5.66 เกิดกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนได้อย่างรวดเร็ว ส่วนกากตะกอนจุลินทรีย์ที่มี C:N ratio มากกว่า 9.10 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าการใส่อินทรีย์วัตถุที่มี C:N ratio มากกว่า 20 ลงในดินก่อให้เกิดการขาดไนโตรเจนสำหรับพืช ในขณะที่การใส่อินทรีย์วัตถุลงในดินที่มี C:N ratio น้อยกว่า 20 เกิดการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เหมาะสม และการใส่กากตะกอนจุลินทรีย์มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ เกิดการยับยั้งกระบวนการปล่อยไนโตรเจน

## 2.3 ปุ๋ยหมักและกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก ( Compost and Composting )

www.greenag.org ได้กล่าวถึงปุ๋ยหมักว่า ปุ๋ยหมักเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เพราะพืชจะให้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในปริมาณที่เพียงพอ โดยปกติพืชจะได้ธาตุอาหารต่าง ๆ จากดิน แต่เนื่องจากพื้นที่ดินที่ทำการเพาะปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน ประกอบการนำผลิตภัณฑ์จากพืชไปใช้โดยมนุษย์ ธาตุอาหารต่างๆ ในดินจึงถูกนำออกไปจากดินด้วย จึงทำให้ธาตุอาหารมีปริมาณลดลงและเสื่อมสภาพความสมดุลไป นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆ เช่น สภาพภูมิอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ก็จะทำให้ดินเสื่อมเร็วกว่าประเทศในเขตหนาวหรือเขตอบอุ่นกว่า ดังนั้นจะต้องมีการปรับปรุงบำรุงรักษา มิฉะนั้นแม้แต่ดินที่ทำการบุกเบิกมาใช้ทำการเกษตรใหม่ๆ ก็จะทำให้เสื่อมความอุดมสมบูรณ์ไปอย่างรวดเร็ว

จากการสำรวจดินพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1% อยู่ถึง 191 ล้านไร่ หรือ 60% ของพื้นที่ทั้งประเทศ ( 320 ล้านไร่ ) และมีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่ในปริมาณค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องใส่เพิ่มลงไปลงในดินในรูปปุ๋ย ปุ๋ยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เป็นปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์หรือแปรสภาพแร่ธาตุทางเคมีบางชนิด เพื่อให้อยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อไปได้โดยตรง ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นเวลามากมายปีมาแล้ว จนก่อให้เกิดปัญหาดินเสื่อมคุณภาพลง เพราะเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดี๋ยวดติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ดินเกิดการเกาะตัวกันแน่นมากขึ้น ปุ๋ยอีกประเภทหนึ่งก็คือ ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยธรรมชาติ เป็นปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของอินทรีย์สารตามธรรมชาติที่ได้จากซากพืชซากสัตว์ทุกชนิด สิ่งขับถ่ายจากสิ่งมีชีวิต, ปุ๋ยหมัก, ปุ๋ยคอก, อุจจาระ, ปัสสาวะ และพวกอินทรีย์สารที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เป็นต้น

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งส่วนใหญ่มากจากพืชที่ถูกหมักให้ย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ย ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับอินทรีย์วัตถุในดินทุกประการ ปุ๋ยหมักเป็นผลผลิตสุดท้ายที่คงตัว ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายทางชีววิทยาของวัสดุอินทรีย์ ถ้าการย่อยสลายเสร็จสิ้นสมบูรณ์จะเป็นวัสดุผสมมีสีน้ำตาล-ดำ ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า และปราศจากเชื้อโรค ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงโครงสร้างของดิน



### 2.3.1 คุณภาพของปุ๋ยหมัก

ข้อกำหนดสำคัญในเรื่องคุณภาพของปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยหมักควรเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุอินทรีย์เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดิน นอกจากนั้นต้องคงตัวทั้งทางเคมี และชีวะ ไม่เป็นพิษ และมีธาตุอาหารที่สมดุล ปริมาณอินทรีย์วัตถุ หรือถ้าจะกล่าวให้เจาะจงลงไป คือ ปริมาณของฮิวมัส สามารถจะใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของปุ๋ยหมักนั้นๆ คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ทั้งจากกระบวนการย่อยสลายแบบมีอากาศและแบบไม่มีอากาศ ไม่ค่อยจะแตกต่างกันนัก และคุณภาพปุ๋ยหมักจากทั้งสองกระบวนการ ก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุอินทรีย์เหลือใช้เริ่มต้น ปุ๋ยหมักที่คุณภาพที่ดีที่สุดทำมาจากวัสดุอินทรีย์ซึ่งมีการปนเปื้อนทั้งหมดมองเห็นด้วยสายตา การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์และการปนเปื้อนด้วยโลหะหนักในระดับต่ำ

### 2.3.2 ความสม่ำเสมอของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักควรสม่ำเสมอ ซึ่งหมายถึงว่า ส่วนที่เป็นอินทรีย์ของวัสดุควรจะถูกย่อยสลายอย่างพอเพียง ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้ต้องปราศจากกลิ่นและง่ายต่อการนำไปใช้ รวมทั้งการเก็บและการขนส่ง

### 2.3.3 ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากปุ๋ยเคมีอีกข้อหนึ่ง คือ ถึงแม้ว่าคุณค่าธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมีอาจจะมากกว่าในปุ๋ยหมักอย่างมาก แต่ธาตุอาหารเหล่านี้มักจะละลายและถูกชะล้างไปจากบริเวณรากพืชได้ง่าย ส่วนปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีคุณสมบัติยึดธาตุอาหารพืชในรูปคอลลอยด์ ซึ่งจะเป็นรูปที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้อย่างช้าๆ เมื่อวัสดุอินทรีย์ย่อยสลายในดินธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากปุ๋ยหมักที่มักจะมียุอยู่ในปริมาณต่ำนั้นอยู่ในรูปที่ควบคุมได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมูลสัตว์ หรือปุ๋ยคอกแล้ว ปุ๋ยหมักที่ได้มาจากขยะมูลฝอยจะมีปริมาณเกลือต่ำซึ่งเป็นผลดีต่อระบบรากพืชเพราะหากปริมาณเกลือสูง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรากพืชได้

จากตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชของวัสดุปรับปรุงโครงสร้างดินชนิดต่างๆ ที่ใช้กันในประเทศอียิปต์ ข้อมูลจากตารางชี้ให้เห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ยหมักน้อยกว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากมูลสัตว์ และตะกอนน้ำทิ้ง สิ่งนี้เป็นผลจากการย่อยสลายแบบมีอากาศของขยะในระหว่างกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก ซึ่งทำให้ไนโตรเจนบางส่วนสูญเสียไปในรูปแอมโมเนีย, มูลสัตว์, พีท(มอส), และตะกอนน้ำทิ้งย่อยสลายแบบไม่มีอากาศ จึงยังคงรักษาไนโตรเจนไว้ได้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุและอาหารพืชจากวัสดุปรับปรุงโครงสร้างดินชนิดต่าง ๆ

วัสดุปรับปรุงโครงสร้าง	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก					อัตราคาร์บอนไนโตรเจน (C:N ratio)
	ปริมาณความชื้น	อินทรีย์วัตถุ	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	
1. มูลวัว - ควาย	0.8	36.0	1.7	0.6	1.2	18:1
2. มูลไก่ไข่	8.6	4.92	1.1	-	-	26:1
3. มูลไก่เนื้อ	16.08	86.1	2.5	-	-	20:1
4. กากตะกอนน้ำทิ้ง	43.0	34.0	2.5	1.2	0.2	9-11:1
5. ฟีท (มอส)	45.50	40-45	-	-	-	-
6. ปุ๋ยหมักจากขยะ	6.5	22-25	1.3	0.8	0.9	18 :1

ที่มา : [www.greenag.org](http://www.greenag.org)

### 2.3.4 กระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก(Composting)

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก เป็นกระบวนการทางชีวเคมี ซึ่งสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปเป็นสารคล้ายฮิวมัส และเป็นกระบวนการที่ธาตุอาหารและสารอินทรีย์ในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรถูกนำมาใช้ประโยชน์อีกครั้งหนึ่ง จากข้อมูลของ [www.greenag.org](http://www.greenag.org) ได้มีผู้ให้คำจำกัดความของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักไว้มากมาย ดังเช่น

Bell (1971) ได้ให้คำจำกัดความกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักไว้ว่า เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้อากาศ มีช่วงอุณหภูมิสูงและสะสมความร้อนภายในตัวเอง ซึ่งเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ และสะสมวัสดุอินทรีย์ที่มีการย่อยสลาย

Biddle Stone และ Gray (1973) กล่าวว่า กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มีเนื้อต่างชนิดกัน โดยกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในสภาพแวดล้อมแบบมีอากาศและร้อนขึ้น

Muller (1967) บ่งไว้ว่าในท้ายที่สุด กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นเช่นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทางจุลชีววิทยาที่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งกระบวนการทางจุลชีววิทยานี้ผันแปรจากกระบวนการแบบมีอากาศจนถึงกระบวนการแบบไม่ใช้อากาศ

American Society of Agricultural Engineers (1975) กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้อินทรีย์แบบมีอากาศที่อุณหภูมิสูง เป็นสารประกอบฮิวมัสที่ค่อนข้างคงตัวฮิวมัสที่เกิดขึ้นนี้อาจจะมีถึง 25% และจะย่อยสลายต่อไปอย่างช้ามาก แต่ก็คงตัวเพียงพอที่จะไม่ร้อนขึ้นมาอีกหรือก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนหรือเป็นที่เกิดของแมลงวัน

Haug (1980) จำกัดความกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักว่า เป็นการย่อยสลายและการทำให้คงตัวทางชีววิทยาของวัสดุอินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่เอื้อต่อการสะสมอุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นผลจากการสร้างความร้อนโดยปฏิกิริยาทางชีววิทยา ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จะมีความคงตัวเพียงพอที่จะนำไปเก็บและใส่ลงดิน โดยไม่ก่อให้เกิดผลร้ายต่อสิ่งแวดล้อม

คำจำกัดความของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักที่เป็นที่ยอมรับกันไม่นานนักในทวีปยุโรปก็คือ กระบวนการที่ควบคุมได้ซึ่งเกิดมาจากกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ ทั้งประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophiles) และที่ชอบอุณหภูมิสูง (thermophiles) ซึ่งนำไปสู่การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, น้ำ, ธาตุอาหาร และอินทรีย์วัตถุที่คงตัว

Pereira-Neta (1987) และ Viel (1987) ให้คำจำกัดความกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบมีอากาศไว้ดังนี้ เป็นกระบวนการซึ่งปฏิกิริยาทางชีววิทยาแบบมีการสร้างความร้อนเกิดขึ้น โดยประชากรจุลินทรีย์แบบใช้อากาศ

Finstein (1975) เรียกกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก เป็นเหมือนปรากฏการณ์ซึ่งมวลของวัสดุอินทรีย์มีแนวโน้มเกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากภายในกองวัสดุนั้น และผลิตผลที่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเศรษฐกิจ กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้เพื่อเทคโนโลยีเพื่อการกำจัดของเสีย เพราะเป็นกระบวนการที่มุ่งใช้กับวัสดุที่เน่าเหม็น ก่อให้เกิดการลดลงของปริมาณ น้ำหนักและปริมาณน้ำ ผลิตวัสดุสุดท้ายที่คงตัว และเป็นกระบวนการที่ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

Finstein และคณะ (1982) กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักนี้แตกต่างจากการย่อย (digestion) หรือการหมัก (fermentation) ตรงที่สารที่นำมาย่อยสลายนั้น เริ่มแรกเป็นของแข็งซึ่งมีช่องว่างเปิดมากกว่าที่จะเป็นของแข็งในของเหลว หรือในกึ่งของเหลว กระบวนการเกิดขึ้นในสภาพไม่มีอากาศในที่มีอุณหภูมิปานกลางไปจนถึงอุณหภูมิสูง แต่สภาพที่เอื้ออำนวยให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ที่สุดก็คือ สภาพที่มีอากาศและอุณหภูมิสูง ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก คือ ส่วนผสมของอนุภาคที่คงตัวและมีประโยชน์ โดยใช้เป็นสิ่งที่ช่วยปรับสภาพดิน ปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยาของดินให้ดีขึ้น และมีผลก่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิต

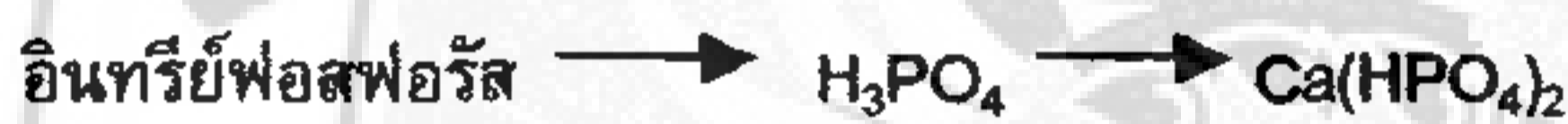
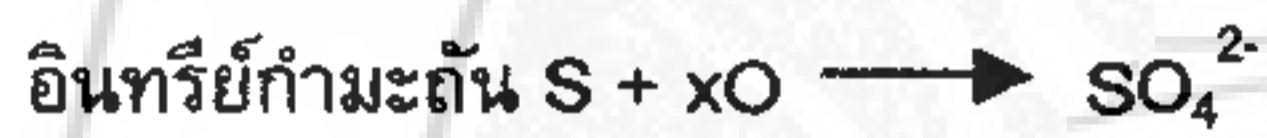
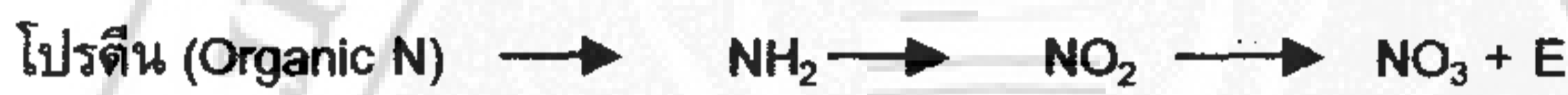
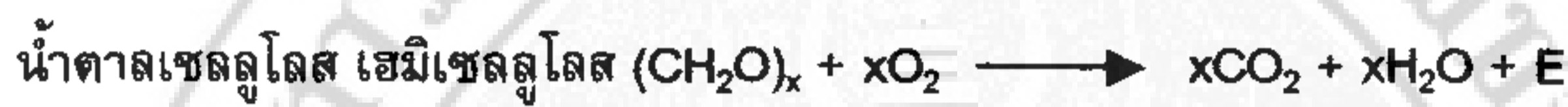
Bredenbach (1971) กระบวนการย่อยสลายอาจเกิดได้ตามธรรมชาติ เช่น การย่อยสลายของเศษใบไม้ในป่า หรือ การย่อยสลายของซากพืชที่ตายแล้วในดิน นอกจากนี้ยังอาจเป็นกระบวนการที่มนุษย์เป็นผู้กระตุ้นเร่งให้เกิดขึ้นก็ได้ เช่น การเพิ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยเซลลูโลสลงไปกองปุ๋ยหมัก



### 2.3.5 หลักของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก

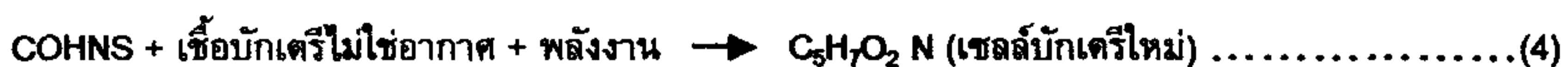
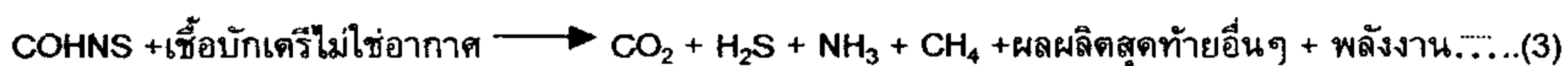
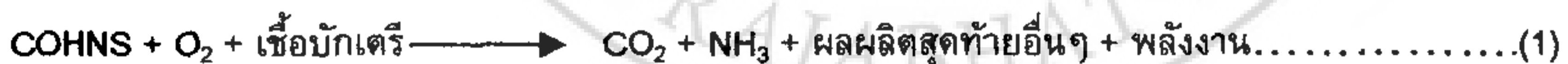
จาก [www.greenag.org](http://www.greenag.org) ได้กล่าวว่า การย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นโดยกลุ่มของจุลินทรีย์ ต่างๆ กัน ซึ่งมีทั้ง เชื้อแบคทีเรีย, ราแอกติโนมัยซิส และโปรโตซัว เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ก็คือ เชื้อจุลินทรีย์พวกที่ย่อยเซลลูโลส และลิกนิน จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการย่อยสลายได้รับพลังงาน และคาร์บอนจากการย่อยสลายวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ และจุลินทรีย์จะใช้คาร์บอน 10 ส่วน ไนโตรเจน 1 ส่วนสำหรับการสร้างเซลล์โปรโตพลาส

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เกิดขึ้นในสภาวะมีอากาศ ปฏิกริยาสำคัญที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะการย่อยสลายแบบมีอากาศเป็นดังนี้คือ



กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักคล้ายๆ กับกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น การย่อยสลายของเศษใบไม้ในป่า หรือการบ่มให้ใช้ได้ของมูลวัว ในรูปแบบที่ง่ายที่สุดอาจจะกล่าวได้ว่า กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเกิดขึ้นโดยการกองวัสดุอินทรีย์ขึ้น คลุม และกลับกองปุ๋ยหมักให้สม่ำเสมอ และทิ้งมันไว้ให้ย่อยสลาย จนกระทั่งมันเหมาะสมสำหรับการใช้ในไร่ นา สวน

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะมีอากาศ โดยเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบมีอากาศ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, แอมโมเนีย, น้ำและความร้อน แตกต่างจากกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบไม่มีอากาศ ซึ่งผลิตผลสุดท้าย คือ ก๊าซมีเทน, คาร์บอนไดออกไซด์, แอมโมเนีย, ก๊าซอื่นอีกเล็กน้อยและกรดอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำอื่น ๆ



ก๊าซแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรท โดยเชื้อแบคทีเรียพวกที่ก่อให้เกิดการเป็นไนเตรท (Nitrifying bacteria) ในช่วงบ่มให้เป็นปุ๋ยหมัก (Maturation) กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบมีอากาศ เหมาะสมสำหรับการวัสดุอินทรีย์ปริมาณมาก ๆ ตามความเป็นจริงแล้วเนื่องจากวัสดุที่จะนำมาทำปุ๋ยหมักมักจะเป็นวัสดุที่คละกันหลายชนิด และมีปริมาณมาก ดังนั้นในกองปุ๋ยหมักจะมีสภาพการย่อยสลายแบบไม่มีอากาศ อยู่ด้วยเสมอ เช่น กระบวนการทำปุ๋ยหมักในสาธารณรัฐประชาชนจีน เมื่อแรกเริ่มกองปุ๋ยจะมีสภาพเป็นแบบมีอากาศ และเป็นแบบสภาพไม่มีอากาศในระหว่างช่วงหลังของกระบวนการ ของเหลือที่ทิ้งจากพืชและสัตว์ เกือบทั้งหมด สามารถย่อยสลายได้

ดังนั้น วัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งหลายชนิดเหมาะสมสำหรับนำมาทำปุ๋ยหมัก อาทิเช่น ของเสียจำพวกผัก ผลไม้ ของเหลือทิ้งจากไร่นา เช่น ชั่งข้าวโพด, ตอซังอ้อย, แกลบ, เปลือกกล้วย, ใบไม้, หญ้า, ขี้เลื่อย, ของเหลือทิ้งจากครัว, อาหารเน่าเสีย, มูลคนและมูลสัตว์ แต่ไม่ทั้งหมดของวัสดุที่มาจากสิ่งมีชีวิตจะย่อยสลายได้อย่างเต็มที่ วัสดุที่ย่อยสลายได้น้อยก็มี เช่น ไม้ กระดูก และวัสดุอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงมาจากทางอุตสาหกรรม เช่น กระดาษและหนังฟอก เปลือกลูกมะพร้าวที่มีสีเขียวย่อยสลายได้ช้ามากเช่นกัน เพราะความแข็งและปริมาณความชื้นสูง ๆ ของเปลือกทำให้เปลือกมะพร้าวไม่เหมาะสมจะเป็นวัสดุทำปุ๋ยหมัก

### 2.3.6 ปฏิกริยาทางชีวเคมี

[www.greenag.org](http://www.greenag.org) ได้ให้รายละเอียดที่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักยังขาดแคลนอยู่ ระยะต่างๆ ซึ่งสามารถแยกออกมาให้เห็นได้จากรูปแบบอุณหภูมิของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นดังนี้

1. ระยะแฝง (Latent phase) เป็นช่วงเวลาจำเป็นสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ ที่จะปรับตัวและสร้างโคโลนีในสภาพแวดล้อมใหม่ ๆ ในกองปุ๋ยหมัก
2. ระยะเจริญเติบโต (Growth phase) เป็นระยะที่จำแนกได้จากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับปานกลาง (Mesophilic level) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมทางชีววิทยา
3. ระยะอุณหภูมิสูง (Thermophilic phase) อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุด เป็นระยะที่วัสดุเหลือทิ้งเกิดเสถียรภาพ และการทำลายเชื้อโรคมี่ประสิทธิภาพที่สุด
4. ระยะเติบโตเต็มที่ (Maturation phase) อุณหภูมิของปุ๋ยหมักลดลงเป็นอุณหภูมิปานกลาง และลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิภายนอก การย่อยสลายขั้นที่สองเกิดขึ้นซึ่งจะช้า และก่อให้เกิดการสร้างฮิวมัส ซึ่งก็คือ การเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนบางชนิดไปเป็นสารคอลลอยด์ฮิวมัส ซึ่งเกี่ยวพันอย่างใกล้ชิดกับแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็ก, แคลเซียม, ไนโตรเจน, ฯลฯ จนท้ายที่สุดเปลี่ยนเป็นฮิวมัส ขบวนการเปลี่ยนเป็นไนเตรทซึ่งแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทและท้ายที่สุดเป็นไนเตรทก็เกิดขึ้นในระยะนี้



### 2.3.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวถึง วิธีการทำปุ๋ยหมักหลายวิธี ถึงแม้ว่าหลักการของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักจะเหมือนกันในแต่ละกรณี ความสำเร็จของแต่ละวิธีขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีอิทธิพลจำนวนหนึ่ง ปัจจัยหลักซึ่งเอื้ออำนวยให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก ซึ่งสามารถควบคุมได้ระดับหนึ่งก็คือ ลักษณะเฉพาะของวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้ง เช่น ปริมาณความชื้นและค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน นอกจากนี้ยังมีการถ่ายเทอากาศของกองปุ๋ยหมัก อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่างภายในกองปุ๋ย

ประสิทธิภาพของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก โดยแท้จริงแล้วขึ้นอยู่กับกลุ่มของประชากรจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่ และทำให้วัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งนั้นๆ คงตัว กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักครั้งใดที่ไม่ได้ผลอาจจะเนื่องมาจากสภาพที่ไม่สมดุลย์ทางเคมีและทางกายภาพภายในกองปุ๋ยหมักนั้นๆ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลเหล่านั้น ได้แก่

#### 1. วัตถุดิบ

ส่วนประกอบของวัสดุอินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก วัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาทำปุ๋ยหมักแตกต่างกันไป มีทั้งวัสดุเนื้อผสมหลายชนิด เช่น ของเสียจากบ้านเรือน น้ำโสโครก จนถึงวัสดุเนื้อเดียว เช่น ของเสียที่ได้จากอุตสาหกรรมอาหาร อย่างไรก็ตาม วัสดุทั้งหลายนี้เป็นส่วนผสมของน้ำตาล, โปรตีน, ไขมัน, เซมิเซลลูโลส, เซลลูโลส, และลิกนิน ซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆกัน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของวัสดุอินทรีย์

สารประกอบ	น้ำหนักแห้งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	
	พืช	มูลสัตว์
1. น้ำตาลที่ละลายได้ในน้ำร้อน / เย็น แป้ง กรดอะมิโน กรดอิลิฟาติก ยูเรีย และเกลือแอมโมเนียม	5-30	5-20
2. ไขมันที่ละลายได้ ในอีเทอร์ / แอลกอฮอล์ น้ำมัน ไข และเรซิน	5-15	1 - 3
3. โปรตีน	5-40	5-30
4. เซมิเซลลูโลส	10-30	15-25
5. เซลลูโลส	15-60	15-30
6. ลิกนิน	5-30	10-25
7. เถ้า	1-13	5-20

ที่มา : www.greenag.org

เฮมิเซลลูโลส เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาล 50-150 หน่วยซึ่งค่อนข้างง่ายต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนเซลลูโลสเป็นโพลีเมอร์ที่ใหญ่กว่ามากและประกอบด้วยหน่วยน้ำตาล 1,000-10,000 หน่วย ซึ่งยากต่อการย่อยสลาย เซลลูโลสเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบซึ่งมีมากที่สุดในหมู่พืชในโลก และไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในกระเพาะและลำไส้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นส่วนใหญ่ สัตว์พวกนี้จึงไม่สามารถใช้เซลลูโลสให้เป็นประโยชน์ได้ แต่สัตว์จำพวกเคี้ยวเอื้อง เช่น วัวควาย สามารถใช้เซลลูโลสเป็นอาหารได้ เพราะมีแบคทีเรียในกระเพาะ ซึ่งผลิตเอนไซม์ที่เรียกว่า "เซลลูเลส" ใช้ย่อยสลายเซลลูโลสได้ สำหรับลิกนินนั้นเป็นสารผนังเซลล์ ซึ่งยากต่อการถูกย่อยสลาย

วัตถุดิบไม่ควรมีสารที่เป็นพิษเป็นส่วนประกอบ เพราะสารที่เป็นพิษนี้จะไปยับยั้งกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก ขนาดของวัตถุดิบก็มีความสำคัญ ยิ่งขนาดเล็กจะยิ่งช่วยให้การย่อยสลายเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งเนื่องจากมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น จึงง่ายต่อการที่เชื้อจุลินทรีย์จะเข้าทำปฏิกิริยากับวัตถุดิบนั้นๆ ขนาดที่เป็นที่ต้องการที่สุดสำหรับการทำปุ๋ยหมักคือ น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ในกรณีของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบมีอากาศขนาดของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักควรจะเล็กเท่าที่เป็นได้ เพื่อให้เกิดการถ่ายเทอากาศที่พอเพียง และเพื่อง่ายต่อการย่อยสลายโดยเชื้อแบคทีเรีย รา และแอกติโนมัยซิส ดังนั้นขยะและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเช่น วัชพืชน้ำและฟางข้าว ควรจะบดทำให้ขนาดเล็กลงก่อนที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก อุจจาระคนกาทะกอน และมูลสัตว์มักมีขนาดเล็กละเอียดพอเหมาะสำหรับการย่อยสลายโดยเชื้อจุลินทรีย์

อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเติมวัสดุอื่น ๆ ลงไปในของเสียดังกล่าวข้างต้นเพื่อเพิ่มค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เพื่อช่วยเสริมด้านโครงสร้างของกองปุ๋ยหมัก และเพื่อก่อให้เกิดที่ว่างสำหรับการย่อยสลายแบบมีอากาศ ตัวอย่างของวัสดุที่ใช้เติมเพิ่มลงในกองปุ๋ย คือ ขี้เลื่อย, ฟางข้าว, ดินพีท, ขี้เถ้า, และขยะจากบ้านเรือน นอกจากนี้ ชนิดและอายุของวัสดุอินทรีย์ก็มีผลต่อการเป็นปุ๋ยหมัก พืชที่มีอายุน้อยมีโปรตีนสูงจะสลายตัวได้ง่าย

เราอาจแบ่งวัตถุดิบสำหรับทำปุ๋ยหมักออกเป็น 2 พวก คือ

1. วัตถุดิบที่สลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา, ต้นกล้วย, ใบตอง, เศษหญ้าสด, เศษหญ้า, พืชอมน้ำ, เศษผัก, กากเมล็ดข้าวฟ่าง, พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ เช่น ใบกระถิน, ใบจามจุรี, ต้นถั่วเหลือง, ต้นถั่วเขียว, ถั่วฝักยาว, โสน, ปอเทือง ฯลฯ

2. วัตถุดิบที่สลายตัวยาก เช่น ฟางข้าว, แกลบ, ชานอ้อย, ขี้เลื่อย, ขุยมะพร้าว, ต้นข้าวโพด, ชังข้าวโพด, ต้นข้าวฟ่าง

## 2. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)

ระเบียบ บินอาสัน และคณะ (2544) กล่าวว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) เป็นค่าที่บอกความยากง่ายต่อการย่อยสลาย และใช้เป็นตัวกำหนดระดับการหมักที่สมบูรณ์ คือ หากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) สูง อัตราการย่อยสลายจะช้า เนื่องจากความไม่สมดุลของสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ในสภาพเช่นนี้จุลินทรีย์จะใช้สารประกอบคาร์บอนในรูปต่างๆ เป็นแหล่งของพลังงานและการเจริญเติบโต ในขณะที่เดียวกัน ต้องใช้สารประกอบไนโตรเจนด้วย แต่สารประกอบไนโตรเจนน้อยจึงเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้กิจกรรมในการย่อยสลายเกิดช้า

ความสมดุลของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 10:1 ถ้าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อสารประกอบไนโตรเจนต่ำเกินไป จะทำให้ไนโตรเจนที่มีอยู่ปริมาณมากเกิดการสูญเสียไนโตรเจน เนื่องจากกระบวนการระเหย (Ammonia volatilization) การใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 25:1 ก่อนข้างจะเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ แต่โดยทั่วไป อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) เริ่มต้นที่มีแนวโน้มเหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายวัสดุจะอยู่ในช่วง 20-40

ดังนั้น ในกรณีที่ใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) สูงมากๆ ต้องมีการเติมสารประกอบไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยเคมี หรือสารประกอบอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ การยกระดับปริมาณไนโตรเจนให้สูงขึ้นจะทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) มีค่าต่ำลงกระบวนการย่อยสลายจะเร็วขึ้น

นอกจากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ยังใช้พิจารณาว่าวัสดุที่นำมาย่อยสลายแปรสภาพเป็นปุ๋ยหมัก โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ที่ใช้กำหนดการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์คือ 20:1



ตารางที่ 2.3 แสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของของเหลือทิ้งต่าง ๆ

วัสดุ	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง)	อัตราส่วนคาร์บอน : ไนโตรเจน (C:N ratio)
1. อุจจาระคน	5.5 - 6.5	6-10
2. ปัสสาวะ	15-18	0.8
3. เลือด	10-14	3.0
4. มูลวัว	1.7	18
5. มูลสัตว์ปีก	6.8	15
6. มูลแกะ	3.8	-
7. มูลหมู	3.8	-
8. มูลม้า	2.3	25
9. กากตะกอนน้ำทิ้งดิบ	4-7	11
10. กากตะกอนน้ำทิ้งซึ่งบำบัดแล้ว	2-4	-
11. เศษหญ้าผสม	2.4	17
12. พืชผักที่ไม่ใช่ตระกูลถั่ว	2.5-4	11-12
13. ฟางข้าวสาลี	0.3-0.5	128-150
14. ฟางข้าวโอ๊ต	1.1	48
15. ขี้เลื่อย	0.1	200-500

ที่มา : [www.greenag.org](http://www.greenag.org)

ตารางที่ 2.4 แสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์ และพืชชนิดต่าง ๆ

วัสดุอินทรีย์ และชนิดของพืช	ชนิด	C/N
วัชพืช	หญ้าคา	60
	หญ้าญี่ปุ่น	12
	หญ้าขน	15
	หญ้าชันกาด	21
	หญ้าจรจบ	27-78
	กกลังกา	25
	สาบเสือ	23
	ผักตบชวา	24-60
พืชตระกูลถั่ว	ถั่วลาย	15
	ปอเทือง	23
ตอซังพืช	ต้นมันสำปะหลัง	29
	ซังข้าวโพด	112
	ต้นข้าวโพด	55
	เปลือกลูกเดือย	38
	เปลือกถั่วเขียว	16
	เปลือกถั่วลิสง	41
	แกลบ	111-152
	ฟางข้าว	40-89
	ขี้เลื่อย	194
มูลสัตว์	มูลสุกร	13
	มูลเป็ด	21
เชื้อจุลินทรีย์	בקเตรี	5
	รา	10

ที่มา : [www.greenag.org](http://www.greenag.org)

www.greenag.org ได้กล่าวว่า ในการทำปุ๋ยหมัก อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุต่างๆ ควรจะถูกปรับให้มีค่าที่เหมาะสม คือ อยู่ในช่วง 20-40 เสียก่อน ในทางปฏิบัติการคำนวณเพื่อปรับให้ได้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมนั้นกระทำได้ยาก อันเนื่องมาจากปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ส่วนที่เป็นคาร์บอน เช่น เซลลูโลส และลิกนินจะทนทานต่อการย่อยสลายทางชีววิทยา และต้องใช้เวลาดการย่อยสลายนานขึ้น

2. ธาตุอาหารบางอย่าง เช่น ไพรอติ น พวกคีราติน จะอยู่ในรูปที่ยากต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย

3. การตรึงไนโตรเจนบางอย่างเกิดขึ้นได้ โดยเชื้อแบคทีเรียพวก Azotobacter โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีฟอสเฟตมากเพียงพอ

4. การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนค่อนข้างยากและไม่ถูกต้อง ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของวัสดุที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสม เช่น ขี้เลื่อย และฟางข้าวสาลี เชื้อจุลินทรีย์จะมีข้อจำกัดด้านการเจริญเติบโต อันเนื่องมาจากการขาดไนโตรเจน จุลินทรีย์ต้องเจริญเติบโตผ่านวงจรชีวิตหลายครั้ง โดยการออกซิไดซ์คาร์บอนส่วนเกิน จนกระทั่งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสุดท้ายของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก จะได้ประมาณ 10:1 ดังนั้น เวลาดการเป็นปุ๋ยหมักนานขึ้น และฮิว่มส์ที่ได้จะมีปริมาณน้อยลง ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่บันทึกไว้ได้ มีดังต่อไปนี้

- ถ้าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก = 20 เวลาสำหรับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักประมาณ 12 วัน
- ถ้าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก = 20-50 เวลาสำหรับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักประมาณ 14 วัน
- ถ้าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก = 78 เวลาสำหรับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักประมาณ 21 วัน
- ถ้าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม จะเกิดกระบวนการตรึงแอมโมเนีย (ammonification) ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนไปในรูปของก๊าซแอมโมเนีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาพอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างสูง พร้อมทั้งมีการระบายอากาศ



