บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ปุ๋ยปลา

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า ปุ๋ยปลาเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายเศษวัสดุเหลือใช้จากปลา หลังหมักได้ที่แล้วจะได้สีน้ำตาลเข้ม ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม, และแมกนีเซียม นอกจากนี้ปุ๋ยปลายังประกอบด้วยธาตุอาหารรอง ซึ่งได้แก่ กำมะถัน, เหล็ก, ทองแดง, และแมงกานีส

ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจากประเทศไทยเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทะเลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณเศษเหลือใช้ คือ วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งและของเหลวเพิ่มมากขึ้นด้วย จากการศึกษาได้มีการรายงานถึงองค์ประกอบแร่ธาตุในวัสดุเหลือใช้จากโรงงานทำปลาป่น ซึ่งจะมีองค์ประกอบโดยประมาณของโปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, เถ้า, แคลเซียม, และฟอสฟอรัส เป็นร้อยละ 58, 8.7, 1.57, 20.7, 5.9, และ 3.1 ตามลำดับ ซึ่งระดับต่างๆ เหล่านี้อาจจะสูงหรือต่ำกว่านี้ได้ โดยจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายเศษวัสดุเหลือใช้จากปลาทั้งที่เป็นของแข็ง และของเหลวผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยการใช้เอนไซม์ ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หลังจากหมักจะได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม ประกอบด้วยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง จากการทดลองทำปุ๋ยหมักจากเศษปลาโดยใส่พีทเข้าไปผสมด้วย พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซแอมโมเนียออกมาในระหว่างการหมัก และหลังจากการหมักได้ก๊าซแอมโมเนีย, กรด, อินทรียวัตถุ, และอนินทรียวัตถุ ที่มีลักษณะค่อนข้างเหลวซึ่งมีคุณภาพในการบำรุงดินดีมาก

จากการศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อการใช้ปุ๋ยปลาเป็นปุ๋ยทางใบนั้น การฉีดพ่นปุ๋ยปลาทางการค้าและปุ๋ยปลาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยรองพื้น มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยรองพื้นเพียงอย่างเดียว ในปัจจุบันเนื่องจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องมีปริมาณมากขึ้น โดยปกติแล้วโรงงานที่มีขนาดใหญ่เท่านั้นที่มีนำเศษเหลือเหล่านี้ใช้ทำปลาป่น ส่วนที่เหลือจะผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อน แล้วจึงปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ หากพิจารณาในประเด็นของโรงงานขนาดเล็ก และขนาดกลาง เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยจึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการ ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากปลาจะใช้ต้นทุน และเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตปลาป่น ประกอบกับวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่มีคุณสมบัติบางประการที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในเชิงอุตสาหกรรม และเป็นสิ่งที่คุ้มค่ากับการลงทุน

2.2 การใช้กากตะกอนจุลินทรีย์เพื่อเป็นปุ๋ย

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ (2545). ได้กล่าวว่ากากตะกอนจุลินทรีย์ที่มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้วเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุ 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, อินทรียวัตถุ, ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินดังกล่าวได้

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

กากตะกอนจุลินทรีย์เกือบทุกชนิดประกอบด้วยสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ และง่ายต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมและไนเทรต อีกทั้งจากงานทดลองที่ศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของกากตะกอนจุลินทรีย์จากชุมชน 5 ชนิด โดยใส่กากตะกอนจุลินทรีย์ในอัตรา 2 และ 5เปอร์เซ็นต์ บ่มเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า กากตะกอนจุลินทรีย์ที่มี C:N ratio ต่ำคือ 5.21 และ 5.66 เกิดกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนได้อย่างรวดเร็ว ส่วนกากตะกอนจุลินทรีย์ที่มี C:N ratio มากกว่า 9.10 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าการใส่อินทรียวัตถุที่มี C:N ratio มากกว่า 20 ลงในดินก่อให้เกิดการขาดไนโตรเจนสำหรับพืช ในขณะที่การใส่อินทรียวัตถุลงในดินที่มี 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 ก็จะเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ไปอย่างรวดเร็ว

จากการสำรวจดินพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1% อยู่ถึง191 ล้านไร่ หรือ 60% ของพื้นที่ทั้งประเทศ (320 ล้านไร่) และมีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่ในปริมาณค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องใส่เพิ่มลงไปในดินในรูปปุ๋ย ปุ๋ยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เป็นปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์หรือแปรสภาพแร่ธาตุทางเคมีบางชนิด เพื่อให้อยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อไปได้โดยตรง ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นเวลาหลายปีมาแล้ว จนก่อให้เกิดปัญหาดินเสื่อมคุณภาพลง เพราะเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ดินเกิดการเกาะตัวกันแน่นมากขึ้น ปุ๋ยอีกประเภทหนึ่งก็คือ ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยธรรมชาติ เป็นปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของอินทรียสารตามธรรมชาติที่ได้จากซากพืชซากสัตว์ทุกชนิด สิ่งขับถ่ายจากสิ่งที่มีชีวิต, ปุ๋ยหมัก, ปุ๋ยคอก, อุจจาระ, ปัสสาวะ และพวกอินทรีย์สารที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เป็นต้น

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งส่วนใหญ่มาจากพืชที่ถูกหมักให้ย่อยสลายกลายสภาพเป็นปุ๋ย ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับอินทรียวัตถุในดินทุกประการ ปุ๋ยหมักเป็นผลผลิตสุดท้ายที่คงตัว ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายทางชีววิทยาของวัสดุอินทรีย์ ถ้าการย่อยสลายเสร็จสิ้นสมบูรณ์จะเป็นวัสดุผสมมีสีน้ำตาล-ดำ ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า และปราศจากเชื้อโรค ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงโครงสร้างของดิน

2.3.1 คุณภาพของปุ๋ยหมัก

ข้อกำหนดสำคัญในเรื่องคุณภาพของปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยหมักควรเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุอินทรีย์เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดิน นอกจากนั้นต้องคงตัวทั้งทางเคมี และชีวะ ไม่เป็นพิษ และมีธาตุอาหารที่สมดุล ปริมาณอินทรียวัตถุ หรือถ้าจะกล่าวให้เจาะจงลงไป คือ ปริมาณของฮิวมัส สามารถจะใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของปุ๋ยหมักนั้นๆ คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ทั้งจากกระบวนการย่อยสลายแบบมีอากาศและแบบไม่มีอากาศ ไม่ค่อยจะแตกต่างกันนัก และคุณภาพปุ๋ยหมักจากทั้งสองกระบวนการ ก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุอินทรีย์เหลือใช้เริ่มต้น ปุ๋ยหมักที่คุณภาพที่ดีที่สุดทำมาจากวัสดุอินทรีย์ซึ่งมีการปนเปื้อนทั้งที่มองเห็นด้วยสายตา การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์และการปนเปื้อนด้วยโลหะหนักในระดับต่ำ

2.3.2 ความสม่ำเสมอของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักควรสม่ำเสมอ ซึ่งหมายถึงว่า ส่วนที่เป็นอินทรีย์ของวัสดุควรจะถูกย่อยสลายอย่างพอเพียง ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้ต้องปราศจากกลิ่นและง่ายต่อการนำไปใช้ รวมทั้งการเก็บและการขนส่ง

2.3.3 ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากปุ๋ยเคมีอีกข้อหนึ่ง คือ ถึงแม้ว่าคุณค่าธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมีอาจจะมากกว่าในปุ๋ยหมักอย่างมาก แต่ธาตุอาหารเหล่านี้มักจะละลายและถูกชะล้างไปจากบริเวณรากพืชได้ง่าย ส่วนปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีคุณสมบัติยึดธาตุอาหารพืชในรูปคอลลอยด์ ซึ่งจะเป็นรูปที่ถูกปลดปล่อยออกมาได้อย่างช้าๆ เมื่อวัสดุอินทรีย์ย่อยสลายในดินธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากปุ๋ยหมักที่มักจะมีอยู่ในปริมาณต่ำนั้นอยู่ในรูปที่ควบคุมได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมูลสัตว์ หรือปุ๋ยคอกแล้ว ปุ๋ยหมักที่ได้มาจากขยะมูลฝอยจะมีปริมาณเกลือต่ำซึ่งเป็นผลดีต่อระบบรากพืชเพราะหากปริมาณเกลือสูง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของรากพืชได้

จากตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชของวัสดุปรับปรุงโครงสร้างดินชนิดต่างๆ ที่ใช้กันในประเทศอียิปต์ ข้อมูลจากตารางชี้ให้เห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ยหมักน้อยกว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากมูลสัตว์ และตะกอนน้ำทิ้ง สิ่งนี้เป็นผลจากการย่อยสลายแบบมีอากาศของขยะในระหว่างกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก ซึ่งทำให้ไนโตรเจนบางส่วนสูญเสียไปในรูปแอมโมเนีย, มูลสัตว์, พืช(มอส), และตะกอนน้ำทิ้งย่อยสลายแบบไม่มีอากาศ จึงยังคงรักษาไนโตรเจนไว้ได้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณอินทรียวัตถุและอาหารพืชจากวัสดุปรับปรุงโครงสร้างดินชนิดต่าง ๆ

วัสดุปรับปรุงโครงสร้าง	เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก					
	ปริมาณความชื้น	อินทรียวัตถุ	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	อัตราคาร์บอน/ไนโตรเจน (C:N ratio)
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.พีท (มอส)	45.50	40-45	-	-	-	-
6.ปุ๋ยหมักจากขยะ	6.5	22-25	1.3	0.8	0.9	18 :1

ที่มา : www.greenag.org

2.3.4 กระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก(Composting)

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก เป็นกระบวนการทางชีวเคมี ซึ่งสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปเป็นสารคล้ายฮิวมัส และเป็นกระบวนการที่ธาตุอาหารและสารอินทรีย์ในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรถูกนำมาใช้ประโยชน์อีกครั้งหนึ่ง จากข้อมูลของ www.greenag.org ได้มีผู้ให้คำจำกัดความของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักไว้มากมาย ดังเช่น

Bell (1971) ได้ให้คำจำกัดความกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักไว้ว่า เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้อากาศ มีช่วงอุณหภูมิสูงและสะสมความร้อนภายในตัวเอง ซึ่งเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติและสะสมวัสดุอินทรีย์ที่มีการย่อยสลาย

Biddle Stone และ Gray (1973) กล่าวว่า กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มีเนื้อต่างชนิดกัน โดยกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในสภาพแวดล้อมแบบมีอากาศและร้อนชื้น

Muller (1967) บ่งไว้ว่าในนัยที่กว้างที่สุด กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นเช่นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทางจุลชีววิทยาที่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งกระบวนการทางจุลชีววิทยานี้ผันแปรจากกระบวนการแบบมีอากาศจนถึงกระบวนการแบบไม่ใช้อากาศ

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

Haug (1980) จำกัดความกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักว่า เป็นการย่อยสลายและการทำให้คงตัวทางชีววิทยาของวัสดุอินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่เอื้อต่อการสะสมอุณหภูมิจนสูง ซึ่งเป็นผลจากการสร้างความร้อนโดยปฏิกิริยาทางชีววิทยา ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จะมีความคงตัวเพียงพอที่จะนำไปเก็บและใส่ลงดิน โดยไม่ก่อให้เกิดผลร้ายต่อสิ่งแวดล้อม

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

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

Finstein (1975) เรียกกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก เป็นเหมือนปรากฏการณ์ซึ่งมวลของวัสดุอินทรีย์มีแนวโน้มเกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากภายในกองวัสดุนั้น และผลิตผลที่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเศรษฐกิจ กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้เป็นเทคโนโลยีเพื่อการกำจัดของเสีย เพราะเป็นกระบวนการที่มุ่งใช้กับวัสดุที่เน่าเหม็น ก่อให้เกิดการลดลงของปริมาตร 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 การย่อยสลายของรากพืชที่ตายแล้วในดิน นอกจากนี้ยังอาจเป็นกระบวนการที่มนุษย์เป็นผู้กระตุ้นเร่งให้เกิดขึ้นก็ได้ เช่น การเพิ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยเซลลูโลสลงไปในกองปุ๋ยหมัก

2.3.5 หลักของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก

จาก www.greenag.org ได้กล่าวว่า การย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นโดยกลุ่มของจุลินทรีย์ ต่างๆ กัน ซึ่งมีทั้ง เชื้อบักเตรี, ราแอคติโนมัยซีส และโปรโตซัว เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ก็คือ เชื้อจุลินทรีย์พวกที่ย่อยเซลลูโลส และลิกนิน จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการย่อยสลายได้รับพลังงาน และคาร์บอนจากการย่อยสลายวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ และจุลินทรีย์จะใช้คาร์บอน 10 ส่วน ไนโตรเจน 1 ส่วนสำหรับการสร้างเซลโปรโตพลาส

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เกิดขึ้นใต้สภาพมีอากาศ ปฏิกิริยาสำคัญที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพการย่อยสลายแบบมีอากาศเป็นดังนี้คือ

น้ำตาลเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส $(CH_2O)_x + xO_2 \longrightarrow xCO_2 + xH_2O + E$

โปรตีน (Organic N) $\longrightarrow NH_2 \longrightarrow NO_2 \longrightarrow NO_3 + E$

อินทรีย์กำมะถัน $S + xO \longrightarrow SO_4^{2-}$

อินทรีย์ฟอสฟอรัส $\longrightarrow H_3PO_4 \longrightarrow Ca(HPO_4)_2$

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

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

$COHNS + O_2 +$ เชื้อบักเตรี $\longrightarrow CO_2 + NH_3 +$ ผลผลิตสุดท้ายอื่นๆ + พลังงาน.....(1)

$COHNS + O_2 +$ เชื้อบักเตรี + พลังงาน $\longrightarrow C_5H_7O_2N$ (เซลล์บักเตรีใหม่)..... (2)

$COHNS +$ เชื้อบักเตรีไม่ใช่อากาศ $\longrightarrow CO_2 + H_2S + NH_3 + CH_4 +$ ผลผลิตสุดท้ายอื่นๆ + พลังงาน.....(3)

$COHNS +$ เชื้อบักเตรีไม่ใช่อากาศ + พลังงาน $\longrightarrow C_5H_7O_2N$ (เซลล์บักเตรีใหม่) .....(4)

ก๊าซแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรท โดยเชื้อบักเตรีพวกที่ก่อให้เกิดการเป็นไนเตรท (Nitrifying bacteria) ในช่วงบ่มให้เป็นปุ๋ยหมัก (Maturation) กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบมีอากาศ เหมาะสมสำหรับจัดการวัสดุอินทรีย์ปริมาณมากๆ ตามความเป็นจริงแล้วเนื่องจากวัสดุที่จะนำมาทำปุ๋ยหมักมักจะเป็นวัสดุที่คละกันหลายชนิด และมีปริมาณมาก ดังนั้นในกองปุ๋ยหมักจะมีสภาพการย่อยสลายแบบไม่มีอากาศอยู่ด้วยเสมอ เช่น กระบวนการทำปุ๋ยหมักในสาธารณรัฐประชาชนจีน เมื่อแรกเริ่มกองปุ๋ยจะมีสภาพเป็นแบบมีอากาศ และเป็นแบบสภาพไม่มีอากาศในระหว่างช่วงหลังของกระบวนการ ของเหลือที่ทิ้งจากพืชและสัตว์เกือบทั้งหมด สามารถย่อยสลายได้