### 3. ปริมาณความชื้น

จาก [www.greenag.org](http://www.greenag.org) ได้กล่าวถึง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์โดยเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยสาเหตุที่น้ำจำเป็นสำหรับการละลายธาตุอาหาร และเป็นส่วนของเซลล์โปรโตพลาส ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 50% สามารถยับยั้งกิจกรรมทางชีวภาพได้อย่างรุนแรง ปริมาณความชื้นที่มากเกินไปจะก่อให้เกิดการชะล้างธาตุอาหาร และเชื้อโรคออกจากกองปุ๋ย ในกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ น้ำปริมาณมากเกินไปไปกั้นทางเดินอากาศ ทำให้กองปุ๋ยหมักมีสภาพเป็นไร้อากาศ ปริมาณความชื้นระหว่าง 50-70% (เฉลี่ย 60%) เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก และควรจะต้องดำรงไว้ในช่วงที่จุลินทรีย์มีกิจกรรม เช่น ช่วงระยะการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิปานกลาง และช่วงอุณหภูมิสูง

การรักษาปริมาณความชื้นสำหรับกองปุ๋ยหมักอาจทำได้โดยพ่นน้ำให้กองปุ๋ย เมื่อพบว่ากองปุ๋ยหมักมีปริมาณความชื้นต่ำไป ถ้ากองปุ๋ยหมักชื้นมากให้ใส่วัสดุที่จะซับความชื้นได้เพิ่มลงไปในกองปุ๋ย เช่น ฟางข้าว ชี้เลื่อย โดยปกติแล้วเป็นการยากที่จะคงรักษาให้กองปุ๋ยมีปริมาณความชื้นที่พอเหมาะ สาเหตุหลักที่เป็นดังนี้ เนื่องมาจากขนาดรูปร่าง และธรรมชาติของวัสดุที่ผสมอยู่ในกองปุ๋ยหมัก วัสดุอินทรีย์บางชนิด เช่น ใบไม้แก่, ฟางข้าวโรน, ฟางข้าวสาลี, ชี้เลื่อยหรือวัสดุอื่นที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง มักจะต้านการซึมผ่านของน้ำและทำให้เปียกยาก

ดังนั้นวิธีแก้ไขทำได้โดย การใส่ผงซักฟอกจำนวนเล็กน้อยลงในน้ำ แล้วพ่นให้ทั่วกองปุ๋ยเพื่อเพิ่มความเปียกให้ผิวหน้าวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักนั้น ๆ

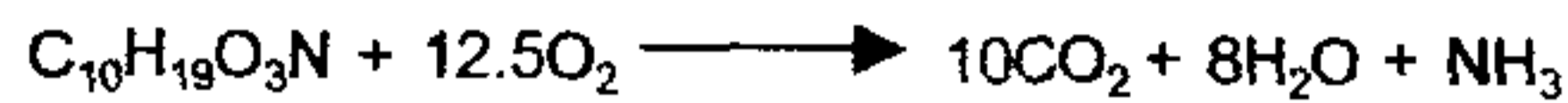
### 4. การถ่ายเทอากาศ

[www.greenag.org](http://www.greenag.org) ได้กล่าวว่า การถ่ายเทอากาศที่พอเหมาะ จำเป็นสำหรับการทำปุ๋ยหมัก เป็นการเติมก๊าซออกซิเจนแก่เชื้อจุลินทรีย์พวกที่ต้องใช้อากาศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักการเติมอากาศทางกล ร่วมกับการระบายอากาศที่สอดคล้องกัน มีแนวโน้มทำให้กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักดำเนินเร็วขึ้น กองปุ๋ยหมักที่เติมอากาศตามธรรมชาติซึ่งไม่ค่อยมีการกลับกองปุ๋ยสามารถย่อยสลายภายใน 8-12 สัปดาห์ โดยมีเงื่อนไขว่า ปริมาณความชื้น และปัจจัยอื่นๆ อยู่สภาพเหมาะสม

การเติมอากาศให้กองปุ๋ยหมักทางกลสามารถลดเวลาที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักลงอยู่ในช่วง 2-3 สัปดาห์ และมีข้อแนะนำว่าภายหลังระยะเวลาย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักจะต้องผ่านการบ่มเป็นเวลาหลายสัปดาห์ถึงหลายเดือน แล้วแต่ความต้องการด้านการคงตัวของปุ๋ยหมักซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ถ้าจะใช้ปุ๋ยหมักเพื่อเพาะปลูกในไร่นา ก็อาจจะไม่จำเป็นต้องผ่านการบ่ม อย่างไรก็ตามถ้าใช้ปุ๋ยหมักสำหรับการเพาะปลูกในเรือนกระจก หรือในสวนหลังบ้าน แนะนำให้บ่มปุ๋ยหมักที่ได้สัก 2-3 เดือน ในช่วงเวลาบ่มนี้ ปุ๋ยหมักจะย่อยสลายต่อไปอย่างช้ามาก ๆ

การระบายอากาศมากเกินไปเป็นสิ่งที่ไม่ดี และก่อให้เกิดการสูญเสียความร้อนจากกองปุ๋ย ในขณะที่การระบายอากาศน้อยเกินไป อาจจะทำให้เกิดสภาพไร้อากาศได้ภายในกองปุ๋ยหมัก วิธีธรรมดาๆ ที่ใช้เพื่อพิจารณาความต้องการการระบายอากาศของกองปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับ ปฏิกริยา stoichiometric ของการออกซิเดชันของวัสดุเหลือทิ้ง สิ่งที่เป็นสำหรับการคำนวณ ก็คือ ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่จะนำมาทำ

ปุ๋ยหมัก หรือที่จะถูกออกซิไดซ์ เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักเป็นส่วนผสมของสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ชนิด ในทางปฏิบัติจึงใช้สูตร  $C_{10}H_{19}O_3N$  และ  $C_5H_7O_2N$  แทนค่าส่วนประกอบทางเคมีสมการ stoichiometric ของการออกซิเดชันที่สมบูรณ์ของสารประกอบเหล่านี้ คือ



## 5. อุณหภูมิ

ระเบียบ บินอาสัน และคณะ (2544) ได้กล่าวว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการย่อยสลาย หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะมีผลชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลง อุณหภูมิสูงสุดไม่ควรเกิน 70 องศาเซลเซียส

จากการหมักปุ๋ย พบว่า หลังจากหมักปุ๋ยอุณหภูมิจะสูงขึ้นในช่วงแรก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีในปุ๋ยหมักจะย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายอย่างรวดเร็ว ซึ่งจุลินทรีย์พวกนี้มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ การที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นนั้น จะมีผลยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดในปุ๋ยหมัก ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นช้าลง แต่เมื่อการย่อยสลายช้าลงจะมีผลให้อุณหภูมิลดลงเช่นกัน เมื่อลดลงถึงจุดหนึ่งจุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งในช่วงแรกจะสามารถย่อยสลายได้รวดเร็วขึ้น

จาก [www.greenag.org](http://www.greenag.org) กล่าวว่า หากอุณหภูมิลดลงถึง 55 องศาเซลเซียส ก็จะมีผลดี คือ ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกที่ก่อโรคในพืชได้ แต่หากลดลงมากเกินไป คือ ต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในกระบวนการหมักอาจมีการเจริญเติบโตที่ช้า (ในกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ช้ามาก แต่ไม่ถึงกับหยุดชะงัก) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักปุ๋ยควรอยู่ในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

## 6. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ระเบียบ บินอาสัน และคณะ (2544) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักในช่วงแรกจะลดลงจากเดิม สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะในช่วงแรกจุลินทรีย์หลายชนิดย่อยสลายสารประกอบที่ย่อยสลายได้เร็ว และผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดออกมา ต่อมาเมื่อการย่อยสลายลดลงการผลิตกรดอินทรีย์ก็จะลดลงด้วย และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เพิ่มขึ้นช้าๆ ในช่วงหลังการหมักประมาณ 1 สัปดาห์ และหลังจากนั้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) จะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก คือ จะอยู่ในช่วง 7.0-8.5 โดยทั่วไปค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของวัสดุจะอยู่ในช่วง 3.0-11.0 สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยได้ แต่ภาวะที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ 5.5-8.0

## 7. เชื้อจุลินทรีย์

www.greenag.org ได้กล่าวว่า กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศเป็นกระบวนการซึ่งสิ่งมีชีวิตหลายชนิดมีบทบาทเกี่ยวข้องร่วมกัน แต่ละชนิดของสิ่งมีชีวิตจะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละช่วงเวลา และแต่ละเชื้อจะมีกิจกรรมการย่อยสลายในรูปแบบเฉพาะของตัวเอง สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ คือ เชื้อจุลินทรีย์ เช่น เชื้อแบคทีเรีย, เชื้อรา, เชื้อแอสคิตินอมัยซิส, และโปรโตซัว และอาจจะเกี่ยวข้องกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น พวกไส้เดือนฝอย ไส้เดือนดิน ปลวก และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

วัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งถูกย่อยสลายครั้งแรกโดยผู้บริโภคชั้นที่ 1 (first level consumers) ซึ่งได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย, เชื้อรา, และเชื้อแอสคิตินอมัยซิส ขั้นตอนการทำให้อุณหภูมิสูงแล้วเป็นผลมาจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อแบคทีเรียพวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลางเป็นพวกแรกที่ปรากฏ ต่อมาภายหลังเมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นเชื้อแบคทีเรียพวกที่ขึ้นในอุณหภูมิสูง ซึ่งมีอยู่ทั่วทุกส่วนของกองปุ๋ยหมักจะปรากฏ ส่วนเชื้อราที่ขึ้นที่อุณหภูมิสูงมักจะเจริญเติบโตใน 5-10 วันหลังการกองปุ๋ย

อย่างไรก็ตาม ถ้าอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยสูงเกินไป คือ มากกว่า 65-70 องศาเซลเซียส เชื้อรา เชื้อแอสคิตินอมัยซิส และส่วนมากของเชื้อแบคทีเรียจะไม่มีกิจกรรม มีเพียงเชื้อแบคทีเรียที่สร้างสปอร์เท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ ในช่วงสุดท้ายของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก เมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยลดลงจะพบเชื้อแอสคิตินอมัยซิส เจริญเติบโตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถจะสังเกตได้จากบริเวณรอบนอกของกองปุ๋ยหมัก มีสีขาว หรือสีน้ำตาลของกลุ่มโคโคไธนีเชื้อแอสคิตินอมัยซิส

การย่อยสลายโปรตีนและสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอื่น เกิดจากกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียพวกที่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิสูง ซึ่งส่วนมาก คือ เชื้อแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* spp. เชื้อรา และเชื้อแอสคิตินอมัยซิส มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส ลิกนิน และวัสดุที่ย่อยสลายยากอื่นๆ ซึ่งจะถูกย่อยสลายภายหลังที่วัสดุย่อยสลายได้ง่ายกว่าถูกใช้ประโยชน์เชื้อแอสคิตินอมัยซินั้น สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้เพียงเล็กน้อยและย่อยสลายน้อยกว่าเชื้อรา แต่จะย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน เชื้อรามีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสมากกว่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อแอสคิตินอมัยซิสที่มักพบจากกองปุ๋ยหมักอยู่ในจีนัส *Streptomyces* และ *Thermoactinomyces* ในขณะที่ *Aspergillus* เป็นจีนัสเชื้อราที่พบโดยทั่วไปในกองปุ๋ยหมัก

ภายหลังช่วงเวลาดังกล่าวข้างต้น ผู้บริโภคชั้นที่ 1 ทั้งหมดกลายเป็นอาหารสำหรับผู้บริโภคชั้นที่ 2 (Second-level consumers) เช่น ปลวก, ไส้เดือนฝอย, โปรโตซัว และโรติเฟอร์ ต่อมาผู้บริโภคชั้นที่ 3 (third-level consumers) เช่น ตะขาบ, แมลงเต่าทอง, และมด จะกินแมลงผู้บริโภคชั้นที่ 2



### 2.3.8 จุลินทรีย์กับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวไว้ว่า เชลลูโลสเป็นส่วนประกอบสำคัญของวัตถุที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ดังนั้นจึงสมควรทราบเชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเชลลูโลส เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเชลลูโลส มีอยู่ทั่วไปพบได้ใน ดินนา, ดินป่า, มูลสัตว์ และบนซากพืชที่เน่าเปื่อยผุพัง มีทั้งพวกที่ต้องการก๊าซออกซิเจนและไม่ต้องการ พวกที่มีชีวิตอยู่ได้ในที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เป็นกรดหรือเป็นด่าง ระดับความชื้นที่สูงและต่ำ และจากอุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งเพียงเล็กน้อยจนถึงอุณหภูมิสูง เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถใช้เชลลูโลสได้นั้นมีทั้งพวกแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการ เชื้อราที่มีเส้นสายเชื้อเห็ดรา เชื้อแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูง และเชื้อแอคติโนมัยซิส ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ในรูปของเชื้อเดี่ยวบริสุทธิ์ แต่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในธรรมชาตินั้น เป็นผลมาจากการร่วมมือกระทำของเชื้อหลายชนิด ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบการทำงานของเชื้อเดี่ยวบริสุทธิ์ที่เพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการ กับเชื้อมีอยู่ตามธรรมชาติ

สามารถแบ่งเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเชลลูโลสได้ดังนี้

#### 1. เชื้อจุลินทรีย์ประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และใช้อากาศ

1.1 ราในจีนัส *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Thilavia*, *Memmoniella*, *Phoma* และ *Trichoderma*

นอกจากนี้ ยังพบว่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพภายในจีนัส *Alternaria*, *Coprinus*, *Myrothecium*, *Penicillium*, *Polyporus*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Trichothecium*, *Verticillium*, *Syngorhynchus* และ *Fomes*

1.2 แบคทีเรียในจีนัส *Cytophaga*, *Achromobacter*, *Sporocytophaga*, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Bacillus* และ *Cellulomonas*

1.3 แอคติโนมัยซิส มี *Streptomyces*, *icromonospora*, *Nocardia* และ *Streptosporangium* จุลินทรีย์พวกนี้ไม่มีเอ็นไซม์ที่ย่อยสลายเชลลูโลส แต่เมื่อเทียบกับราและแบคทีเรียแล้วส่วนใหญ่จะย่อยสลายช้ากว่า

นอกจากนี้ยังมีพวกโปรโตซัว เช่น *Hartmanella* และ *Schizopyrenus* โปรโตซัวในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ชั้นสูงหลายชนิด สามารถย่อยสลายโมเลกุลเชลลูโลสได้

#### 2. เชื้อจุลินทรีย์ประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และไม่ใช้อากาศ

จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถย่อยสลายเชลลูโลสได้ในที่ที่ไม่มีออกซิเจนผลผลิตของการย่อยสลายแบบนี้คือ เอทานอล และกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก, กรดฟอร์มิก, กรดแลคติก และกรดบิวไทริก จุลินทรีย์ประเภทราและแอคติโนมัยซิสไม่มีบทบาทสำคัญเท่าใดนักต่อการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศแบบนี้ เชื้อจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศที่พบโดยทั่วไปในธรรมชาติ อยู่ในจีนัส *Clostridium* ซึ่งพบใน ดิน, ปุ๋ยหมัก, มูลสัตว์, โคลนตมจากแม่น้ำ และน้ำเสีย

### 3. เชื้อจุลินทรีย์ประเภทชอบอุณหภูมิสูงใช้ และไม่ใช้อากาศ

จุลินทรีย์ทั้งใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากว่ามีอุณหภูมิสูงมาเกี่ยวข้อง การย่อยสลายจึงดำเนินไปอย่างรวดเร็วเป็นพิเศษ บักเตรี Clostridium, Themocellum มีบทบาทสำคัญ และพบได้ทั่วไปในกองปุ๋ยหมักช่วงอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการย่อยสลายของเชื้อพวกนี้อยู่ในช่วง 55-65 องศาเซลเซียส ถ้าที่ 50 องศาเซลเซียส กิจกรรมจะน้อยและไม่มีการเจริญเติบโต เมื่ออุณหภูมิที่สูงกว่า 65 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ เป็นกลาง

### 2.3.9 ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักที่ถูกต้อง และประหยัด

จาก [www.greenag.org](http://www.greenag.org) ได้เสนอขั้นตอนที่สามารถจัดการทำปุ๋ยหมักที่ถูกต้องได้ดังนี้

#### 1. เลือกวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก

วัสดุที่จะนำมาใช้ควรเป็นส่วนของพืชที่หาได้ง่าย มีปริมาณมาก และอยู่ใกล้มือ อาจแบ่งวัสดุที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก 2 ชนิด ตามความยากง่ายในการสลายตัว คือ วัสดุที่สลายตัวช้า เช่น ช้างข้าวโพด, กากอ้อย, และฟางข้าว ซึ่งมีค่า C:N ratio กว้างเกินกว่า 60:1 วัสดุที่สลายตัวเร็ว ได้แก่ ต้นใบข้าวโพด, ข้าวฟ่าง, ต้นพืชตระกูลถั่ว, วัชพืชต่างๆ ตลอดจนผักตบชวา