ดังนั้น วัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งหลายชนิดเหมาะสมสำหรับนำมาทำปุ๋ยหมัก อาทิเช่น ของเสียจำพวกผักผลไม้ ของเหลือทิ้งจากไร่นา เช่น ซังข้าวโพด, ตอซังอ้อย, แกลบ, เปลือกกล้วย, ใบไม้, หญ้า, ขี้เลื่อย, ของเหลือทิ้งจากครัว, อาหารเน่าเสีย, มูลคนและมูลสัตว์ แต่ไม่ทั้งหมดของวัสดุที่มาจากสิ่งมีชีวิตจะย่อยสลายได้อย่างเต็มที่ วัสดุที่ย่อยสลายได้น้อยก็มี เช่น ไม้ กระดูก และวัสดุอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงมาจากทางอุตสาหกรรม เช่น กระดาษและหนังฟอก เปลือกลูกมะพร้าวที่มีสีเขียวก็ย่อยสลายได้ช้ามากเช่นกัน เพราะความแข็งและปริมาณความชื้นสูงๆ ของเปลือกทำให้เปลือกมะพร้าวไม่เหมาะสมจะเป็นวัสดุทำปุ๋ยหมัก

2.3.6 ปฏิกิริยาทางชีวเคมี

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) อุณหภูมิเพิ่มจนถึงระดับสูงสุด เป็นระยะที่วัสดุเหลือทิ้งเกิดเสถียรภาพ และการทำลายเชื้อโรคมีประสิทธิภาพที่สุด

4. ระยะเติบโตเต็มที่ (Maturation phase) อุณหภูมิกองปุ๋ยหมักลดลงเป็นอุณหภูมิปานกลาง และลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิภายนอก การย่อยสลายชั้นที่สองเกิดขึ้นซึ่งจะช้า และก่อให้เกิดการสร้างฮิวมัส ซึ่งก็คือ การเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนบางชนิดไปเป็นสารคอลลอยด์ฮิวมัส ซึ่งเกี่ยวพันอย่างใกล้ชิดกับแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็ก, แคลเซียม, ไนโตรเจน, ฯลฯ จนท้ายที่สุดเปลี่ยนเป็นฮิวมัส ขบวนการเปลี่ยนเป็นไนเตรทซึ่งแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์และท้ายที่สุดเป็นไนเตรทก็เกิดขึ้นในระยะนี้

2.3.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก

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

ประสิทธิผลของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก โดยแท้จริงแล้วขึ้นอยู่กับกลุ่มของประชากรจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่และทำให้วัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งนั้นๆ ดงตัว กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักครั้งใดที่ไม่ได้ผลอาจจะเนื่องมาจากสภาพที่ไม่สมดุลย์ทางเคมีและทางกายภาพภายในกองปุ๋ยหมักนั้นๆ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลเหล่านั้น ได้แก่

1. <u>วัตถุดิบ</u>

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

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของวัสดุอินทรีย์

สารประกอบ	น้ำหนักแห้งคิดเป็นเปอร์เซนต์	
	พืช	มูลสัตว์
1.น้ำตาลที่ละลายได้ในน้ำร้อน / เย็น แป้ง กรดอะมิโน กรดอลิฟาติก ยูเรีย และเกลือแอมโมเนียม	5-30	5-20
2.ไขมันที่ละลายได้ ในอีเทอร์ / แอลกอฮอล์ น้ำมัน ไข และเรซิ่น	5-15	1 - 3
3.โปรตีน	5-40	5-30
4.เฮมิเซลลูโลส	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 เป็นโพลี่แซดคาไรด์ที่ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาล 50-150 หน่วยซึ่งค่อนข้างง่ายต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนเซลลูโลสเป็นโพลีเมอร์ที่ใหญ่กว่ามากและประกอบด้วยหน่วยน้ำตาล 1,000-10,000 หน่วย ซึ่งยากต่อการย่อยสลาย เซลลูโลสเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบซึ่งมีมากที่สุดในหมู่พืชในโลก และไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในกระเพาะและลำไส้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นส่วนใหญ่ สัตว์พวกนี้จึงไม่สามารถใช้เซลลูโลสให้เป็นประโยชน์ได้ แต่สัตว์จำพวกเคี้ยวเอื้อง เช่น วัว ควาย สามารถใช้เซลลูโลสเป็นอาหารได้ เพราะมีบักเตรีในกระเพาะ ซึ่งผลิตเอนไซม์ที่เรียกว่า "เซลลูเลส" ใช้ย่อยสลายเซลลูโลสได้ สำหรับลิกนินนั้นเป็นสารผนังเซลล์ ซึ่งยากต่อการถูกย่อยสลาย

วัตถุดิบไม่ควรมีสารที่เป็นพิษเป็นส่วนประกอบ เพราะว่าสารที่เป็นพิษนี้จะไปยับยั้งกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก ขนาดของวัตถุดิบก็มีความสำคัญ ยิ่งขนาดเล็กจะยิ่งช่วยให้การย่อยสลายเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งเนื่องจากมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น จึงง่ายต่อการที่เชื้อจุลินทรีย์จะเข้าทำปฏิกิริยากับวัตถุดิบนั้นๆ ขนาดที่เป็นที่ต้องการที่สุดสำหรับการทำปุ๋ยหมักคือ น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ในกรณีของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบมีอากาศขนาดของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักควรจะเล็กเท่าที่เป็นได้ เพื่อให้เกิดการถ่ายเทอากาศที่พอเพียง และเพื่อง่ายต่อการย่อยสลายโดยเชื้อบักเตรี รา และแอคติโนมัยซิส ดังนั้นขยะและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเช่น วัชพืชน้ำและฟางข้าว ควรจะบดทำให้ขนาดเล็กลงก่อนที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก อุจจาระคนกากตะกอน และมูลสัตว์มักมีขนาดเล็กละเอียดพอเหมาะสำหรับการย่อยสลายโดยเชื้อจุลินทรีย์

อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเติมวัสดุอื่น ๆ ลงไปในของเสียดังกล่าวข้างต้นเพื่อเพิ่มค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เพื่อช่วยเสริมด้านโครงสร้างของกองปุ๋ยหมัก และเพื่อก่อให้เกิดที่ว่างสำหรับการย่อยสลายแบบมีอากาศ ตัวอย่างของวัสดุที่ใช้เติมเพิ่มลงในกองปุ๋ย คือ ขี้เลื้อย, ฟางข้าว, ดินพีท, ข้าวเปลือก, 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, ต้นข้าวโพดม, ซังข้าวโพด, 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 ในขณะเดียวกัน ต้องใช้สารประกอบไนโตรเจนด้วย แต่สารประกอบไนโตรเจนน้อยจึงเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้กิจกรรมในการย่อยสลายเกิดช้า

ความสมดุลของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 10:1 ถ้าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อสารประกอบไนโตรเจนต่ำเกินไป จะทำให้ไนโตรเจนที่มีอยู่ปริมาณมากเกิดการสูญเสียไนโตรเจน เนื่องจากกระบวนการระเหย (Ammonia volatilization) การใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 25:1 ค่อนข้างจะเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ 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) ที่ใช้กำหนดการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ คือ 20:1

ตารางที่ 2.3 แสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของของเหลือทิ้งต่าง ๆ

วัสดุ	ไนโตรเจน (เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง)	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

ตารางที่ 2.4 แสดงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์ และพืชชนิดต่าง ๆ

วัสดุอินทรีย์ และชนิดของพืช	ชนิด	C/N
วัชพืช	หญ้าคา	60
	หญ้าญี่ปุ่น	12
	หญ้าขน	15
	หญ้าชันกาด	21
	หญ้าขจรจบ	27-78
	กกลังกา	25
	สาบเสือ	23
	ผักตบชวา	24-60
พืชตระกูลถั่ว	ถั่วลาย	15
	ปอเทือง	23
ตอชังพืช	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	บักเตรี	5
	รา	10

ที่มา : www.greenag.org

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

1.ส่วนที่เป็นคาร์บอน เช่น เซลลูโลส และลิกนินจะทนทานต่อการย่อยสลายทางชีววิทยา และต้องใช้เวลาการย่อยสลายนานขึ้น