สำหรับส่วนที่คงเหลืออยู่ในไร่นา เช่น คอช้างข้าวโพด, ข้าวฟ่าง, ข้าว, ต้นมันสำปะหลัง, ต้นถั่วเขียว ฯลฯ ควรไถกลบลงดินเพราะเป็นการประหยัดที่คุ้มค่าน่าจะนำมาทำปุ๋ยหมัก สำหรับวัสดุจำพวกแกลบขี้เลื่อย, ขุยมะพร้าว และเปลือกถั่วลิสง เหล่านี้เป็นต้นควรนำไปใส่ดินโดยตรงเพื่อช่วยให้ดินโปร่ง

#### 2. ใส่ตัวเร่งเพิ่มลงในกองปุ๋ย

เพื่อให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี และในระยะเวลาอันสั้น จึงควรใส่ตัวเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย ซึ่งได้แก่ ดินดี(ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง), มูลสัตว์ต่างๆ, ปุ๋ยเคมี( แอมโมเนียมซัลเฟต, ยูเรีย), ปูนขาวหรือขี้เถ้า, และจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลาย

#### 3. จัดหาอุปกรณ์ในการทำปุ๋ยหมัก

เพื่อสะดวกและประหยัดเวลาในการกองปุ๋ย เครื่องเหล่านี้ ได้แก่ คราด, เบง, บั้งกี, จอบเสียม, พลั่ว, ถังน้ำ, บัวรดน้ำ ตลอดจนรถเข็นที่จะบรรทุกสิ่งของต่าง ๆ

#### 4. เลือกสถานที่

การพิจารณาเลือกสถานที่กองปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับ

4.1 แหล่งของวัสดุอินทรีย์ เช่น ลานนวดข้าว หรือแหล่งสะสมซากพืชในการกำจัดวัชพืช

4.2 แหล่งน้ำ จำเป็นต้องใกล้น้ำมากที่สุด แต่ต้องอยู่ห่างพอควรจากแหล่งน้ำบริเวณ

4.3 ลานกอง ควรเลือกที่ค่อนน้ำไม่ขังและเป็นพื้นที่ที่มีการปรับระดับให้ราบเสมอ เพื่อสะดวกในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ต้องใกล้พอควรกับแหล่งที่จะนำปุ๋ยหมักไปใช้ โดยห่างจากเคหสถานในระยะที่ไกลพอจากกลิ่นรบกวน

วิธีการเกี่ยวกับการผลิตปุ๋ยหมักได้แตกต่างกันไปตามจุดประสงค์ของผู้ผลิต ชนิด และปริมาณวัสดุอินทรีย์ ตลอดจนสภาพแวดล้อม อาทิเช่น ฤดูกาล, ปริมาณฝน, และอุณหภูมิ เป็นต้น

ดังนั้น จึงมีการกองหลายแบบคล้ายตามความต้องการสภาพแวดล้อม เช่น กองกลางแจ้ง โดยกองบนดิน, บนพื้นซีเมนต์, ในคอกบนพื้น หรือในหลุมซึ่งอาจสร้างหลุมดินหรือหลุมซีเมนต์ นอกจากนี้ ยังอาจสร้างโรงเรือนทั้งแบบชั่วคราว หรือแบบถาวร เพื่อการกองปุ๋ยหมัก

## 2.4 วิธีการหมักที่ใช้ในปัจจุบัน

วูทธีนันท์ ศิริพงศ์ (2540) ได้กล่าวถึงวิธีการหมักไว้ดังนี้

### 2.4.1. Windrow

เป็นวิธีการที่ใช้มาเป็นเวลานานไม่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งทำได้โดยการนำขยะมากองไว้ และพลิกในเวลาที่เหมาะสมเพื่อเติมอากาศให้ปฏิกิริยาเป็นแบบแอโรบิคอย่างสมบูรณ์ ขนาดของกองขยะขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการพลิกกองขยะ เช่น อาจทำกองขยะใหญ่ในกรณีใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการเติมอากาศ แต่ในกรณีที่ใช้แรงคนก็ต้องทำขนาดเล็ก เพื่อเติมอากาศโดยการพลิกให้ทั่วถึงเนื่องจากการพลิกกองปุ๋ยหมักต้องมีการย้ายวัสดุทำให้วิธีนี้ต้องใช้พื้นที่มาก และกองปุ๋ยหมักต้องไม่สูงเกินไป เพราะวัสดุที่อยู่ลึกมากๆ อาจเกิดสภาพแอนแอโรบิคได้ และยังเป็นการไม่สะดวกต่อการพลิกกองปุ๋ยหมัก

การทำปุ๋ยหมักแบบนี้อาจทำได้หลายอย่าง คือ ขึ้นอยู่กับการใช้วัสดุที่จะนำมาทำการหมัก ซึ่งอาจเป็นขยะจากพืชไร่ จากขยะครัวเรือนหรืออาจจะเป็นวัชพืชต่างๆ ทั้งบนบก และในน้ำ และบางทีก็มีการเติมสารตัวเร่งในการหมักด้วย เช่น มูลสัตว์, ปุ๋ยเคมี หรือสารเคมีอื่นๆ การทำปุ๋ยหมักโดยทั่วไปที่นิยมทำกัน

- แบบใช้เศษพืชเพียงอย่างเดียว : นำเศษพืชมากองบนดินธรรมดาหรือพื้นซีเมนต์ก็ได้ โดยกองเศษพืชให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้างประมาณ 2-3 เมตร ความยาวของกองนั้นแล้วแต่ความต้องการ หลังจากเอาเศษพืชมากองแล้ว ขึ้นย่ำให้แน่นขณะเดียวกันก็รดน้ำให้ชุ่มเพื่อให้ น้ำได้แทรกซึมไปทั่วทุกส่วนของเศษพืช เมื่อทำการกองปุ๋ยจนได้ความสูงประมาณ 1 เมตร แล้วใช้ดินทับข้างบน ให้หนาประมาณ 1 นิ้ว
- แบบผสมสารตัวเร่งประเภทมูลสัตว์ : นำเศษพืชมากองเป็นชั้นๆ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างพืช และ มูลสัตว์ในอัตรา 100 ต่อ 10 โดยน้ำหนัก ขนาดกองกว้างประมาณ 2-3 เมตร ความยาว ประมาณ 3-7 เมตร ย่ำให้แน่นพร้อมรดน้ำให้ชุ่ม เมื่อกองเศษพืชสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร จากนั้นให้นำ มูลสัตว์ที่เตรียมไว้มาโรยข้างบนกองให้ทั่วหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร แล้วจึงนำเศษพืชมากองทับ ทำเป็นชั้นต่อๆ ไปเช่นเดียวกับการกองชั้นแรก จนได้กองปุ๋ยหนาประมาณ 1 เมตร ชั้นบนสุดใส่หน้า



ดิน หรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ทับลงไปให้หนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นระเหยออกจากกองปุ๋ยเร็วเกินไป

- แบบผสมสารตัวเร่งประเภทปุ๋ยเคมี : อัตราส่วนผสมการทำปุ๋ยหมักแบบนี้ จะใช้เศษพืชมูลสัตว์ และปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 100:10:1 โดยน้ำหนัก กองเศษพืชสูงประมาณ 1.5 เมตรหรือมีขนาดเท่ากับกองฟางขนาดย่อมๆ เกือบให้เศษพืชเป็นกองคล้ายแปลงผักให้มีขนาดกว้าง 2-3 เมตร ยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร และสูงประมาณ 30 เซนติเมตร รดน้ำให้ชุ่มพร้อมกับเหยียบย่ำให้แน่น นำมูลสัตว์ที่เตรียมไว้มาโรยลงกองเศษพืชให้ทั่วหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร จากนั้นใช้ปุ๋ยยูเรีย หรือปุ๋ยนาข้าวหวานทับลงบนมูลสัตว์ ค่อยไปจึงขนเศษพืชมากองทับชั้นต่อไป ทำเช่นเดียวกับการกองชั้นแรกทุกประการ กองอีก 3-4 ชั้นจนได้ขนาดกองปุ๋ยประมาณ 1.0-1.5 เมตร ชั้นบนสุดเอาหน้าดินมาใส่ทับลงไปให้ทั่วหนาประมาณ 2-5 เซนติเมตร
- แบบใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวเร่ง : อัตราส่วนผสมของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ทำปุ๋ยหมักแบบใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวเร่ง

เศษซากพืช	1000	กิโลกรัม (1 ตัน)
มูลสัตว์	200	กิโลกรัม
ปุ๋ยยูเรีย	2	กิโลกรัม
สารเร่งเชื้อจุลินทรีย์	150	กรัม

กองเศษพืชเป็นชั้น ย่ำให้แน่นพอสมควรพร้อมกับรดน้ำให้ชุ่ม ในขณะที่ย่ำกองปุ๋ยให้มีความกว้าง 2-3 เมตร ความยาวแล้วแต่ปริมาณของเศษพืชแต่ไม่ควรน้อยกว่า 3 เมตร ความสูงของแต่ละชั้นประมาณ 30-40 เซนติเมตร จากนั้นแบ่งมูลสัตว์โรยทับและแบ่งปุ๋ยยูเรียหวานทับชั้นบนของมูลสัตว์อีกทีหนึ่ง นำสารเร่งมาละลายในน้ำคนให้เข้ากัน นำสารละลายของสารเร่งมาราดลงบนกองเศษพืช หลังจากนั้น จึงนำเศษพืชมากองทับเป็นชั้นที่สองต่อไป ทำเช่นนี้ทุกครั้งจนกระทั่งได้กองปุ๋ยหมักประมาณ 1.0-1.5 เมตร ชั้นบนสุดควรใช้หน้าดินที่มีความสมบูรณ์ปิดทับให้หนาประมาณ 1 นิ้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

- แบบต่อเชื้อ : คือ การหมักโดยใช้ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายแล้วมาเป็นต้นคอของเชื้อจุลินทรีย์หรือสารตัวเร่ง สำหรับการหมักทำปุ๋ยครั้งต่อไป โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ทุกครั้งที่ทำปุ๋ยหมัก แต่ต้องมีการเก็บรักษาปุ๋ยหมักที่จะนำไปต่อเชื้อนี้ให้อยู่ในสภาพที่ดี คือ จะต้องไม่ทิ้งตากแดดตากฝนควรให้ความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญ

การยู่รอดของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักแบบต่อเชื้อนี้ทำได้สองวิธี คือ

1.แบบต่อเชื้อโดยใช้ปุ๋ยหมักช่วงอายุ 10-15 วัน เป็นต้นเชื้อ มีอัตราส่วนในการทำคือเศษพืช 1000 กิโลกรัม ปุ๋ยหมักอายุ 10-15 วัน 200 กิโลกรัม และปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 2 กิโลกรัม โดยนำวัสดุที่จะใช้กองปุ๋ยหมักมาแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน และเมื่อกองปุ๋ยหมักเสร็จแล้วควรมีขนาดกว้าง 2-3 เมตร สูงประมาณ 1.5-2.0 เมตร โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1 นำเศษวัสดุที่จะใช้ทำปุ๋ยหมักมากองเป็นชั้นให้มีความกว้าง 2-3 เมตร ความยาวไม่จำกัด สูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร ย่ำให้แน่นรดน้ำให้ชุ่ม

1.2 นำปุ๋ยหมักที่หมักได้ 10-15 วัน ส่วนบนมาโรยที่ผิวบนเศษวัสดุที่กองไว้ชั้นละ 50 กิโลกรัม แล้วรดน้ำให้ชุ่มแต่อย่าให้ถึงกลับแฉะมากเกินไป

1.3 นำปุ๋ยยูเรียหรือปุ๋ยเคมีอื่นๆ ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 0.5 กิโลกรัม หรือถ้าจะใช้ ปัสสาวะละลายน้ำโรย หรือราดให้ทั่วผิวบนเศษวัสดุ

1.4 ทำการกองปุ๋ยหมักชั้นต่อไปโดยให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กองในชั้นแรกจนครบทั้ง 4 ชั้น สำหรับชั้นบนสุด ให้ใช้หน้าดินที่มีความสมบูรณ์ทับหน้าประมาณ 1 นิ้ว เพื่อเป็นการรักษาความชื้น ภายในกองปุ๋ย

2.แบบต่อเชื้อโดยใช้ปุ๋ยที่ใช้ได้แล้วเป็นต้นเชื้อ

มีส่วนประกอบ คือเศษพืช 1,000 กิโลกรัม ปุ๋ยหมักที่ใช้แล้ว 200 กิโลกรัม โดยวิธีการกองปุ๋ยหมักสามารถปฏิบัติได้ เช่นเดียวกับวิธีที่หนึ่ง

#### 2.4.2 Aerated Static Pile

เป็นวิธีการที่ใช้ในการหมักกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย แต่สามารถใช้กับวัสดุประเภทอื่นได้ เช่น ขยะ เป็นการกองขยะโดยผ่านท่อเติมอากาศเข้าไปในกองขยะ ซึ่งได้ถูกเตรียมโดยสารถย่อยชิ้นเล็กๆ ปรับความชื้นแฉะและค่า C:N ratio เรียบร้อยแล้ว การกองขยะแต่ละกองจะมีเครื่องเติมอากาศ โดยปกติใช้ท่อพลาสติกผ่านเข้าไปในกองขยะโดยต่อกับเครื่องเป่าลม อากาศที่เติมเข้าไปทำให้มีการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนแล้วเป็นการควบคุมอุณหภูมิในกองปุ๋ยด้วย โดยทั่วไปจะใช้เวลา 3-4 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะถูกย่อยเป็นชิ้นเล็กๆ อีกครั้ง ในบางครั้งควรเติมขยะชิ้นใหญ่ๆ ลงไปด้วยเพื่อให้การเติมอากาศทั่วถึง

#### 2.4.3 In-Vessel Composting System

(การหมักในที่ปิด) เป็นการนำขยะมาใส่ในคอนเทนเนอร์อาจเป็นท่อขนาดใหญ่ แล้วให้อากาศผ่านทางท่อ แบ่งย่อยเป็น vertical และ horizontal system อาจเป็นถึงขนาดใหญ่วางในแนวตั้งแนวนอนแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ plug flow และไดนามิค

- plug flow : ขยะจะถูกใส่ในท่อและเคลื่อนที่ไปในท่อ โดยมีการเติมอากาศระหว่างนั้น เมื่อขยะเคลื่อนไปปลายท่อจะใช้เวลาเท่ากับเวลาที่ใช้หมัก โดยการหมักจะเกิดแบบสมบูรณ์

- ไคนามิค : ภายในท่อมีอุปกรณ์ที่ทำให้ขยะผสมกันอย่างทั่วถึงไปพร้อมๆ กับการเติมอากาศทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นทั่วถึงยิ่งขึ้น

## 2.5 รูปแบบการกองปุ๋ยหมัก

วูทธีนันท์ ศิริพงศ์ (2540). ได้กล่าวว่า การกองปุ๋ยหมักนั้นสามารถทำได้หลายแบบขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่ที่จะอำนวยให้ และฐานะของเกษตรกรแต่ละราย การกองปุ๋ยหมักแบบมีคอกนั้นอาจไม่จำเป็น ถ้าหากไม่สามารถหาได้ในท้องถิ่น อาจกองบนพื้นดินกลางแจ้งได้เลยก็ได้ ขนาดของกองปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับเศษวัสดุที่จะทำมีจำนวนมากน้อยแค่ไหน รูปแบบการกองปุ๋ยหมักมีทั้งแบบง่ายลงทุนน้อยไปจนถึงชนิดที่เป็นสิ่งถาวรและลงทุนมาก เกษตรกรจะเลือกกองปุ๋ยหมักแบบใดก็ตามความเหมาะสม ซึ่งรูปแบบการกองปุ๋ยหมักมีดังนี้

1 การกองปุ๋ยหมักบนพื้นดินกลางแจ้ง เกษตรกรที่มีทุนน้อยถ้าจะทำปุ๋ยหมักเอาไว้ควรใช้วิธีนี้เพราะเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุด ซึ่งการกองปุ๋ยบนบริเวณพื้นที่ราบเรียบ ไม่มีน้ำขัง ไม่มีโรงเรือนโดยกองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้างประมาณ 2-3 เมตร สูง 1-1.5 เมตร ความยาวไม่จำกัดแต่ไม่ควรน้อยกว่า 3 เมตร

2 การกองปุ๋ยหมักบนพื้นกลางแจ้ง ส่วนมากแล้วจะกองบนลานซีเมนต์ การกองบนพื้นซีเมนต์จะช่วยรักษาธาตุอาหารต่างๆ ไม่ให้ไหลลงสู่พื้นดินข้างล่าง และเวลาการกลับกองปุ๋ยหมักก็สะดวกมีข้อเสีย คือ ลงทุนสูงกว่าแบบแรก

3 การกองปุ๋ยหมักบนพื้นดินในคอกไม้ เป็นการกองกลางแจ้งไม่มีหลังคา การกองให้กองซ้อนไปด้านใดด้านหนึ่ง เวลากลับก็ให้กลับจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งก็ได้ ข้อดี คือ ทำการกองปุ๋ยได้ง่ายเพราะมีคอกกันไว้ และยังกันสัตว์ต่างๆ ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามอาจต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำคอกด้วย

4 การกองปุ๋ยหมักแบบโรงเรือนไม่มีหลังคา เป็นโรงเรือนที่สร้างด้วยวัสดุราคาถูกลงหาได้ในท้องถิ่น วิธีนี้เกษตรกรต้องการผลิตปุ๋ยหมักเพียงชั่วคราว

5 การกองปุ๋ยหมักแบบมีโรงเรือนมีหลังคา เป็นโรงเรือนที่ทำด้วยวัสดุถาวร วิธีนี้เจ้าของต้องการใช้สถานที่ผลิตปุ๋ยหมักอย่างถาวร แล้วใช้ประโยชน์อย่างอื่นด้วย

6 การกองปุ๋ยหมักแบบหลุมธรรมดา วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ค่อน เป็นวิธีที่ประหยัดลงทุนไม่มากมี 3 แบบแล้วแต่ต้องการ คือ

- แบบหลุมเดี่ยว การกองให้กองเพียงครั้งเดียวของหลุมจนเต็มการกลับปุ๋ยให้กลับจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง



- แบบสองหลุม ลักษณะเช่นเดียวกับแบบ1 แต่ให้มีทางระบายน้ำออกทั้ง 2 หลุมและให้ 2 หลุมติดกัน การกองให้กองให้เต็มหลุมหนึ่ง การกลับปุ๋ยให้กลับจากอีกหลุมไปอีกหลุม
- แบบสี่หลุม จุดประสงค์การกองปุ๋ยแบบนี้เพื่อทยอยการกองปุ๋ยหมักตลอดเวลาการกองครั้งแรกให้กองในหลุมที่ 1 หลังจากนั้นกลับจากหลุม 1 ไปหลุม 2 หลุม3 และหลุม 4 ส่วนหลุมที่ 1 วางทำการกองตลอดเวลาการทำแบบนี้ทำให้ได้ปุ๋ยไว้ใช้ตลอดปี

## 2.6 การดูแล และรักษากองปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวไว้ว่า การดูแลและรักษากองปุ๋ยหมักต้องควบคุมให้มีความชื้นที่เหมาะสม โดยใช้ไม้ไผ่เสียบเข้าไปในกองปุ๋ย ถ้ามีละอองน้ำเกาะ แสดงว่ามีความชื้นพอเหมาะ ถ้าไม้ไผ่เปียก แสดงว่าน้ำมากเกินไป จะต้องทำการกลับกองเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศ ในระยะ 2 สัปดาห์แรกเพราะอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่ามีการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์กำลังดำเนินการย่อยสลายเพื่อช่วยให้เศษวัสดุรอบนอกที่ยังไม่สลายกลับไว้ภายในกองนั้น

ในกรณีไม่สะดวกในการกลับกองบ่อยๆ และมีน้ำไม่มากนัก ควรใช้วิธีการกองปุ๋ยแบบไม่ต้องกลับกอง โดยใช้ไม้ไผ่เสียบเข้าไปในกอง ให้มีรูระบายอากาศผ่านเข้าออกภายในกอง และใช้ดินคลุมกอง โดยให้ไม้ไผ่โผล่ทะลุหลังจากดินที่ใช้พอรอบกองปุ๋ยแห้งให้ดึงไม้ไผ่ออก ทำให้เกิดช่องระบายอากาศ และไม่ต้องรดน้ำ แต่ต้องทำให้เศษพืชชุ่มน้ำเพียงพอในขณะที่เริ่มกอง ก็จะได้ปุ๋ยหมักไว้ใช้ในเวลาไม่เกิน 2 เดือน ถ้ายังไม่นำปุ๋ยหมักนี้ไปใช้ทันทีควรเก็บรักษาไว้ในที่ร่ม มีหลังคากันแดดกันฝน หรือหาวัสดุคลุมไว้ไม่ให้ถูกฝนชะล้าง ควรรักษากองปุ๋ยให้มีความชื้น และอัดกองปุ๋ยให้แน่น

หลักการพิจารณาว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หรือยัง

- สีของปุ๋ยหมักที่เข้มกว่าเมื่อแรกเริ่มกอง อาจเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ
- อุณหภูมิ อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักไม่ต่างจากอุณหภูมิภายนอก / แตกต่างก็น้อยมาก
- พืชหรือวัสดุที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมักจะยุ่ย ขาดออกจากกันง่าย ไม่แข็งกระด้าง
- กลิ่นของปุ๋ยหมักจะคล้ายกลิ่นของดินตามธรรมชาติ
- ดินพืชสามารถขึ้นบนกองปุ๋ยหมักที่สลายตัวแล้ว
- ถ้าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 25/1-35/1 แสดงว่าเป็นปุ๋ยหมักใช้ได้แล้ว

## 2.7 วิธีการใส่ปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวว่าการใส่ปุ๋ยหมักมีวัตถุประสงค์หลัก ก็เพื่อปรับปรุงสภาพของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าจะให้ผลดีควรจะต้องใส่ในปริมาณมากเพียงพอ และใส่อย่างสม่ำเสมอทุกปี ในเนื้อของปุ๋ยหมักแม้ว่าจะมีธาตุอาหารพืชอยู่ แต่ก็มีไม่มากเหมือนปุ๋ยเคมี ดังนั้น ถ้าต้องการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืชลงไป จึงควรใส่ปุ๋ยเคมีร่วมไปกับการใส่ปุ๋ยหมักด้วยจึงจะให้ผลดีที่สุด ทั้งนี้ ปุ๋ยหมักไม่เพียงแต่จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาจำนวนหนึ่งเท่านั้น ยังมีบทบาทสำคัญช่วยให้การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การใส่ปุ๋ยหมักนั้น สามารถนำไปใช้ได้กับพืชทุกชนิดและกับดินทุกประเภท แต่อัตราการใส่ปุ๋ยหมักจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับ สภาพดินแต่ละแห่ง พืชที่ปลูก ภูมิอากาศ ตลอดจนคุณภาพของปุ๋ยหมักที่จะใส่ลงไปด้วย

อัตราการใส่ปุ๋ยหมักในทางปฏิบัติประเมินได้คร่าว ๆ ดังนี้ คือ พิจารณาปริมาณของธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนซึ่งพืชต้องการ โดยพิจารณาปริมาณปุ๋ยหมัก ซึ่งจะไม่ปลดการงอกของเมล็ด และลดอัตราการเจริญเติบโตของพืชต้นอ่อน และพิจารณาปริมาณของปุ๋ยหมักที่สามารถไถกลบลงดิน หรือใส่ลงดินได้อย่างสะดวก ปกติปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วจัดเป็นปุ๋ยที่สามารถใส่ให้กับพืชในปริมาณมากๆ ได้โดยไม่เกิดอันตราย ดังนั้น ถ้าผลิตปุ๋ยหมักได้มากพอ เราสามารถใส่ลงไปในดินให้มากเท่าที่ต้องการได้ แต่ก็ไม่ควรใส่มากเกินไป อัตราปีละ 20 ตันต่อไร่ เพราะอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อดินได้

การใส่ปุ๋ยหมักกับพืชผัก พืชผักส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีระบบรากแบบรากฝอย รากสั้นอยู่ตื้นๆ ใกล้ผิวดิน การใส่ปุ๋ยหมักจะมีประโยชน์มากเพราะช่วยให้ดินร่วนซุยขึ้น ทำให้รากของพืชผักเจริญเติบโตได้เร็ว แดกแขนงแพร่กระจายไปได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์ ทำให้สามารถดูดซับแร่ธาตุอาหารได้รวดเร็ว ทนต่อความแห้งแล้งได้ดีขึ้น วิธีการใส่ปุ๋ยหมักในแปลงผักอาจใช้วิธีโรยปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วคลุมแปลงให้หนาประมาณ 1-3 นิ้ว ใช้จอบสับผสมคลุกเคล้าลงไปในดินให้ลึกประมาณ 4 นิ้ว หรือลึกกว่านี้ ถ้าเป็นพืชที่ลงหัว

พืชผักเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ต้องการแร่ธาตุอาหารจากดินเป็นปริมาณมาก ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ถ้าจะให้ผลผลิตที่ดีควรใส่ปุ๋ยเคมีร่วมไปกับการใส่ปุ๋ยหมักด้วย

การใส่ปุ๋ยหมักกับไม้ผล หรือไม้ยืนต้น ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นเป็นพวกที่มีระบบรากลึก การเตรียมดินในหลุมปลูกได้ดีจะมีผลต่อระบบราก และการเจริญตั้งตัวของต้นไม้ในช่วงแรกเป็นอย่างมาก ในการเตรียมหลุมปลูกควรขุดหลุมให้ลึก แล้วใส่ปุ๋ยหมักผสมคลุกเคล้ากับดินที่ขุดจากหลุมในอัตราส่วนดิน 2-3 ส่วน กับปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ใส่กลับลงไปในหลุมเพื่อใช้ปลูกต้นไม้ต่อไป

การใส่ปุ๋ยหมักสำหรับไม้ผลที่เจริญเติบโตแล้ว อาจทำได้โดยการพรวนดินรอบๆ ต้น ห่างจากโคนต้นประมาณ 2-3 ฟุต ออกไปจนถึงนอกทรงพุ่มของต้นประมาณ 1 ฟุต พรวนดินให้ลึกประมาณ 2 นิ้ว โรยปุ๋ยหมักให้หนาประมาณ 1 นิ้ว หรือมากกว่า ใช้จอบผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินแล้วรดน้ำ หรือจะใช้วิธีขุดร่องรอบๆ ทางพุ่มของต้นให้ลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร แล้วใส่ปุ๋ยหมักลงไปในเรื่องประมาณ 40-50 กิโลกรัมต่อต้น ใช้ดินกลบแล้วรดน้ำ ถ้าจะใส่ปุ๋ยเคมีด้วยก็ผสมปุ๋ยเคมีคลุกเคล้ากับปุ๋ยหมักให้ดีแล้วใส่ลงไปพร้อมกัน การใส่

ปุ๋ยหมักตามวิธีดังกล่าวมานี้เป็นการใส่ปีละครั้ง และเมื่อต้นไม้มีขนาดโตขึ้นก็ควรเพิ่มปริมาณปุ๋ยหมักตามขนาดของต้นไม้ด้วย

การใส่ปุ๋ยหมักกับพืชไร่หรือนาข้าว ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางแนะนำให้ใส่ปุ๋ยหมักในอัตราอย่างน้อยปีละ 1.5-2.5 ตันต่อไร่ หว่านให้ทั่วแปลงแล้วไถ หรือคราดกลบก่อน การปลูกพืชในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือผืนดินเสื่อมโทรม อาจต้องใส่ปุ๋ยหมักในอัตราที่มากกว่านี้ เช่น ปีละ 2-3 ตันต่อไร่ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับสภาพของดิน และปริมาณการผลิตปุ๋ยหมัก

พื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชไร่ หรือทำนาเป็นพื้นที่กว้าง ปริมาณปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไปในแต่ละปีอาจไม่เพียงพอ ถ้าดินนั้นไม่อุดมสมบูรณ์ การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินควรต้องเข้าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี หรือการจัดการดินวิธีอื่นๆ เช่น การใช้ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

การใส่ปุ๋ยหมักกับพืชอื่นๆ นอกจากจะใช้กับพวกพืชไร่ พืชสวน ดังกล่าวแล้ว ปุ๋ยหมักยังสามารถใช้กับพวกไม้ดอกไม้ประดับได้เป็นอย่างดี ถ้าปลูกเป็นแปลงใช้อัตราเดียวกันกับที่ใช้ในแปลงผัก คือ ไร่ปุ๋ยหมักคลุมแปลงให้หนาประมาณ 1-3 นิ้ว แล้วใช้จอบสับผสมลงไปให้ลึกประมาณ 4 นิ้ว

การใช้ทำวัสดุปลูกสำหรับไม้กระถาง ใช้ปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ผสมดินร่วนที่อุดมสมบูรณ์ 2 ส่วน ถ้าผสมปุ๋ยหมักในอัตราส่วนมากๆ วัสดุปลูกมักจะแห้งเร็วเกินไป และมีปัญหาเรื่องวัสดุปลูกยุบตัวมาก

การเตรียมดินสำหรับเพาะเมล็ด หรือปลูกต้นกล้า ใช้อัตราส่วนปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ทราาย 1 ส่วน และดินร่วนที่อุดมสมบูรณ์ 2 ส่วน ถ้าใช้เพาะเมล็ดพืชที่มีขนาดเล็กๆ ก็ใช้เมล็ดโรยหรือวางบนวัสดุเพาะดังกล่าว จากนั้นใช้ปุ๋ยหมักโรย บางๆ ทับลงไปแล้วรดน้ำ

## 2.8 คุณสมบัติ และลักษณะของปุ๋ยหมักที่ดี

วูทรีนนท์ ศิริพงศ์ (2540) ได้กล่าวถึงลักษณะที่ดีของปุ๋ยหมักโดยทั่วไปจะมีโครงสร้างหยาบปานกลาง ไม่อัดแน่นเกินไปหรือเป็นก้อน แต่จะมีลักษณะเป็นผงร่วนซุยอ่อนนุ่ม เมื่อใช้นิ้วบีบปุ๋ยหมักอยู่ และขาดออกจากกันได้ง่าย มีสีน้ำตาลปนดำ แต่ถ้ามีสีดำสนิทแสดงการหมักปุ๋ยไม่ดี เนื่องจากมีความชื้นมากเกินไปและขาดอากาศ และหากปุ๋ยหมักมีสีเทา หรือสีเหลือง จะชี้ให้เห็นว่าเป็นลักษณะปุ๋ยหมักที่ไม่ดี ลักษณะของปุ๋ยหมักที่ดี ได้แก่

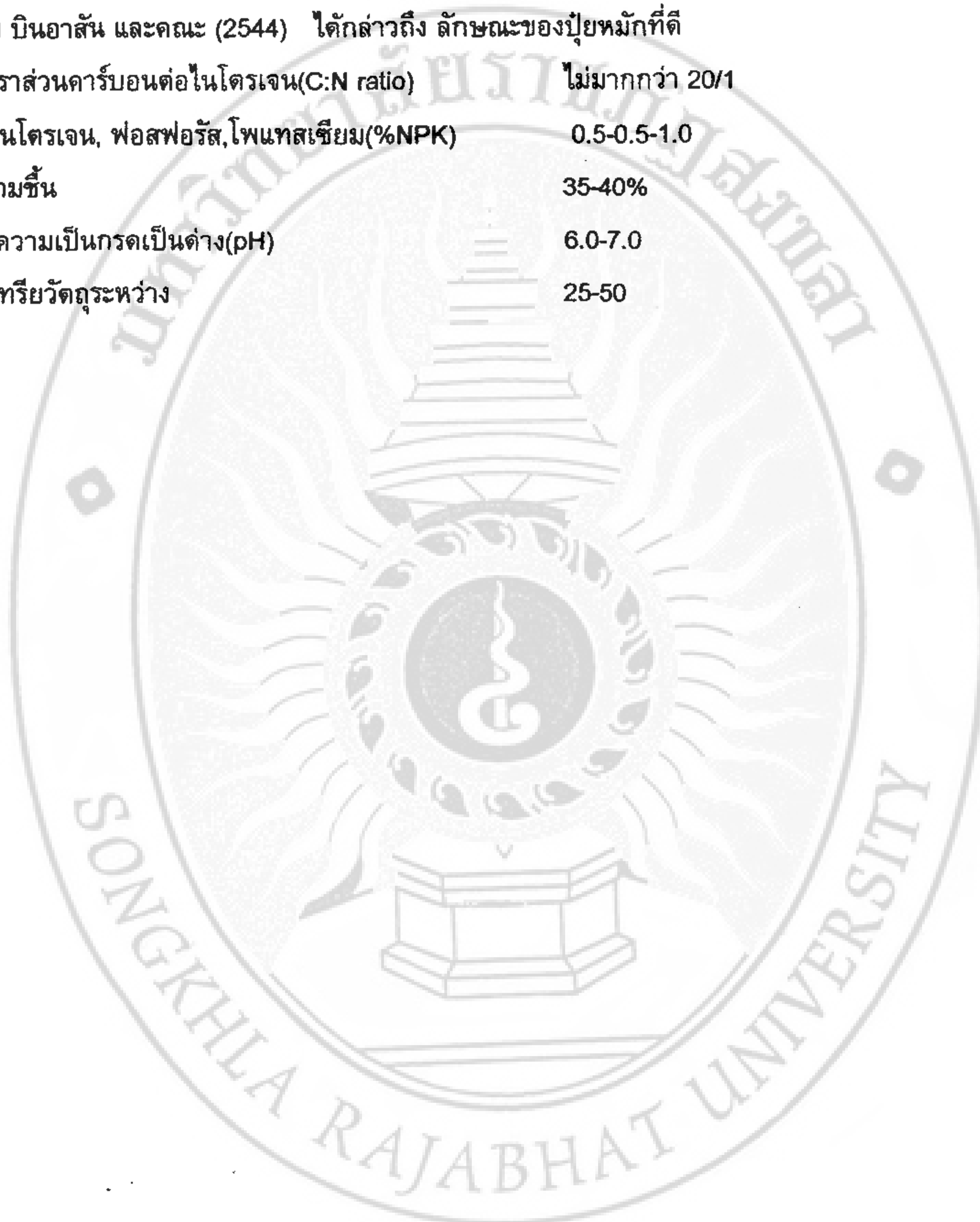
- มีโครงสร้างหยาบปานกลาง ไม่อัดแน่นเกินไปหรือเป็นก้อน แต่จะมีลักษณะเป็นผงร่วนซุยอ่อนนุ่ม
- มีสีน้ำตาลปนดำ ไม่มีสีดำสนิท ก็แสดงว่ามีความชื้นมากเกินไป และขาดอากาศ ไม่เป็นสีเทาหรือสีเหลือง เพราะชี้ให้เห็นถึงลักษณะของปุ๋ยหมักที่ไม่ดี มีธาตุอาหารน้อย
- ต้องไม่มีกลิ่นหรือกลิ่นเหมือนดินธรรมชาติ
- มีสภาพเป็นกลาง คือ pH อยู่ในช่วง 5-7