2.ธาตุอาหารบางอย่าง เช่น โปรตีน พวกดีราติน จะอยู่ในรูปที่ยากต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย

3.การตรึงไนโตรเจนบางอย่างเกิดขึ้นได้ โดยเชื้อบักเตรีพวก Azotobacter โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีฟอสเฟตมากเพียงพอ

4.การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนค่อนข้างยากและไม่ถูกต้อง ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของวัสดุที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก มีค่ามากกว่าค่าที่เหมาะสม เช่น ขี้เลื่อย และฟางข้าวสาลี เชื้อจุลินทรีย์จะมีข้อจำกัดด้านการเจริญเติบโต อันเนื่องมาจากการขาดไนโตรเจน จุลินทรีย์ต้องเจริญเติบโตผ่านวงจรชีวิตหลายครั้ง โดยการออกซิไดซ์คาร์บอนส่วนเกิน จนกระทั่งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสุดท้ายของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก จะได้ประมาณ 10:1 ดังนั้น เวลาการเป็นปุ๋ยหมักนานขึ้น และฮิวมัสที่ได้จะมีปริมาณน้อยลง 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 ได้กล่าวถึง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์โดยเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยสาเหตุที่น้ำจำเป็นสำหรับการละลายธาตุอาหาร และเป็นส่วนของเซลล์โปรโตพลาส ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 50% สามารถยับยั้งกิจกรรมทางชีวภาพได้อย่างรุนแรง ปริมาณความชื้นที่มากเกินไปจะก่อให้เกิดการชะล้างธาตุอาหาร และเชื้อโรคออกจากกองปุ๋ย ในกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ น้ำปริมาณมากเกินไปไปกั้นทางเดินอากาศ ทำให้กองปุ๋ยหมักมีสภาพเป็นไร้อากาศ ปริมาณความชื้นระหว่าง 50-70% (เฉลี่ย 60%) เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก และควรจะต้องดำรงไว้ในช่วงที่จุลินทรีย์มีกิจกรรม เช่น ช่วงระยะการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิปานกลาง และช่วงอุณหภูมิสูง

การรักษาปริมาณความชื้นสำหรับกองปุ๋ยหมักอาจกระทำได้โดยพ่นน้ำให้กองปุ๋ย เมื่อพบว่ากองปุ๋ยหมักมีปริมาณความชื้นต่ำไป ถ้ากองปุ๋ยหมักชื้นมากให้ใส่วัสดุที่จะซับความชื้นได้เพิ่มลงไปในกองปุ๋ย เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย โดยปกติแล้วเป็นการยากที่จะคงรักษาให้กองปุ๋ยมีปริมาณความชื้นที่พอเหมาะ สาเหตุหลักที่เป็นดังนี้ เนื่องมาจากขนาดรูปร่าง และธรรมชาติของวัสดุที่ผสมอยู่ในกองปุ๋ยหมัก วัสดุอินทรีย์บางชนิด เช่น ใบไม้แก่, ฟางข้าวไรน์, ฟางข้าวสาลี, ขี้เลื่อยหรือวัสดุอื่นที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง มักจะต้านการซึมผ่านของน้ำและทำให้เปียกยาก

ดังนั้นวิธีแก้ไขทำได้โดย การใส่ผงซักฟอกจำนวนเล็กน้อยลงในน้ำ แล้วพ่นให้ทั่วกองปุ๋ยเพื่อเพิ่มความเปียกให้ผิวหน้าวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักนั้น ๆ

4. การถ่ายเทอากาศ

www.greenag.org ได้กล่าวว่า การถ่ายเทอากาศที่พอเหมาะ จำเป็นสำหรับการทำปุ๋ยหมัก เป็นการเติมก๊าซออกซิเจนแก่เชื้อจุลินทรีย์พวกที่ต้องใช้อากาศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักการเติมอากาศทางกล ร่วมกับการระบายอากาศที่สอดคล้องกัน มีแนวโน้มทำให้กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักดำเนินเร็วขึ้น กองปุ๋ยหมักที่เติมอากาศตามธรรมชาติซึ่งไม่ค่อยมีการกลับกองปุ๋ยสามารถย่อยสลายภายใน 8-12 สัปดาห์ โดยมีเงื่อนไขว่า ปริมาณความชื้น และปัจจัยอื่นๆ อยู่สภาพเหมาะสม

การเติมอากาศให้กองปุ๋ยหมักทางกลสามารถลดเวลาที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักลงอยู่ในช่วง 2-3 สัปดาห์ และมีข้อแนะนำว่าภายหลังระยะเวลาย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักจะต้องผ่านการบ่มเป็นเวลาหลายสัปดาห์ถึงหลายเดือน แล้วแต่ความต้องการด้านการคงตัวของปุ๋ยหมักซึ่งเป็นผลิตผลสุดท้าย ถ้าจะใช้ปุ๋ยหมักเพื่อเพาะปลูกในไร่นา ก็อาจจะไม่จำเป็นต้องผ่านการบ่ม อย่างไรก็ตามถ้าใช้ปุ๋ยหมักสำหรับการเพาะปลูกในเรือนกระจก หรือในสวนหลังบ้าน แนะนำให้บ่มปุ๋ยหมักที่ได้สัก 2-3 เดือน ในช่วงเวลาบ่มนี้ ปุ๋ยหมักจะย่อยสลายต่อไปอย่างช้ามากๆ

การระบายอากาศมากเกินไปเป็นสิ่งที่สูญเปล่า และก่อให้เกิดการสูญเสียความร้อนจากกองปุ๋ย ในขณะที่การระบายอากาศน้อยเกินไป อาจจะก่อให้เกิดสภาพไร้อากาศได้ภายในกองปุ๋ยหมัก วิธีธรรมดาๆ ที่ใช้เพื่อพิจารณาความต้องการการระบายอากาศของกองปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับ ปฏิกิริยา stoichiometric ของการออกซิเดชั่นของวัสดุเหลือทิ้ง สิ่งที่จำเป็นสำหรับการคำนวณ ก็คือ ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่จะนำมาทำ

ปุ๋ยหมัก หรือที่จะถูกออกซิไดซ์ เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักเป็นส่วนผสมของสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ชนิด ในทางปฏิบัติจึงใช้สูตร $C_{10}H_{19}O_3N$ และ $C_5H_7O_2N$ แทนค่าส่วนประกอบทางเคมีสมการ stoichiometric ของการออกซิเดชั่นที่สมบูรณ์ของสารประกอบเหล่านี้ คือ

$$C_{10}H_{19}O_3N + 12.5O_2 \longrightarrow 10CO_2 + 8H_2O + NH_3$$

$$C_5H_7O_2N + 5O_2 \longrightarrow 5CO_2 + 2H_2O + NH_3$$

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 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 สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะในช่วงแรกจุลินทรีย์หลายชนิดย่อยสลายสารประกอบที่ย่อยสลายได้เร็วและผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดออกมา 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 เชื้อบักเตรี, เชื้อรา, เชื้อแอคติโนมัยซีส,และโปรตัวซัว และอาจจะเกี่ยวข้องกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น พวกไส้เดือนฝอย ไส้เดือนดิน ปลวก และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

วัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งถูกย่อยสลายครั้งแรกโดยผู้บริโภคขั้นที่ 1 (first level consumers) ซึ่งได้แก่ เชื้อบักเตรี, เชื้อรา, และเชื้อแอคติโนมัยซีส ขั้นตอนการทำให้ของเสียคงตัวส่วนใหญ่แล้วเป็นผลมาจากกิจกรรมของเชื้อบักเตรี เชื้อบักเตรีพวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลางเป็นพวกแรกที่ปรากฏ ต่อมาภายหลังเมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นเชื้อบักเตรีพวกที่ชื้นในอุณหภูมิสูง ซึ่งมีอยู่ทั่วทุกส่วนของกองปุ๋ยหมักจะปรากฏ ส่วนเชื้อราที่ชื้นที่อุณหภูมิสูงมักจะเจริญเติบโตใน 5-10 วันหลังการกองปุ๋ย