- จะต้องมีอินทรีย์วัตถุระหว่าง 30-60%
- ควรมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ดังนี้
  - ธาตุไนโตรเจน ประมาณ 1-3 % ของน้ำหนักแห้ง
  - ธาตุฟอสฟอรัส ประมาณ 0.5-1.0 % ของน้ำหนักแห้ง
  - ธาตุโพแทสเซียม ประมาณ 0.5-2 % ของน้ำหนักแห้ง

ระเบียบ บินอาสัน และคณะ (2544) ได้กล่าวถึง ลักษณะของปุ๋ยหมักที่ดี

- อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน(C:N ratio) ไม่มากกว่า 20/1
- %ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม(%NPK) 0.5-0.5-1.0
- ความชื้น 35-40%
- ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) 6.0-7.0
- อินทรีย์วัตถุระหว่าง 25-50



## 2.9 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวว่าปุ๋ยหมักที่สลายตัวได้ดีแล้วนั้น เป็นวัสดุค่อนข้างทนทานต่อการย่อยสลาย ดังนั้น เมื่อใส่ลงดิน ปุ๋ยหมักจึงสลายตัวช้า ไม่รวดเร็วเหมือนกับเศษพืชที่ถูกไถกลบลงดินโดยตรง จึงทำให้ปุ๋ยหมักสามารถปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้เป็นระยะเวลานาน

คุณประโยชน์ของปุ๋ยหมักอาจจำแนกออกได้ดังนี้

### ▪ ด้านการเกษตร

กระบวนการทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีการแปรเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งอินทรีย์ทั้งหลายให้กลับมาเป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกพืชอีกครั้ง ดินในเขตคอบอุ่มมีอินทรีย์วัตถุโดยเฉลี่ยประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินในเขตร้อนมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์เช่น ปุ๋ยหมักให้แก่ดินเกือบทุกที่ ถ้าต้องการคงความอุดมสมบูรณ์ของดินในเขตร้อนไว้

### ▪ ทางกายภาพ

การใส่ปุ๋ยหมักลงดินจะทำให้โครงสร้าง และเนื้อดินดีขึ้น ในดินเนื้อละเอียดอัดตัวแน่นเช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักจะช่วยทำให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ไม่อัดตัวกันแน่นทึบ ส่วนในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย การใส่ปุ๋ยหมักจะช่วยทำให้ดินแน่นขึ้น สามารถอุ้มน้ำหรือดูดซับความชื้นไว้ให้พืชได้มากขึ้น เป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

### ▪ ทางเคมี

เนื่องจากปุ๋ยหมักทำมาจากเศษพืชเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ปุ๋ยหมักจึงมีธาตุอาหารต่างๆที่พืชต้องการ การใส่ปุ๋ยหมักจะมีประมาณธาตุอาหารหลักดังนี้ คือ ไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 0.4-2.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณ 0.2-2.5 เปอร์เซ็นต์และโพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้ประมาณ 0.5-1.8 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าปุ๋ยหมักจะมีปริมาณธาตุอาหารหลักน้อยกว่าปุ๋ยเคมี แต่ปุ๋ยหมักยังมีธาตุอาหารรองอื่นๆ ที่พืชต้องการ เช่น แคลเซียมแมกนีเซียม, กำมะถัน, เหล็ก, สังกะสี, แมงกานีส, โบรอน, ทองแดง, โมลิบดีนัม ฯลฯ

นอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชแล้ว ปุ๋ยหมักยังช่วยทำให้ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินแปรสภาพมาอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น และเมื่อปุ๋ยหมักย่อยสลายอย่างช้าๆ เมื่ออยู่ในดิน มันจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งจากรายงานจำนวนมากพบว่า ผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยหมักอาจจะเป็นเพราะว่าพืชนั้นสามารถสังเคราะห์แสงได้เพิ่มขึ้นจากเดิม อันเนื่องมาจากได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้น

### ▪ ทางชีววิทยา

ในกองปุ๋ยหมักมีเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียอยู่ในปริมาณมาก เมื่อใส่ปุ๋ยหมักลงดินไม่เพียงแต่เป็นการเพิ่มเชื้อจุลินทรีย์จำนวนมากนับล้านๆ เซลล์ลงดินเท่านั้น แต่ในดินเองก็มีเชื้อจุลินทรีย์อีกจำนวนมากเช่นกัน เชื้อจุลินทรีย์พวกนี้จะไปเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นแอมโมเนีย กระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นไนเตรต





ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์ที่ติดตั้งไม่มีวัตถุอันตรายเจือปน และมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ คือ

- ค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน  $3.5 \text{ dS m}^{-1}$
- C:N ratio ไม่เกิน 25/1
- ปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์
- ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5-8.5
- ธาตุอาหารหลักอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม คือ ไนโตรเจน 1-3%, ฟอสฟอรัส 0.5-1%, โพแทสเซียม 0.5-2%
- สิ่งเจือปนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

กากตะกอนจุลินทรีย์เป็นอินทรีย์วัตถุเหลือใช้จากโรงงานอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ อีกทั้งการนำอินทรีย์วัตถุเหลือใช้จากโรงงานมาใช้เป็นปุ๋ยเป็นวิธีการที่จะช่วยลดของเสียซึ่งอาจจะเป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อม ถ้าต้องการใช้กากตะกอนจุลินทรีย์เป็นปุ๋ยอินทรีย์จะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสม

อย่างไรก็ตาม ในวัสดุบางชนิดอาจจะมีโลหะหนัก ดังนั้น ต้องมีการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักก่อนนำมาใช้ ถ้ามีปริมาณโลหะหนักไม่มากเกินไปจนเป็นพิษกับพืชก็สามารถนำไปใช้กับไม้ดอกไม้ประดับ หรือสนามหญ้าได้

## 2.12 ธาตุอาหารพืช

ระเบียบ บินอาสันและคณะ, 2544 (13) ได้กล่าวถึงความหมายของ ธาตุอาหารพืช หมายถึง ธาตุอาหารที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เมื่ออยู่ในรูปที่เหมาะสมที่จะละลายและถูกรากพืชดูดไปใช้ประโยชน์ ทำให้พืชเจริญเติบโต ธาตุอาหารพืชแบ่งตามความต้องการของพืชได้ 3 ประเภท

### 1.ธาตุอาหารหลัก (Primary Plant Foods)

ประกอบด้วยธาตุ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการเป็นพิเศษเพื่อบำรุงความเจริญเติบโต ส่วนมากในดินโดยทั่วไปมักจะขาดซึ่งธาตุหลักเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมมีโอกาสสูญเสีย และถูกชะล้างไปจากดินได้หลายทาง สำหรับธาตุฟอสฟอรัสนั้น นอกจากจะมีไม่เพียงพอในดินบางชนิดแล้ว หรือหากมีในดินบางชนิดไม่สามารถละลายเป็นอาหารของต้นไม้ได้ ถ้าดินนั้นเป็นกรด หรือดินเก่า และมีธาตุเหล็กกับอลูมิเนียมละลายอยู่มาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพิจารณาใส่ปุ๋ยสำหรับธาตุนี้เป็นปริมาณให้พอกับความจำเป็นอยู่เสมอๆ

### 2.ธาตุอาหารรอง (Secondary Plant Foods)

ประกอบด้วย ธาตุแคลเซียม, แมกนีเซียม, และกำมะถัน ที่เรียกว่าธาตุอาหารรองก็เพราะว่าพืชต้องการธาตุเหล่านี้เป็นปริมาณมากกว่าธาตุอาหารหลัก ดังนั้น เมื่อพิจารณาใส่ปุ๋ยสำหรับธาตุอาหารหลักแล้ว ในบางกรณีก็มีความจำเป็นต้องพิจารณาใส่ปุ๋ยสำหรับธาตุอาหารรองต่อไปอีกด้วย

### 3.ธาตุอาหารเสริม (Trace Elements)

ประกอบด้วยธาตุโบรอน, แมงกานีส, ทองแดง, เหล็ก, สังกะสี, โมลิบดีนัม, คลอรีน ธาตุเหล่านี้ถึงแม้พืชจะต้องการ แต่ก็ต้องการในปริมาณที่น้อยมาก

กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม (2545) ได้กล่าวถึง ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชผักและหลักในการสังเกตการขาดธาตุอาหาร

#### 1. ไนโตรเจน

พืชผักที่ปลูกเพื่อกินใบและต้น ได้แก่ ผักตระกูลกะหล่ำ และผักกาดต่างๆ ต้องการธาตุไนโตรเจนสูงเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และเพื่อให้ต้นและใบมีลักษณะอ่อนกรอบ มีสีเขียวชอุ่ม ข้อยที่ควรระวัง คือ ถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากขึ้น ก็ควรเพิ่มปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทสเซียมให้เพียงพอด้วยเช่นกัน

พืชผักที่กินผลต้องการไนโตรเจนน้อยกว่าพวกแรก ควรให้ในระยะแรกของการเจริญเติบโตอาการขาดไนโตรเจนของผัก คือ กิ่งก้านริบเล็ก ตั้งตรง และแข็งกระด้าง ใบมีขนาดเล็กกว่าปกติสีเขียวจะซีดลงหรือเหลือง มักพบในแหล่งดินทรายที่มีฝนตกชุก

#### 2. ฟอสฟอรัส

ความสำคัญในการช่วยให้พืชตั้งตัวได้เร็วในช่วงแรกๆ ของการเติบโตช่วยให้ผักแก่ และเก็บเกี่ยวได้เร็ว และมีรสดีขึ้น

อาการของผักที่ขาดฟอสฟอรัส คือ การจะไม่เติบโตตามปกติ กิ่งริบเล็ก และมีข้อสั้น ใบ และต้นจะมีสีเขียวแก่ และม่วง พืชแก่ช้ากว่าปกติ มักพบในดินกรวดดินเปียกแฉะ

#### 3. โพแทสเซียม

เป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากต่อขบวนการสังเคราะห์ และการเคลื่อนย้ายแป้งในพืช โดยเฉพาะพืชผักประเภทหัวต้องการโพแทสเซียมสูงมากกว่าพืชผักประเภทอื่น พืชผักที่กินใบ และต้นต้องการโพแทสเซียมไม่น้อยไปกว่าไนโตรเจนเพราะโพแทสเซียมทำให้คุณภาพผักดีขึ้น เช่น ช่วยให้ต้นกะหล่ำปลีห่อปลีได้ดีขึ้นปลีมีน้ำหนักมาก เนื้อแน่น เป็นงานารับประทาน ปรงอาหารได้อร่อยกว่าผักที่ขาดโพแทสเซียม พืชผักประเภทที่กินใบที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเต็มที่ เมื่อตัดส่งตลาดจะไม่เหี่ยวเฉาง่าย มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการขนส่งน้อย พืชผักประเภทหัวและราก เช่น หอมต้องการโพแทสเซียมสูงมาก มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในหัวหอมมีน้ำหนักและเนื้อแน่น เก็บได้นานไม่งอกหน่อ

อาการของผักที่ขาดโพแทสเซียม คือ ขอบใบจะมีสีซีด ระหว่างเส้นใบจะมีจุดสีน้ำตาลแห้ง อาการเริ่มที่ใบแก่ก่อน พืชผักที่บริโภคหัวจะมีแป้งน้อย พบในแหล่งดินทรายที่มีการชะล้างธาตุธาตุอาหาร

#### 4. แคลเซียม

ตามแปลงผักทั่วไปที่นิยมใส่ปุ๋ยขาวมักจะไม่มีธาตุนี้ เพราะแคลเซียมเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของหินปูน เปลือกหอยและแร่อื่นๆ แคลเซียมทำให้ลำต้นของพืชแข็งแรง พบว่า มีปริมาณมากในบริเวณที่กำลังเจริญเติบโต คือ บริเวณยอดและราก พืชผักต้องการแคลเซียมในระยะเจริญเติบโต และระยะออกดอก สร้างเมล็ดโดยแคลเซียมจะมีส่วนในการเคลื่อนย้าย และเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนในพืช เพื่อนำไปสร้างผล และเมล็ดต่อไป

ธาตุแคลเซียม ถ้ามีมากเกินไปจะมีผลให้พืชดูดดึงเอาโพแทสเซียมไปใช้ได้น้อย และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร

อาการของพืชที่ขาดแคลเซียม คือ ที่ปลายกิ่งส่วนยอดหรือใบที่อยู่ใกล้ๆ กับยอด หรือส่วนปลายรากจะแห้งตาย ใบอ่อนจะบิดเบี้ยว ปลายใบม้วนงอเข้าไปในยังลำต้น ขอบใบขาดเป็นริ้วๆ และหยักไม่เรียบ ต่อไปขอบใบจะแห้งยอดอ่อนจะตาย ในมะเขือเทศจะเกิดอาการต้นเน่า, คื่นฉ่ายเกิดอาการไส้ดำ, พืชหัวหลายชนิดยอดจะตาย พบในแหล่งที่ดินเป็นกรด ดินที่มีโพแทสเซียมสูง ดินที่ขาดน้ำ

#### 5. แมกนีเซียม

เป็นส่วนประกอบของส่วนที่เป็นคลอโรฟิลล์ พบในส่วนที่เป็นสีเขียวของพืชมีหน้าที่เกี่ยวกับการดูดอาหารในพืช และเคลื่อนย้ายธาตุอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส

พืชผักที่ขาดแมกนีเซียมใบล่างจะมีสีเหลือง แต่เส้นใบยังมีสีเขียวต่อไปจะเปลี่ยนเป็นสีขาว และสีน้ำตาลแล้วก็ตาย อาจมีจุดขาวกระจายไปทั่วใบแก่ และใบเปราะง่าย พบในแหล่งดินกรด ดินที่มีโพแทสเซียมสูงมาก

#### 6. กำมะถัน

พืชต้องการกำมะถันเพื่อการเพิ่มกลิ่น และรสชาติให้ดีขึ้น กำมะถันมีผลทางอ้อมต่อการสร้างส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช

อาการที่ขาดกำมะถันของพืช คือ ใบอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนหรือเหลืองคล้ายๆ กับอาการขาดธาตุไนโตรเจน แต่จะต่างกันตรงที่ขาดธาตุไนโตรเจนจะเริ่มจากใบล่างแต่ขาดกำมะถันจะเริ่มจากยอดอ่อนก่อน ถ้ามีอาการรุนแรงใบล่างจะมีอาการเช่นกันใบจะมีขนาดเล็กลง ยอดชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นลีบ เนื้อในแข็ง รากยาวผิดปกติใบล่างหนาและกระด้าง ลำต้นเกิดสีเขียวเหลือง

#### 7. แมงกานีส

พืชต้องการแมงกานีสเพียงเล็กน้อย แมงกานีสมีบทบาทในการสังเคราะห์แสง ทำงานร่วมกับธาตุอื่นๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม

อาการที่ขาดแมงกานีส คือ ใบพืชออกสีเหลือง ๆ เส้นใบยังเขียวอยู่เป็นปกติมักเกิดกับใบอ่อน ต้นโตช้า ใบไม่สมบูรณ์ ในสภาพดินเป็นกรดจัด ถ้ามีแมงกานีสมากจะเกิดพิษแก่ต้นพืช แต่ถ้าดินเป็นด่างหรือใส่ปุ๋ยขาว



มากเกินไปมักขาดธาตุแมงกานีส พืชที่แสดงอาการขาดธาตุแมงกานีสให้ฉีดพ่นอาหารเสริมที่ประกอบด้วยธาตุแมงกานีสทางใบ

#### 8. เหล็ก

มีหน้าที่ช่วยสร้างคลอโรฟิลล์ ดูดธาตุอาหารอื่นๆ กระตุ้นทางการหายใจของพืช พืชที่ขาดธาตุเหล็กจะเห็นว่า พื้นใบมีสีเหลืองซีดๆ หรือสีขาว แก้ไขโดยการฉีดพ่นอาหารเสริมทางใบ พบในแหล่งที่ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่า 6.7

#### 9. สังกะสี

มีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างฮอร์โมนพืชที่ควบคุมการเจริญเติบโต อาการของพืชที่ขาดสังกะสี คือ จะเกิดสีเหลืองระหว่างเส้นใบ ขอบใบไหม้มีจุดสีน้ำตาลแดงลำต้นยืดยาวช้า และใบเล็กแคบ พบในดินที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมาก แก้ไขโดยการฉีดพ่นอาหารเสริมทางใบ

#### 10. ทองแดง

มีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างสีเขียว เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ช่วยการหายใจและทำให้พืชได้ใช้เหล็กมากขึ้น

อาการของพืชที่ขาดทองแดง คือ ใบพืชมีสีเขียวจัดในระยะแรก ต่อมาจะค่อยๆ เหลืองลง จนในที่สุดจะชะงักการเจริญเติบโต พบในแหล่งดินทรายที่เป็นกรดและถูกชะล้างมาก แก้ไขเช่นเดียวกับการขาดธาตุสังกะสี

#### 11. โบรอน

ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายน้ำตาล การดึงดูดธาตุแคลเซียมของรากและช่วยให้พืชใช้ธาตุไนโตรเจนได้มากขึ้น อาการที่เกิดจากธาตุโบรอน คือ ยอดหรือส่วนอ่อนที่สุดชะงักการเจริญเติบโต กิ่งก้านสั้นและแข็งกระด้าง เกิดจุดสีน้ำตาล หรือดำในส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยเฉพาะพืชที่ให้หัวที่ราก

#### 12. คลอรีน

มีความสำคัญต่อขบวนการสังเคราะห์แสง และทำให้พืชแก่เร็วขึ้นพืชที่ขาดคลอรีน ใบจะเหี่ยวและเหลือง ใบมีสีบรอนซ์ แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ขอบใบแห้งและเหลืองก่อนกำหนด

## 2.13 ความรู้เบื้องต้นในการปลูกต้นผักบุ้ง (Water Convolvulus)

เมืองทอง ทวนทวี (2532) ได้กล่าวรายละเอียดที่เกี่ยวกับผักบุ้งไว้ดังนี้

### ผักบุ้ง (Water Convolvulus)

มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ดังนี้

ตระกูล	คอนโวลูลาซีอี ( <i>Convolvulaceae</i> )
ชื่ออื่น	ผักทอดยอด(ภาคกลาง)
ประเภทผัก	อายุหลายปี(perennial) แต่มักปลูกเป็นผักอายุปีเดียวสำหรับผักบุ้งจีน
ถิ่นกำเนิด	เขตร้อนทวีปเอเชีย
อายุปลูก	25-30 วัน(ผักบุ้งจีน), 30-40 วัน(ผักบุ้งไทย)
ขนาด	ต้นสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร(ผักบุ้งจีน), ทอดยอดบนน้ำยาว 100-200 เซนติเมตร(ผักบุ้งไทย)
ผลผลิต	เกษตรกรไทยปลูกผักบุ้งจีนได้ 730-1,000 กิโลกรัม/ไร่ สำหรับผักบุ้งไทย ประมาณ 6,400-9,000 กิโลกรัม/ไร่ (เมืองทอง ทวนทวี, 2532 ( 280)

ผักบุ้งที่ปลูกในประเทศไทย มี 2 ประเภท คือ ผักบุ้งไทย (*Ipomoea aquatic* Var. *aquatica*) มีดอกสีม่วงอ่อน ก้านสีเขียวหรือม่วงอ่อน ใบสีเขียวเข้ม และก้านใบสีม่วง และผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic* Var. *reptans*) ซึ่งมีใบสีเขียว ก้านสีเหลืองหรือขาว ก้านดอก และดอกสีขาว ผักบุ้งจีนนิยมนำมาประกอบอาหารกว้างขวางกว่าผักบุ้งไทย จึงนิยมปลูกเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคสด และการผลิตเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันผักบุ้งจีนได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่มีความสำคัญโดยส่งออกทั้งในรูปผักสดและเมล็ดพันธุ์ การส่งออกเฉพาะผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสดไม่มีตัวเลขแน่นอนเพราะรวมผักบุ้งจีนในหมวดผักสดอื่นๆ ซึ่งได้แก่ ผักสดชนิดต่างๆ ตลาดที่สำคัญ คือ ฮองกง, มาเลเซียและสิงคโปร์ สำหรับเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนประเทศไทยสามารถส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนใน ปี 2538 ปริมาณ 540.6 ตัน มูลค่าการส่งออก 19.8 ล้านบาท

ผักบุ้งจีน มีชื่อสามัญที่ใช้เรียกแตกต่างกันไป ในภาษาอังกฤษว่า water convolvulus หรือ kang-kong เป็นพืชในตระกูล Convolvulaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *eaaquatica* Forsk. Var. *reptan* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน พบได้ทั่วไปในแอฟริกา และเอเชียเขตร้อนจนถึงมาเลเซีย และออสเตรเลีย

จากสถิติ การปลูกผักของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2536-2537 มีพื้นที่ปลูกผักบุ้งจีนถึง 54,302 ไร่ ผลผลิตสด 50,237 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 925 กิโลกรัม แหล่งปลูกผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสดได้แก่ กรุงเทพมหานคร, นนทบุรี, นครปฐม, ปทุมธานี, ราชบุรี, นครนายก, พิษณุโลก, พิจิตร, นครสวรรค์, ขอนแก่น, อุบลราชธานี, นครราชสีมา, และสงขลา เป็นต้น สำหรับแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนเป็นการค้าที่สำคัญ ได้แก่ นครปฐม, สุพรรณบุรี, และกาญจนบุรี

ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักที่นิยมรับประทานกันมาก มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยวิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะวิตามิน เอ ซึ่งเชื่อกันว่าช่วยบำรุงสายตา มีปริมาณสูงถึง

9,550 หน่วยสากล ในส่วนที่รับประทานได้สด 100 กรัม หรือ 6,750 หน่วยสากล ในส่วนที่รับประทานได้เมื่อสุกแล้ว 100 กรัม นอกจากนี้ยังมี แคลเซียม, ฟอสฟอรัส, และวิตามินซี เป็นองค์ประกอบสำคัญด้วย

### 2.13.1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

จากข้อมูลของ [http:// web.ku.ac.th](http://web.ku.ac.th) ได้กล่าวถึงลักษณะ ทางพฤกษศาสตร์ของผักบุ้งไว้ ดังนี้

**ราก** ผักบุ้งจีนมีรากเป็นแบบรากแก้ว มีรากแขนง แดงออกทางด้านข้างของรากแก้ว และยังสามารถแตกรากฝอยออกมาจากข้อของลำต้นได้ด้วย โดยมักจะเกิดตามข้อที่อยู่แถวๆ โคนเถา

**ลำต้น** ผักบุ้งจีนเป็นไม้ล้มลุก ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีลำต้นตั้งตรง ระยะต่อไปจะเลื้อยทอดยอดไปตามพื้นดินหรือน้ำ ลำต้นมีสีเขียว มีข้อ และปล้องข้างในกลวง รากจะเกิดที่ข้อทุกข้อที่สัมผัสกับพื้นดิน หรือน้ำ ที่ข้อมักมีตาแตงออกมา ทั้งตาใบ และตาดอก โดยตาดอกจะอยู่ด้านใน ส่วนตาใบจะอยู่ด้านนอก

**ใบ** เป็นใบเดี่ยว มีขอบใบเรียบ รูปใบคล้ายหอก โคนใบกว้างค่อย ๆ เรียวเล็กไปตอนปลาย ปลายใบแหลม ที่โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบมีความยาวประมาณ 7-15 เซนติเมตร ก้านใบจะยาว 3-8 เซนติเมตร

**ดอกและช่อดอก** ดอกเป็นดอกสมบูรณ์ มีลักษณะเป็นช่อ มีดอกตรงกลาง 1 ดอก และดอกด้านข้างอีก 2 ดอก โดยดอกกลางจะเจริญก่อน แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย ด้านนอกมีสีขาว ด้านในมีสีม่วง ในฤดูวันสั้น (วันละ 10-12 ชั่วโมง) จะออกดอกมีฝัก และเมล็ด ในฤดูวันยาว จะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบผักบุ้งจีนมีการผสมเกสรเป็นแบบผสมตัวเอง และมีการผสมข้ามดอกบ้างเนื่องจากลมและแมลง ดอกผักบุ้งจีนจะเริ่มบานในเวลาเช้า ละอองเกสรตัวผู้ และยอดเกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมในเวลา 10.00-15.00 น. ระยะเวลาหลังผสมจนผสมติดประมาณ 3-4 วัน และจากผสมติดจนเมล็ดแก่ประมาณ 40-50 วัน

**ผล** เป็นผลเดี่ยวรูปร่างค่อนข้างกลมมีขนาดใหญ่ที่สุดอายุประมาณ 30 วัน หลังดอกบาน มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.42 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลง ลักษณะผิวภายนอกเหี่ยวย่น ขรุขระ ไม่แตกเมื่อแห้งสีของผลเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้มใน 1 ผลมีเมล็ด 4-5 เมล็ด

**เมล็ด** มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมน มีสีน้ำตาล เปลือกหุ้มเมล็ดมีสี 3 ระดับ คือ สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลแก่ และสีน้ำตาลดำ มีขนาดเล็ก ความกว้างโดยเฉลี่ย 0.4 เซนติเมตรยาว 0.5 เซนติเมตร ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่มีอัตราการพักตัวสูง โดยจะพักตัวในลักษณะของเมล็ดแข็ง (hard seed) หรือที่เรียกว่าเมล็ดหิน จากการศึกษพบว่าเมล็ดสีเข้มกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งสูงกว่า



### 2.13.2 พันธุ์ผักบ่งจิ้น

พันธุ์ผักบ่งจิ้นที่ปลูกในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์การค้า ทั้งที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทย และนำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ไต้หวัน ซึ่งมีการตั้งชื่อพันธุ์ตามบริษัทต่างๆ กันไป เมล็ดพันธุ์ผักบ่งจิ้นในประเทศไทยที่ได้รับการคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร คือ พันธุ์พิจิตร 1 ซึ่งมีลักษณะดีเด่น คือ ผลผลิตโดยเฉลี่ย 3,415 กิโลกรัมต่อไร่ มีใบแคบเรียวยาว ตรงกับความต้องการของตลาด และมีลักษณะใบชูตั้ง ลำต้นสีเขียวอ่อน ไม่มีการทอดยอดก่อนการเก็บเกี่ยว ไม่มีการแตกแขนงที่โคนต้น ลักษณะลำต้นสม่ำเสมอ ทำให้สะดวก และประหยัดแรงงานในการตัดแต่งใบ และแขนงที่โคนต้นก่อนนำส่งตลาด

#### ลักษณะของเมล็ดพันธุ์ผักบ่งจิ้น

- สี น้ำตาลออกดำ
- ลักษณะ สามเหลี่ยมฐานมน
- จำนวน 7-8 เมล็ดต่อ 1 กรัม

### 2.13.3 ลักษณะการเจริญเติบโต

ผักบ่งจิ้นใช้เวลาในการงอกเพียง 48 ชั่วโมง ระยะแรกของการเจริญเติบโตจะให้ลำต้นตั้งตรง หลังจากงอกได้ 5-7 วัน จะมีใบเลี้ยงโผล่ออกมา 2 ใบ มีลักษณะปลายใบเป็นแฉกไม่เหมือนกับใบจริงเมื่อต้นโต ในระยะสองสัปดาห์แรก จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งอายุประมาณ 30-45 วัน การเจริญเติบโตจะเปลี่ยนไปในทางทอดยอดและแตกกอ สำหรับผักบ่งจิ้นที่หวานด้วยเมล็ด การแตกกอจะมีน้อยมาก การแตกกอเป็นการแตกหน่อออกมาจากตาที่อยู่บริเวณโคนต้นที่ติดกับราก มีตาอยู่รอบต้น 3-5 ตา เมื่อแตกแถวออกมา แล้วจะเจริญทอดยอดยาวออกไปเป็นลำต้น มีปล้องข้อ และทุกข้อจะให้ดอก และใบ

### 2.13.4 สภาพแวดล้อมที่ต้องการ

ผักบ่งจิ้นสามารถปลูกได้ทั้งบนบกและในน้ำ และสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดดินที่เหมาะสมในการปลูกผักบ่งจิ้นเพื่อการบริโภคสดเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ผักบ่งจิ้นชอบชื้นแฉะต้องการความชื้นในดินสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ต้องการแสงแดดเต็มที่ ซึ่งประเทศไทยสามารถปลูกได้ดีตลอดไป

### 2.13.5 การปลูกผักบุงจีน

[http:// web.ku.ac.th](http://web.ku.ac.th) ได้กล่าวถึงการปลูกผักบุงจีนไว้ คือ

1 การเลือกที่ปลูก การปลูกผักบุงจีน เป็นการปลูกโดยการหว่าน หรือโรยเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรง เมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยว 20-25 วัน จะถอนต้นผักบุงจีนทั้งต้น และรากออกจากแปลงปลูกไปบริโภค หรือไปจำหน่าย ในการปลูกนั้นควรเลือกปลูกในพื้นที่ สภาพที่ดอน น้ำไม่ท่วม หรือเป็นแบบสวนผักแบบยกร่อง ลักษณะดินปลูกควรเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย เพื่อถอนต้นผักบุงจีนได้ง่าย และควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำ เพื่อสะดวกในการรดน้ำในช่วงการปลูก และทำความสะอาดต้นและรากผักบุงจีนในช่วงการเก็บเกี่ยวง่าย

2 การเตรียมดิน ขุดดินก่อนโตๆ ให้ลึกประมาณ 1 ฟุตตากดินไว้ 15 วัน (หรืออย่างน้อย 2-3 วัน) จากนั้นย่อยหน้าดินให้ละเอียด ปรับหน้าดินให้เสมอกัน ใส่ปุ๋ยคอกคลุกเคล้าลงไปประมาณ 3 กิโลกรัมต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม: 2545, 106)

3 วิธีการปลูก ก่อนปลูกนำเมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนไปแช่น้ำนาน 6-12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนดูดซับน้ำเข้าไปในเมล็ด มีผลให้เมล็ดผักบุงจีนงอกเร็วขึ้น และสม่ำเสมอที่ดี เมล็ดผักบุงจีนที่ลอยน้ำจะเป็นเมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนที่ไม่สมบูรณ์ ไม่ควรนำมาเพาะปลูก

ผักบุงสามารถปลูกได้หลายวิธีด้วยกัน คือ

- หว่านเมล็ดลงในแปลง วิธีนี้นิยมมาก เพราะเมล็ดผักบุงมีราคาถูกก่อนปลูกควรนำไปแช่น้ำไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น หลังจากนั้นนำเมล็ดไปหว่านลงแปลงที่เตรียมไว้ จะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 30 ลิตร/ไร่ หลังจากนั้นใช้ดินผสมปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักทับบางๆ แล้วคลุมทับด้วยฟางอีกทีหนึ่ง เพื่อรักษาความชื้น จากนั้นรดน้ำให้ชุ่ม
- โรยเมล็ดเป็นแถว วิธีนี้คือ การทำร่องตามขวาง หรือตามความยาวแปลงให้ลึกประมาณ 1 นิ้วโรยเมล็ดให้ห่างกัน โดยใช้ระยะห่างระหว่างเมล็ด 1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 10-15 เซนติเมตร เมื่อโรยเมล็ดเสร็จแล้วใช้ดินผสมปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักทับบางๆ แล้วใช้หญ้าหรือฟางคลุมรดน้ำให้ชุ่ม วิธีนี้จะทำให้ได้ผักบุงที่มีลำต้นสม่ำเสมอและยังช่วยประหยัดเมล็ดพันธุ์มากกว่าวิธีแรก
- ใช้ท่อนพันธุ์ปลูก คือ การตัดต้นผักบุงออกเป็นท่อนๆ ยาว 20-30 เซนติเมตรแล้วปักลงในดินให้ห่างกันประมาณ 5-10 เซนติเมตร เมื่อทั้งแปลงแล้วก็ปล่อยให้หน้าข้างในแปลงสูงประมาณ 10 เซนติเมตร แต่ถ้าวางแปลงปลูกให้ชุ่มก่อน 1 วันก็ไม่ต้องปล่อยน้ำข้างแปลง เพียงแต่ต้องให้น้ำบ่อยๆ ผักบุงจะออกรากตามข้อ และแตกกิ่งอย่างรวดเร็ว แต่วิธีนี้นิยมใช้กับผักบุงไทยมากกว่า (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม : 2545, 107)

## 2.13.6 การดูแลรักษา

[http:// web.ku.ac.th](http://web.ku.ac.th) กล่าวถึงการปฏิบัติ และรักษาผักบุงจีน

1 การให้น้ำ ผักบุงจีนเป็นพืชที่ชอบดินปลูกที่ชุ่มชื้น แต่ไม่แฉะจนมีน้ำขัง ฉะนั้นควรรดน้ำผักบุงจีนอยู่เสมอทุกวันๆ ละ 1-2 ครั้ง ยกเว้น ช่วงที่ฝนตกไม่ต้องรดน้ำ อย่าให้แปลงปลูกผักบุงจีนขาดน้ำได้ จะทำให้ผักบุงจีนชะงักการเจริญเติบโต คุณภาพไม่ดี ต้นแข็งกระด้าง เหนียว ไม่นำรับประทาน และเก็บเกี่ยวได้ช้ากว่าปกติ

2 การใส่ปุ๋ย ผักบุงจีนเป็นพืชผักที่บริโภคใบและต้นมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ถ้าดินปลูกมีความอุดมสมบูรณ์ หรือมีการใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลสุกร, มูลเป็ด, ไก่ เป็นต้น ซึ่งปุ๋ยคอกดังกล่าว เป็นปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีก็ได้ แต่ถ้าดินปลูกไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์นอกจากต้องให้ปุ๋ยคอกแล้ว ควรมีการใส่ปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง โดยหว่านปุ๋ยกระจายทั่วทั้งแปลงก่อนปลูกและหลังปลูกผักบุงจีนได้ประมาณ 7-10 วัน ซึ่งการให้ปุ๋ยครั้งที่ 2 นั้น หลังจากหว่านผักบุงจีนลงแปลงแล้ว จะต้องมีการรดน้ำแปลงปลูกผักบุงจีนทันที อย่าให้ปุ๋ยเกาะอยู่ที่ซอกใบ จะทำให้ผักบุงจีนใบไหม้ ในการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 นั้น จะใช้วิธีการละลายน้ำรด 3-5 วันครั้งก็ได้ โดยใช้อัตราส่วน ปุ๋ยยูเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร จะเป็นการช่วยให้ผักบุงจีนเจริญเติบโต และเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น