อย่างไรก็ตาม ถ้าอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยสูงเกินไป คือ มากกว่า 65-70 องศาเซลเซียส เชื้อรา เชื้อแอคติโนมัยซิส และส่วนมากของเชื้อบักเตรีจะไม่มีกิจกรรม มีเพียงเชื้อบักเตรีที่สร้างสปอร์เท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ ในช่วงสุดท้ายของกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก เมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยลดลงจะพบเชื้อแอคติโนมัยซิส เจริญเติบโตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถจะสังเกตได้จากบริเวณรอบนอกของกองปุ๋ยหมักมีสีขาว หรือสีน้ำตาลของกลุ่มโคโลนีเชื้อแอคติโนมัยซิส

การย่อยสลายโปรตีนและสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอื่น เกิดจากกิจกรรมของเชื้อบักเตรีพวกที่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิสูง ซึ่งส่วนมาก คือ เชื้อบักเตรีในจีนัส Bacillus sppเชื้อรา และเชื้อแอคติโนมัยซิส มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส ลิกนิน และวัสดุที่ย่อยสลายยากอื่นๆ ซึ่งจะถูกย่อยสลายภายหลังที่วัสดุย่อยสลายได้ง่ายกว่าถูกใช้ประโยชน์เชื้อแอคติโนมัยซิสนั้น สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้เพียงเล็กน้อยและย่อยสลายน้อยกว่าเชื้อรา แต่จะย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน เชื้อรามีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสมากกว่าเชื้อบักเตรี เชื้อแอคติโนมัยซีที่มักพบจากกองปุ๋ยหมักอยู่ในจีนัส Streptomyces และ Thermoactinomyces ในขณะที่ Aspergillus เป็นจีนัสเชื้อราที่พบโดยทั่วไปในกองปุ๋ยหมัก

ภายหลังช่วงเวลาดังกล่าวข้างต้น ผู้บริโภคขั้นที่1 ทั้งหลายกลายเป็นอาหารสำหรับผู้บริโภคขั้นที่ 2 (Second-level consumers) เช่น ปลวก, ไส้เดือนฝอย, โปรโตซัว และโรติเฟอร์ ต่อมาผู้บริโภคขั้นที่ 3 (third-level consumers) เช่น ตะขาบ, แมลงเต่าทอง,และมด จะกินแมลงผู้บริโภคขั้นที่ 2

2.3.8 จุลินทรีย์กับกระบวนการเป็นปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวไว้ว่า เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบสำคัญของวัตถุที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ดังนั้นจึงสมควรทราบเชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส มีอยู่ทั่วไปพบได้ใน ดินนา, ดินป่า, มูลสัตว์ และบนซากพืชที่เน่าเปื่อยผุพัง มีทั้งพวกที่ต้องการก๊าซออกซิเจนและไม่ต้องการ พวกที่มีชีวิตอยู่ได้ในที่ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เป็นกรดหรือเป็นด่าง ระดับความชื้นที่สูงและต่ำ และจากอุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งเพียงเล็กน้อยจนถึงอุณหภูมิสูง เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถใช้เซลลูโลสได้นั้นมีทั้งพวกบักเตรีที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการ เชื้อราที่มีเส้นสายเชื้อเห็ดรา เชื้อบักเตรีที่ชอบอุณหภูมิสูง และเชื้อแอคติโนมัยซีส ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ในรูปของเชื้อเดี่ยวบริสุทธิ์ แต่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในธรรมชาตินั้น เป็นผลมาจากการร่วมมือกระทำของเชื้อหลายชนิด ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบการทำงานของเชื้อเดี่ยวบริสุทธิ์ที่เพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการ กับเชื้อมีอยู่ตามธรรมชาติ

สามารถแบ่งเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสได้ดังนี้

1. <u>เชื้อจุลินทรีย์ประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และใช้อากาศ</u>

1.1 ราในจีนัส Aspergilus, Chaetomium, Curvularia, Fusariu, Thilavia, Memmoniella, Phoma และ Trichoderma

นอกจากนี้ ยังพบว่ามีเชื้อที่มีประสิทธิภาพภายในจีนัส Alternaria,Coprinus, Myrothecium, Penicillium, Polyporus, Rhizoctonia, Rhizopus, Trichothecium, Verticillium, Sygorhynchus และFomes

1.2 บักเตรีในจีนัส Cytophaga, Achromobacter, Sporocytophaga, Vibrio, Pseudomonas, Bacillus และ Cellulomonas

1.3 แอคติโนมัยซีส มี Streptomyces, icromonospora, Nocardia และStreptosporangium จุลินทรีย์พวกนี้แม้มีเอ็นไซม์ที่ย่อยสลายเซลลูโลส แต่เมื่อเทียบกับราและบักเตรีแล้วส่วนใหญ่จะย่อยสลายช้ากว่า

นอกจากนี้ยังมีพวกโปรโตซัว เช่น Hartmanella และ Schizopyrenus โปรโตซัวในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ชั้นสูงหลายชนิด สามารถย่อยสลายโมเลกุลเซลลูโลสได้

2.<u>เชื้อจุลินทรีย์ประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และไม่ใช้อากาศ</u>

จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ในที่ที่ไม่มีออกซิเจนผลผลิตของการย่อยสลายแบบนี้คือ เอทานอล และกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติค, กรดฟอร์มิค, กรดแลคติค และกรดบิวไทริค จุลินทรีย์ประเภทราและแอคติโนมัยซีสไม่มีบทบาทสำคัญเท่าใดนักต่อการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศแบบนี้ เชื้อจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศที่พบโดยทั่วไปในธรรมชาติ อยู่ในจีนัส Clostridium ซึ่งพบใน ดิน,ปุ๋ยหมัก, มูลสัตว์, โคลนตมจากแม่น้ำ และน้ำเสีย

3.<u>เชื้อจุลินทรีย์ประเภทชอบอุณหภูมิสูงใช้ และไม่ใช้อากาศ</u>

จุลินทรีย์ทั้งใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ มีบทบาทสำคัญในกระบวณการย่อยสลายที่อุณหภูมิสูง 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 ได้เสนอขั้นตอนที่สามารถจัดการทำปุ๋ยหมักที่ถูกต้องได้ดังนี้

1. <u>เลือกวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก</u>

วัสดุที่จะนำมาใช้ควรเป็นส่วนของพืชที่หาได้ง่าย มีปริมาณมาก และอยู่ใกล้มือ อาจแบ่งวัสดุที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก 2 ชนิด ตามความยากง่ายในการสลายตัว คือ วัสดุที่สลายตัวช้า เช่น ซังข้าวโพด, กากอ้อย, และฟางข้าว ซึ่งมีค่าC:N ratio กว้างเกินกว่า 60:1 วัสดุที่สลายตัวเร็ว ได้แก่ ต้นใบข้าวโพด, ข้าวฟาง, ต้นพืชตระกูลถั่ว, วัชพืชต่างๆ ตลอดจนผักตบชวา

สำหรับส่วนที่คงเหลืออยู่ในไร่นา เช่น ตอซังข้าวโพด, ข้าวฟาง, ข้าว, ต้นมันสำปะหลัง, ต้นถั่วเขียว ฯลฯ ควรไถกลบลงดินเพราะเป็นการประหยัดที่คุ้มค่ากว่าจะนำมาทำปุ๋ยหมัก สำหรับวัสดุจำพวกแกลบขี้เลื่อย, ขุยมะพร้าว และเปลือกถั่วลิสง เหล่านี้เป็นต้นควรนำไปใส่ดินโดยตรงเพื่อช่วยให้ดินโปร่ง