3 การพรุนดินและกำจัดวัชพืช ถ้ามีการเตรียมดินดีมีการใส่ปุ๋ยคอกก่อนปลูก และมีการหว่านผักบุงจีนสม่ำเสมอทันที ไม่จำเป็นต้องพรุนดิน เว้นแต่ในแหล่งปลูกผักบุงจีนดังกล่าวมีวัชพืชขึ้นมาก ควรมีการถอนวัชพืชออกจากแปลงปลูกอยู่เสมอ 7-10 วันต่อครั้ง ในแหล่งที่ปลูกผักบุงจีนเพื่อการบริโภคสดเป็นการค้า ปริมาณมาก ควรมีการพ่นสารคลุมวัชพืชก่อนปลูก 2-3 วัน ต่อจากนั้นจึงค่อยหว่านผักบุงจีนปลูกจะประหยัดแรงงานในการกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกผักบุงจีนได้ดีมากวิธีการหนึ่ง

4 การเก็บเกี่ยว หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนลงแปลงปลูกได้ 20-25 วัน ผักบุงจีนจะเจริญเติบโต มีความสูงประมาณ 30-35 เซนติเมตร ให้ถอนต้นผักบุงจีนออกจากแปลงปลูกทั้งต้นและราก ควรรดน้ำก่อนถอนต้นผักบุงจีนขึ้นมาจะถอนผักบุงจีนได้สะดวก รากไม่ขาดมาก หลังจากนั้น ล้างรากให้สะอาด เด็ดใบ และแขนงที่โคนต้นออก นำมาล้างไว้ ไม่ควรไว้กลางแดดผักบุงจีนจะเหี่ยวเฉาได้ง่าย จัดเรียงต้นผักบุงจีนเป็นมัดเตรียมบรรจุภาชนะเพื่อจัดส่งตลาดต่อไป

### 5. โรคแมลงศัตรูพืช

โรคที่สำคัญของผักบุงได้แก่ (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม : 2545, 108)

1. โรคใบจุด ป้องกันกำจัดโดยใช้มาเน็บอัตรา 30 กรัม/ลิตร ฉีดพ่นทุกๆ 7 วัน

2. โรคเน่าคอดิน คืออาการที่ต้นอ่อนเกิดแผลเน่า ต้นหักพับ เหี่ยวแห้งตายอย่างรวดเร็ว ควรใช้ยาซินโคฟอลหรืออามินผสมน้ำฉีดพ่น ทุกๆ 7 วัน

ในส่วนของแมลงก็มีพวกเพลี้ยและหนอน ควรใช้ดีลตริน หรือน้ำไล่ตืดผสมน้ำยาจุกกันฉีดพ่นทุก 7 วัน

อย่างไรก็ตามผักบุงมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นจึงควรระมัดระวังไม่ใช้ยาที่มีพิษแรงหรือตกค้าง



ตารางที่ 2.5 แสดงคุณค่าทางอาหาร ผักบั้งจีนสดและสุกแล้ว

คุณค่าทางอาหาร	ผักบั้งจีน	
	สด	สุกแล้ว
1.(%)กาก	28	-
2.(%)น้ำ	90	92.5
3.(%)เถ้า	1.3	1.0
4.(%)โปรตีน	2.7	2.4
5.(%)ไขมัน	0.4	0.2
6.(%)ไฟเบอร์	1.1	0.8
7.(%)คาร์โบไฮเดรตรวมไฟเบอร์	5.6	3.9
8.แคลอรี	30	21
9.แคลเซียม(มิลลิกรัม)	30	21
10.ฟอสฟอรัส(มิลลิกรัม)	42	44
11.เหล็ก(มิลลิกรัม)	2.5	1.4
12.ซัลเฟอร์(มิลลิกรัม)	44	-
13.โพแทสเซียม(มิลลิกรัม)	469	-
14.วิตามินซี	47	10
15.วิตามินเอ	9550	6750
16.วิตามินบี1	0.09	0.05
17.วิตามินบี2	0.16	0.13
18.ไนอาซิน	0.8	0.57

หมายเหตุ : คำนวณจาก ผักบั้งสด 100 กรัม ในส่วนที่รับประทานได้

ที่มา : [http:// web.ku.ac.th](http://web.ku.ac.th)

## 2.14 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุจินดา ลักษณะาดิศร (2542) ได้กล่าวถึงการนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำประโยชน์จากของเสียมาใช้ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า กากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนมีธาตุอาหารที่มีศักยภาพ ในความเป็นปุ๋ย เทียบเท่ากับปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมี เนื่องจากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน มีองค์ประกอบเป็น อินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร สำหรับโลหะหนักที่มีอยู่ในกากตะกอนบางชนิดเป็นจุลธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช และบางชนิดเป็นพิษต่อพืชเช่นกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ จำเป็นที่จะต้องตรวจวัดคุณสมบัติขององค์ประกอบต่างๆ ในดินและกากตะกอนบำบัดน้ำเสียก่อน เช่น ระดับพีเอช (pH) อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและ โลหะหนัก ซึ่งได้แก่ เหล็ก ทองแดง สังกะสี แมงกานีส และตะกั่ว เป็นต้น โดยให้มีค่าอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืชและดิน

สมทิพย์ คำนธีรวิชย์และคณะ (2542) ได้กล่าวถึงการบำบัดกากตะกอน กากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เราสามารถแยกการตะกอนพวกนี้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. กากตะกอนเคมี หรือ อนินทรีย์ (Chemical Sludge) ซึ่งเกิดจากการบำบัดน้ำเสียทางเคมี บางชนิดอาจเป็นสารพิษ มีสีต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ปะปนอยู่ในกากตะกอน ยากต่อการบำบัด และใช้ค่าใช้จ่ายมาก
2. กากตะกอนอินทรีย์ (Organic Sludge) กากตะกอนส่วนนี้มีลักษณะเป็นของเหลวชั้นส่วนใหญ่จะเป็นมวลอินทรีย์ หรือมวลจุลินทรีย์ ที่ไม่สามารถรักษารูปทรงได้ มีปริมาณมาก และขนย้ายลำบาก

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังตกตะกอนที่จมลงสู่ส่วนล่างของถังตกตะกอน ซึ่งบางส่วนจะถูกสูบย้อนกลับเข้าสู่ถังเติมอากาศ ส่วนที่เหลือภายในถังตกตะกอนซึ่งจะสะสมกันเป็นปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ จะต้องถูกสูบออกไปกำจัดต่อไป ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนนั้นเป็นเงินจำนวนเงินค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งระบบ ดังนั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องพิจารณาในการเลือกวิธีบำบัดและกำจัดที่เหมาะสม

เนื่องจากลักษณะทางเคมีของกากตะกอนที่เกิดขึ้นในถังตกตะกอนแรกและถังตกตะกอนที่สอง จะมีลักษณะแตกต่างกัน ในถังตกตะกอนแรก กากตะกอนจะประกอบด้วยอนินทรีย์สาร (Inorganic Matter) เป็นส่วนใหญ่ หรือกล่าวโดยง่าย จะเป็นตะกอนกรวดทรายซึ่งมีน้ำหนักค่อนข้างมาก และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น (Percent Moisture) ไม่สูงนัก และสามารถลดปริมาณความชื้นได้ไม่ยากนัก ต่างกับกากตะกอนที่เกิดขึ้นภายในถังตกตะกอนที่สอง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางชีววิทยา กากตะกอนประกอบด้วยอินทรีย์สาร

(Organic Matter) เป็นส่วนใหญ่ มีความชื้นสูงถึง 98-99 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณค่อนข้างมาก และยากต่อการบำบัด ทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นตามมา

#### การบำบัดกากตะกอน

ขั้นตอนแรกของการบำบัด คือ การพยายามที่จะลดปริมาณน้ำ หรือ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ที่เป็นส่วนประกอบหลัก เพื่อลดปริมาณและน้ำหนักของกากตะกอนให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของแข็งให้มีมากขึ้น เพื่อให้กากตะกอนสามารถรักษารูปทรงไว้ได้ สะดวกต่อการขนย้าย และเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัด วิธีลดปริมาณด้วยการลดปริมาณน้ำในกากตะกอนมีหลายวิธี เช่น

- ลานตากตะกอน (Sand Drying Bed) ซึ่งใช้พื้นที่มาก และจะมีปัญหาในฤดูฝน
- ระบบรีดด้วยความดัน (Filter Press) ค่าใช้จ่ายสูง และต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้
- การรีดด้วยสายพาน (Belt Filter Press) ค่าใช้จ่ายสูง และต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้

ที่กล่าวมานั้น จะมีข้อเสียต่าง ๆ กันไป ดังนั้น จึงมีการเลี้ยงใช้ระบบบ่อดกตะกอน (Sludge Lagoon) ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกเลือกใช้มากที่สุด เนื่องจากอาศัยเพียงแรงโน้มถ่วงของโลกตามธรรมชาติเท่านั้น เป็นวิธีที่ใช้พื้นที่น้อยกว่าลานตากตะกอน โดยหลักการและลักษณะเหมือนถังตกตะกอนโดยทั่วไป อาจมีการเติมโพลีเมอร์บางประเภทเพื่อช่วยในการตกตะกอน บ่อดกตะกอนสามารถที่จะลดปริมาณความชื้นได้เหลือเพียง 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกากตะกอนจะถูกสูบไปบำบัดและกำจัดต่อไป

ผกาเวดี นารอง (2540) ได้กล่าวว่า การบำบัดตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไป ระบบบำบัดน้ำเสียแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ กล่าวคือ ระบบบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา การที่โรงงานอุตสาหกรรมแต่ละแห่งจะเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของของเสีย ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ และไม่ได้หมายความว่าโรงงานอุตสาหกรรมโรงหนึ่งจะเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียว อาจจะมีทั้งระบบแบบกายภาพผสมผสานกับแบบเคมี หรือแบบเคมีกับแบบชีววิทยา หรืออาจเลือกใช้ทั้ง 3 แบบควบคู่กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพิจารณาและศึกษาของผู้ออกแบบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่จะสร้างขึ้นดังกล่าวมี ประสิทธิภาพที่จะบำบัดน้ำเสียให้ค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ลดลงได้ต่ำกว่ากฎหมายกำหนดหรือไม่

อย่างไรก็ตาม ในระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นชื่อว่าเป็นการบำบัดนั้นก็หมายความว่า “การทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้น” แต่ไม่ได้หมายความว่าปริมาณน้ำเสียนั้นจะลดลงไป ซึ่งถ้าโรงงานต้องการกำจัดก็ควรที่จะทำให้น้ำนั้นมีคุณภาพดีขึ้นก่อนจนไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อพืช, สัตว์, มนุษย์ รวมทั้งสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป จากนั้นจึงค่อยปล่อยหรือกำจัดน้ำนั้นออกจากระบบสู่น้ำลำคลองสาธารณะต่อไป

และพบว่าหลังจากน้ำเสียได้มีการไหลเข้าระบบเพื่อบำบัดแล้วนั้น ส่วนใหญ่สิ่งสกปรกทั้งหลายจะถูกทำให้ตกตะกอนออกมาในรูปของตะกอนของสารเคมี ถ้าในกรณีเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมี เช่น การใช้สารเคมีช่วยในการตกตะกอนพวกฟอริกคลอไรด์, โพลีเมอร์, ปูนขาว ฯลฯ หรือเป็นตะกอนของสารอินทรีย์ ถ้าเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา จะเห็นได้ว่าตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองแบบนี้ จะต้องได้รับการบำบัดต่ออีกขั้นหนึ่งก่อนจึงสามารถปล่อยออกจากระบบ เพราะถ้าไม่มีการบำบัดตะกอนแล้วเรากำจัดออกไป เช่นนำ



ไปถมหรือฝังกลบ (Landfill) ก็อาจทำให้เกิดมลพิษขึ้นกับดิน เช่น ดินเสื่อมคุณภาพ หนา หรือมีโลหะหนักปนอยู่มากหรืออาจซึมลงสู่ระดับใต้ดินที่อยู่ใกล้เคียงบริเวณนั้นก็ได้

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วุทธิพันธ์ ศิริพงศ์ , 2540 ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำขยะอินทรีย์ และใบไม้แห้งมาทำปุ๋ยหมักตามกระบวนการหมักแบบ Aerobic compost โดยวิธีการหมักแบบต่อเนื่อง ซึ่งขยะอินทรีย์ที่นำมาหมักเป็นพวกเศษผักและเศษอาหารในบริเวณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และตลาดต้นพยอม ส่วนใบไม้แห้งที่ใช้ได้มาจากบริเวณต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แบ่งการหมักเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ขยะผสมใบไม้แห้งไม่สับและปุ๋ยหมักที่ใช้เป็นต้นเชื้อ ชุดที่ 2 ขยะผสมใบไม้แห้งและปุ๋ยหมัก โดยทำการวิเคราะห์ผลการหมักที่ระยะเวลาการหมัก 120 วันและ 150 วัน ทั้ง 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะทำการพลิกกลับทุกๆ 7 วัน, 15 วัน และไม่พลิกกลับในระหว่างการหมักจะทำการวัดอุณหภูมิ, ออกซิเจน, pH, และความชื้น

จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในถังหมักอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ อยู่ในช่วง 25-45° c ความเข้มข้นของออกซิเจนในถังหมักมีค่าสูงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6-8 เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ความชื้นถูกควบคุมไว้ที่ระดับ 50-60 % ซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เเปอร์เซ็นต์ NPK ของปุ๋ยหมักอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีค่าดังนี้ หมัก 120 วัน ชุดที่ 1 ในถังพลิกทุกๆ 7 วัน มีค่า 1.68:0.24:2.02 ในถังหมักพลิกทุก 15 วัน มีค่า 1.60:0.24:2.25 และในถังที่ไม่พลิกมีค่า 1.50:0.23:2.10 ชุดที่ 2 ในถังหมักพลิกทุก 7 วัน มีค่า 1.74:0.24:1.80 ในถังหมักพลิกทุก 15 วัน มีค่า 1.75:0.24:1.75 และไม่พลิก มีค่า 1.59:0.23:1.95 หมัก 150 วัน ชุดที่ 1 ในถังหมักพลิกทุก 7 วัน มีค่า 1.67:0.27:1.83 ในถังหมักพลิกทุก 15 วัน มีค่า 1.62:0.23:2.03 และในถังไม่พลิก มีค่า 1.63:0.27:2.15 ชุดที่ 2 ในถังหมักพลิกทุก 7 วัน มีค่า 1.64:0.19:1.73 ในถังหมักพลิกทุก 15 วัน มีค่า 1.68:0.24:1.15 และในถังไม่พลิก มีค่า 1.75:0.23:1.95 และการลดลงของมวลขยะสามารถลดลงได้ถึง 50-60 เเปอร์เซ็นต์

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ , 2545. ได้ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์กากตะกอนจุลินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลสำหรับเป็นปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุงดิน โดยศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารของกากตะกอนจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ โดยใส่ในดินเหมืองแร่ร้างร่วมกับวัสดุปลูก พบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป ดินผสมที่หมักไว้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลง ยกเว้นสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์นั้นมีการปล่อยมากที่สุด 1 สัปดาห์หลังจากการบ่ม หลังจากนั้นลดลงและเมื่อเวลาผ่านไปมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ออกมาสะสมในดินผสมอีกครั้ง

เมื่อทดลองปลูกข้าวโพดหวานในเรือนกระจกโดยใช้ดินผสมหนัก 4 กิโลกรัม ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์ และวัสดุปลูกด้วยอัตราส่วนต่างๆ กัน ในการศึกษาสมบัติของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก พบว่า สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์ 1, 2, 3 และ 4 เเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และดินที่การจำหน่ายในท้องตลาด

มีความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในดินผสมหลังปลูกสูงกว่าในดินผสมก่อนปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากธาตุอาหารที่มีในดินจะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาและสะสมอยู่ในดินผสมหลังปลูก โดยเฉพาะค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สารละลายอิเล็กโทรดที่ 25 องศาเซลเซียส ( $E_{c25}$ ) ของดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่าดินผสมหลังปลูก (ดินไม่ลองไม่รู้ =  $8.19 \text{ dS m}^{-1}$  และดินลำดวน =  $9.19 \text{ dS m}^{-1}$ ) มีค่าสูงกว่าดินผสมก่อนปลูก (ดินไม่ลองไม่รู้ =  $3.89 \text{ dS m}^{-1}$  และดินลำดวน =  $4.92 \text{ dS m}^{-1}$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ในการศึกษาการเจริญเติบโตนั้นข้าวโพดหวานที่ปลูกในสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์ 1 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตดีกว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์ 4 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะเมื่อข้าวโพดหวานมีอายุครบ 6 สัปดาห์ พบว่า ข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้างผสมขุยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ และกากตะกอนจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดเป็น 141.75 เซนติเมตร ส่วนข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้างผสมขุยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุด เป็น 35.00 เซนติเมตร อีกทั้งพบว่าข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้างผสมแกลบเผา 15 เปอร์เซ็นต์ และกากตะกอนจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้างผสมแกลบเผา 15 เปอร์เซ็นต์ และกากตะกอนจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ข้าวโพดหวานตายในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

จากการศึกษาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย พบว่า ข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้างผสมขุยมะพร้าว 15 เปอร์เซ็นต์ และกากตะกอนจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด เป็น 129.45 กรัม และข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้างผสมแกลบเผา 15 เปอร์เซ็นต์ และกากตะกอนจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด เป็น 15.64 กรัม ส่วนข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้าง 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่ำสุด เป็น 1.27 และ 0.28 กรัม ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารนั้น เมื่อระดับของกากตะกอนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นด้วย โดยพบว่า สิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์ 1 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์ 4 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) อีกทั้งในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับธาตุอาหาร เช่น แคลเซียม, แมกนีเซียม, และโซเดียม