2. <u>ใส่ตัวเร่งเพิ่มลงในกองปุ๋ย</u>

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

3. <u>จัดหาอุปกรณ์ในการทำปุ๋ยหมัก</u>

เพื่อสะดวกและประหยัดเวลาในการกองปุ๋ย เครื่องเหล่านี้ ได้แก่ คราด, เข่ง, บุ้งกี๋, จอบเสียม, พลั่ว, ถังน้ำ, บัวรดน้ำ ตลอดจนรถเข็นที่จะบรรทุกสิ่งของต่าง ๆ

4. <u>เลือกสถานที่</u>

การพิจารณาเลือกสถานที่กองปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับ

4.1 แหล่งของวัสดุอินทรีย์ เช่น ลานนวดข้าว หรือแหล่งสะสมซากพืชในการกำจัดวัชพืช

4.2 แหล่งน้ำ จำเป็นต้องใกล้น้ำมากที่สุด แต่ต้องอยู่ห่างพอควรจากแหล่งน้ำบริโภค

4.3 ลานกอง ควรเลือกที่ดอนน้ำไม่ขังและเป็นที่ที่มีการปรับระดับให้ราบเสมอ เพื่อสะดวกในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ต้องใกล้พอควรกับแหล่งที่จะนำปุ๋ยหมักไปใช้ โดยห่างจากเคหะสถานในระยะที่ไกลพอจากกลิ่นรบกวน

วิธีการเกี่ยวกับการผลิตปุ๋ยหมักได้แตกต่างกันไปตามจุดประสงค์ของผู้ผลิต ชนิด และปริมาณวัสดุอินทรีย์ ตลอดจนสภาพแวดล้อม อาทิเช่น ฤดูกาล, ปริมาณฝน, และอุณหภูมิ เป็นต้น

ดังนั้น จึงมีการกองหลายแบบคล้อยตามความต้องการสภาพแวดล้อม เช่น กองกลางแจ้งโดยกองบนดิน, บนพื้นซีเมนต์, ในดอกบนพื้น หรือในหลุมซึ่งอาจสร้างหลุมดินหรือหลุมซีเมนต์ นอกจากนี้ ยังอาจสร้างโรงเรือนทั้งแบบชั่วคราว หรือแบบถาวร เพื่อการกองปุ๋ยหมัก

2.4 วิธีการหมักที่ใช้ในปัจจุบัน

วุทธินันท์ 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

- <u>แบบใช้เศษพืชเพียงอย่างเดียว</u> : นำเศษพืชมากองบนดินธรรมดาหรือพื้นซีเมนต์ก็ได้ โดยกองเศษพืชให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้างประมาณ 2-3 เมตร ความยาวของกองนั้นแล้วแต่ความต้องการ หลังจากเอาเศษพืชมากองแล้ว ขึ้นย่ำให้แน่นขณะเดียวกันก็รดน้ำให้ชุ่มเพื่อให้น้ำได้แทรกซึมไปทั่วทุกส่วนของเศษพืช เมื่อทำการกองปุ๋ยจนได้ความสูงประมาณ 1 เมตร แล้วใช้ดินทับข้างบน ให้หนาประมาณ 1 นิ้ว
- <u>แบบผสมสารตัวเร่งประเภทมูลสัตว์</u> : นำเศษพืชมากองเป็นชั้นๆ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างพืช และมูลสัตว์ในอัตรา 100 ต่อ 10 โดยน้ำหนัก ขนาดกองกว้างประมาณ 2-3 เมตร ความยาว ประมาณ 3-7 เมตร ย่ำให้แน่นพร้อมรดน้ำให้ชุ่ม เมื่อกองเศษพืชสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร จากนั้นให้นำมูลสัตว์ที่เตรียมไว้มาโรยข้างบนกองให้ทั่วหนาประมาณ 5-10เซนติเมตร แล้วจึงนำเศษพืชมากองทับทำเป็นชั้นต่อๆ ไปเช่นเดียวกับการกองชั้นแรก จนได้กองปุ๋ยหนาประมาณ 1 เมตร ชั้นบนสุดใส่หน้า

ดิน หรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ทับลงไปให้หนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นระเหยออกจากกองปุ๋ยเร็วเกินไป

- แบบผสมสารตัวเร่งประเภทปุ๋ยเคมี : อัตราส่วนผสมการทำปุ๋ยหมักแบบนี้ จะใช้เศษพืชมูลสัตว์ และปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 100:10:1 โดยน้ำหนัก กองเศษพืชสูงประมาณ 1.5 เมตรหรือมีขนาดเท่ากับกองฟางขนาดย่อมๆ เกลี่ยให้เศษพืชเป็นกองคล้ายแปลงผักให้มีขนาดกว้าง 2-3 เมตร ยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร และสูงประมาณ 30 เซนติเมตร รดน้ำให้ชุ่มพร้อมกับหยียบย่ำให้แน่น นำมูลสัตว์ที่เตรียมไว้มาโรยลงกองเศษพืชให้ทั่วหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร จากนั้นใช้ปุ๋ยยูเรีย หรือปุ๋ยนาข้าวหว่านทับลงบนมูลสัตว์ ต่อไปจึงขนเศษพืชมากองทับชั้นต่อไป 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 จากนั้นแบ่งมูลสัตว์โรยทับและแบ่งปุ๋ยยูเรียหว่านทับชั้นบนของมูลสัตว์อีกทีหนึ่ง นำสารเร่งมาละลายในน้ำคนให้เข้ากัน นำสารละลายของสารเร่งมาราดลงบนกองเศษพืช หลังจากนั้น จึงนำเศษพืชมากองทับเป็นชั้นที่สองต่อไป ทำเช่นนี้ทุกครั้งจนกระทั่งได้กองปุ๋ยหมักประมาณ 1.0-1.5 เมตร ชั้นบนสุดควรใช้หน้าดินที่มีความสมบูรณ์ปิดทับให้หนาประมาณ 1 นิ้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

- แบบต่อเชื้อ : คือ การหมักโดยใช้ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายแล้วมาเป็นต้นตอของเชื้อจุลินทรีย์หรือสารตัวเร่งสำหรับการหมักทำปุ๋ยครั้งต่อไป โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ทุกครั้งที่ทำปุ๋ยหมัก แต่ต้องมีการเก็บรักษาปุ๋ยหมักที่จะนำไปต่อเชื้อนี้ให้อยู่ในสภาพที่ดี คือ จะต้องไม่ทิ้งตากแดดตากฝนควรให้มีความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญ

การอยู่รอดของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักแบบต่อเชื้อนี้ทำได้สองวิธี 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 หรือถ้าจะใช้ปัสสาวะละลายน้ำโรย หรือราดให้ทั่วผิวบนเศษวัสดุ

1.4 ทำการกองปุ๋ยหมักชั้นต่อไปโดยให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กองในชั้นแรกจนครบทั้ง 4 ชั้น สำหรับชั้นบนสุด ให้ใช้หน้าดินที่มีความสมบูรณ์ทับหน้าประมาณ 1 นิ้ว เพื่อเป็นการรักษาความชื้นภายในกองปุ๋ย

2.แบบต่อเชื้อโดยใช้ปุ๋ยที่ใช้ได้แล้วเป็นต้นเชื้อ

มีส่วนประกอบ คือเศษพืช 1,000 กิโลกรัม ปุ๋ยหมักที่ใช้แล้ว 200 กิโลกรัม โดยวิธีการกองปุ๋ยหมักสามารถปฏิบัติได้ เช่นเดียวกับวิธีที่หนึ่ง

2.4.2 Aerated Static Pile

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

2.4.3 In-Vessel Composting System

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

- plug flow : ขยะจะถูกใส่ในท่อและเคลื่อนที่ไปในท่อ โดยมีการเติมอากาศระหว่างนั้น เมื่อขยะเคลื่อนไปปลายท่อจะใช้เวลาเท่ากับเวลาที่จะใช้หมัก โดยการหมักจะเกิดแบบสมบูรณ์

- ไดนามิค : ภายในท่อมีอุปกรณ์ที่ทำให้ขยะผสมกันอย่างทั่วถึงไปพร้อมๆ กับการเติมอากาศทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นทั่วถึงยิ่งขึ้น

2.5 รูปแบบการกองปุ๋ยหมัก

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

1 <u>การกองปุ๋ยหมักบนพื้นดินกลางแจ้ง</u> เกษตรกรที่มีทุนน้อยถ้าจะทำปุ๋ยหมักเอาไว้ควรใช้วิธีนี้เพราะเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุด ซึ่งการกองปุ๋ยบนบริเวณพื้นที่ราบเรียบ ไม่มีน้ำขัง ไม่มีโรงเรือนโดยกองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้างประมาณ 2-3 เมตร สูง 1-1.5 เมตร ความยาวไม่จำกัดแต่ไม่ควรน้อยกว่า 3 เมตร

2 <u>การกองปุ๋ยหมักบนพื้นกลางแจ้ง</u> ส่วนมากแล้วจะกองบนลานซีเมนต์ การกองบนพื้นซีเมนต์จะช่วยรักษาธาตุอาหารต่างๆ ไม่ให้ไหลลงสู่พื้นดินข้างล่าง และเวลาการกลับกองปุ๋ยหมักก็สะดวกมีข้อเสีย คือ ลงทุนสูงกว่าแบบแรก

3 <u>การกองปุ๋ยหมักบนพื้นดินในคอกไม้</u> เป็นการกองกลางแจ้งไม่มีหลังคา การกองให้กองค่อนไปด้านใดด้านหนึ่ง เวลากลับก็ให้กลับจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งก็ได้ ข้อดี คือ ทำการกองปุ๋ยได้ง่ายเพราะมีคอกกั้นไว้ และยังกันสัตว์ต่างๆ ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามอาจต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำคอกด้วย

4 <u>การกองปุ๋ยหมักแบบโรงเรือนไม่มีหลังคา</u> เป็นโรงเรือนที่สร้างด้วยวัสดุราคาถูกหาได้ในท้องถิ่น วิธีนี้เกษตรกรต้องการผลิตปุ๋ยหมักเพียงชั่วคราว

5 <u>การกองปุ๋ยหมักแบบมีโรงเรือนมีหลังคา</u> เป็นโรงเรือนที่ทำด้วยวัสดุถาวร วิธีนี้เจ้าของต้องการใช้สถานที่ผลิตปุ๋ยหมักอย่างถาวร แล้วใช้ประโยชน์อย่างอื่นด้วย

6 <u>การกองปุ๋ยหมักแบบหลุมธรรมดา</u> วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ดอน เป็นวิธีที่ประหยัดลงทุนไม่มากมี 3 แบบแล้วแต่ต้องการ คือ

- แบบหลุมเดียว การกองให้กองเพียงครึ่งเดียวของหลุมจนเต็มการกลับปุ๋ยให้กลับจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง

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

2.6 การดูแล และรักษากองปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวไว้ว่า การดูแลและรักษากองปุ๋ยหมักต้องควบคุมให้มีความชื้นที่เหมาะสม โดยใช้ไม้ไผ่เสียบเข้าไปในกองปุ๋ย ถ้ามีละอองน้ำเกาะ แสดงว่ามีความชื้นพอเหมาะ ถ้าไม้ไผ่เปียก แสดงว่าน้ำมากเกินไป จะต้องทำการกลับกองเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศ ในระยะ2 สัปดาห์แรกเพราะอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่ามีการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์กำลังดำเนินการย่อยสลายเพื่อช่วยให้เศษวัสดุรอบนอกที่ยังไม่สลายกลับไว้ภายในกองนั้น

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

หลักการพิจารณาว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หรือยัง

- สีของปุ๋ยหมักที่เข้มกว่าเมื่อแรกเริ่มกอง อาจเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ
- อุณหภูมิ อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักไม่ต่างจากอุณหภูมิภานอก /แตกต่างกันน้อยมาก
- พืชหรือวัสดุที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมักจะยุ่ย ขาดออกจากกันง่าย ไม่แข็งกระด้าง
- กลิ่นของปุ๋ยหมักจะคล้ายกลิ่นของดินตามธรรมชาติ
- ต้นพืชสามารถขึ้นบนกองปุ๋ยหมักที่สลายตัวแล้ว
- ถ้าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 25/1-35/1 แสดงว่าเป็นปุ๋ยหมักใช้ได้แล้ว

2.7 วิธีการใส่ปุ๋ยหมัก

www.greenag.org ได้กล่าวว่า การใช้ปุ๋ยหมักมีวัตถุประสงค์หลัก ก็เพื่อปรับปรุงสภาพของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าจะให้ผลดีควรจะต้องใส่ในปริมาณมากเพียงพอ และใส่อย่างสม่ำเสมอทุกปี ในเนื้อของปุ๋ยหมักแม้ว่าจะมีธาตุอาหารพืชอยู่ แต่ก็มีไม่มากเหมือนปุ๋ยเคมี ดังนั้น ถ้าต้องการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืชลงไป จึงควรใส่ปุ๋ยเคมีร่วมไปกับการใส่ปุ๋ยหมักด้วยจึงจะให้ผลดีที่สุด ทั้งนี้ ปุ๋ยหมักไม่เพียงแต่จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาจำนวนหนึ่งเท่านั้น ยังมีบทบาทสำคัญช่วยให้การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การใส่ปุ๋ยหมักนั้น สามารถนำไปใช้ได้กับพืชทุกชนิดและกับดินทุกประเภท แต่อัตราการใส่ปุ๋ยหมักจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับ สภาพดินแต่ละแห่ง พืชที่ปลูก ภูมิอากาศตลอดจนคุณภาพของปุ๋ยหมักที่จะใส่ลงไปด้วย

อัตราการใส่ปุ๋ยหมักในทางปฏิบัติประเมินได้คร่าวๆ ดังนี้ คือ พิจารณาปริมาณของธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนซึ่งพืชต้องการ โดยพิจารณาปริมาณปุ๋ยหมัก ซึ่งจะไม่ไปลดการงอกของเมล็ด และลดอัตราการเจริญเติบโตของพืชต้นอ่อน และพิจารณาปริมาณของปุ๋ยหมักที่สามารถไถกลบลงดิน หรือใส่ลงดินได้อย่างสะดวก ปกติปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วจัดเป็นปุ๋ยที่สามารถใส่ให้กับพืชในปริมาณมากๆ ได้โดยไม่เกิดอันตราย ดังนั้น ถ้าผลิตปุ๋ยหมักได้มากพอ เราสามารถใส่ลงไปในดินให้มากเท่าที่ต้องการได้ แต่ก็ไม่ควรใส่มากเกินอัตราปีละ 20 ตันต่อไร่ เพราะอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อดินได้

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

พืชผักเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ต้องการแร่ธาตุอาหารจากดินเป็นปริมาณมาก ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ถ้าจะให้ผลผลิตที่ดีควรใส่ปุ๋ยเคมีร่วมไปกับการใส่ปุ๋ยหมักด้วย

การใช้ปุ๋ยหมักกับไม้ผล หรือไม้ยืนต้น ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นเป็นพวกที่มีระบบรากลึก การเตรียมดินในหลุมปลูกได้ดีจะมีผลต่อระบบราก และการเจริญตั้งตัวของต้นไม้ในช่วงแรกเป็นอย่างมาก ในการเตรียมหลุมปลูกควรขุดหลุมให้ลึก แล้วใช้ปุ๋ยหมักผสมคลุกเคล้ากับดินที่ขุดจากหลุมในอัตราส่วนดิน 2-3 ส่วน กับปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ใส่กลับลงไปในหลุมเพื่อใช้ปลูกต้นไม้ต่อไป

การใส่ปุ๋ยหมักสำหรับไม้ผลที่เจริญเติบโตแล้ว อาจทำโดยการพรวนดินรอบๆ ต้น ห่างจากโคนต้นประมาณ 2-3 ฟุต ออกไปจนถึงนอกทรงพุ่มของต้นประมาณ 1 ฟุต พรวนดินให้ลึกประมาณ 2 นิ้ว โรยปุ๋ยหมักให้หนาประมาณ 1 นิ้ว หรือมากกว่า ใช้จอบผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินแล้วรดน้ำ หรือจะใช้วิธีขุดร่องรอบ ๆ ทางพุ่มของต้นให้ลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร แล้วใส่ปุ๋ยหมักลงไปในร่องประมาณ 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 การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินควรต้องใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี หรือการจัดการดินวิธีอื่นๆ เช่น การใช้ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

การใช้ปุ๋ยหมักกับพืชอื่นๆ นอกจากจะใช้กับพวกพืชไร่ พืชสวน ดังกล่าวแล้ว ปุ๋ยหมักยังสามารถใช้กับพวกไม้ดอกไม้ประดับได้เป็นอย่างดี ถ้าปลูกเป็นแปลงใช้อัตราเดียวกันกับที่ใช้ในแปลงผัก คือ โรยปุ๋ยหมักคลุมแปลงให้หนาประมาณ 1-3 นิ้ว แล้วใช้จอบสับผสมลงไปในดินให้ลึกประมาณ 4 นิ้ว

การใช้ทำวัสดุปลูกสำหรับไม้กระถาง ใช้ปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ผสมดินร่วนที่อุดมสมบูรณ์ 2 ส่วน ถ้าผสมปุ๋ยหมักในอัตราส่วนมากๆ วัสดุปลูกมักจะแห้งเร็วเกินไป และมีปัญหาเรื่องวัสดุปลูกยุบตัวมาก

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

2.8 คุณสมบัติ และลักษณะของปุ๋ยหมักที่ดี

วุทธินันท์ ศิริพงศ์ (2540) ได้กล่าวถึงลักษณะที่ดีของปุ๋ยหมักโดยทั่วไปจะมีโครงสร้างหยาบปานกลาง ไม่อัดแน่นเกินไปหรือเป็นก้อน แต่จะมีลักษณะเป็นผงร่วนซุยอ่อนนุ่ม เมื่อใช้นิ้วบี้ปุ๋ยหมักยุ่ย 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

- จะต้องมีอินทรียวัตถุระหว่าง 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
- อินทรียวัตถุระหว่าง 25-50

2.9 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

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

คุณประโยชน์ของปุ๋ยหมักอาจจำแนกออกได้ดังนี้

- ด้านการเกษตร

กระบวนการทำปุ๋ยหมักเป็นวิธีการแปรเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งอินทรีย์ทั้งหลายให้กลับมาเป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกพืชอีกครั้ง ดินในเขตอบอุ่นมีอินทรียวัตถุโดยเฉลี่ยประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินในเขตร้อนมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์เช่น ปุ๋ยหมักให้แก่ดินเกือบทุกที่ ถ้าต้องการดงความอุดมสมบูรณ์ของดินในเขตร้อนไว้

- 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 ถึงแม้ว่าปุ๋ยหมักจะมีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่น้อยกว่าปุ๋ยเคมี แต่ปุ๋ยหมักยังมีธาตุอาหารรองอื่นๆ ที่พืชต้องการ เช่น แคลเซียมแมกนีเซียม, กำมะถัน, เหล็ก, สังกะสี, แมงกานีส, โบรอน, ทองแดง, โมลิบดีนัม ฯลฯ

นอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชแล้ว ปุ๋ยหมักยังช่วยทำให้ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินแปรสภาพมาอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น และเมื่อปุ๋ยหมักย่อยสลายอย่างช้าๆ เมื่ออยู่ในดิน มันจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ซึ่งจากรายงานจำนวนมากพบว่า ผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยหมักอาจจะเป็นเพราะว่าพืชนั้นสามารถสังเคราะห์แสงได้เพิ่มขึ้นจากเดิม อันเนื่องมาจากได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมามากขึ้น

- ทางชีววิทยา

ในกองปุ๋ยหมักมีเชื้อราและเชื้อบักเตรีอยู่ในปริมาณมาก เมื่อใส่ปุ๋ยหมักลงดินไม่เพียงแต่เป็นการเพิ่มเชื้อจุลินทรีย์จำนวนนับล้านๆ เซลล์ลงดินเท่านั้น แต่ในดินเองก็มีเชื้อจุลินทรีย์อีกจำนวนมากเช่นกัน เชื้อจุลินทรีย์พวกนี้จะไปเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นแอมโมเนีย กระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นไนเตรต

และกระบวนการตรึงไนโตรเจน นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังไปกระตุ้นเชื้อราไมโคไรซ่าซึ่งอาศัยอยู่แล้วรอบๆ รากพืช ให้ช่วยดูดซึมธาตุอาหารเพิ่มขึ้น

2.10 สรุปหลักการพิจารณาการใช้ปุ๋ยหมักที่เหมาะสม

วุทธินันท์ ศิริพงศ์ (2540) ได้ให้หลักการพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในแต่ละสภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทย ดังมีรายละเอียดของการพิจารณาดังต่อไปนี้

1.ควรใช้ปุ๋ยหมักร่วมเสริมปุ๋ยเคมี คือ เป็นการใช้ปุ๋ยหมักเพื่อช่วยทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีบางส่วน ในแง่ธาตุอาหารของพืช และในขณะเดียวกันปุ๋ยหมักจะช่วยปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดินให้ดีขึ้นด้วย

2.ควรใช้ปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับชนิดดิน คือ ดินที่สมควรจะต้องพิจารณาได้รับปุ๋ยหมักอันดับแรก คือ ดินทรายที่มีอินทรียวัตถุต่ำ เพราะปุ๋ยหมักจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืช และปรับปรุงสมบัติทางกายภาพดินให้ดีขึ้นแล้ว ปุ๋ยหมักยังสามารถช่วยทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย

3.ควรใช้ปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับชนิดของพืช คือ ปุ๋ยหมักเหมาะจะใช้กับพืชสวน พวกไม้ผล ไม้ดอก ไม้ประดับ ไม้ในกระถาง หรือการปลูกซึ่งต้องมีการปฏิบัติบำรุงรักษาอย่างปราณีต สำหรับการใช้กับพืชไร่นั้นยังมีการใช้น้อยมากเนื่องจากใช้ปุ๋ยหมักสูงต่อพื้นที่

4.ควรใช้ปุ๋ยหมักในแหล่งที่จะหาเศษซากอินทรียสารเหลือใช้ได้ง่าย เมื่อใช้ทำปุ๋ยหมักแล้วสามารถนำไปใช้ได้ง่ายไม่ต้องขนส่งไกล เพราะจะทำให้เปลืองค่าใช้จ่ายสูง

5.ควรใช้ปุ๋ยหมักในกรณีที่ลงทุนต่ำแต่ให้ผลตอบแทนสูง ต้องพิจารณาเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยชนิดอื่นจะให้ผลดีกว่าการใช้ปุ๋ยหมักหรือไม่มากน้อยเพียงใด มิฉะนั้นการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยหมักจะล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

2.11 ปัญหาและข้อจำกัดของวัสดุเหลือใช้

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ (2545) ได้กล่าวถึงปัญหาและข้อจำกัดของการใช้อินทรียวัตถุเหลือใช้ได้มีการแนะนำการใช้สารอินทรียวัตถุเหลือใช้ควรขึ้นอยู่กับหลักใหญ่ๆ 2 ประการ คือ คุณค่าทางธาตุอาหาร (Fertilizer value) ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) อีกประการหนึ่งคือความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักที่พบในอินทรียวัสดุเหลือใช้ ซึ่งได้แก่ สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), ตะกั่ว (Pb), นิกเกิล (Ni) ปรอท (Hg) และแคดเมียม (Cd) การใส่กากตะกอนจุลินทรีย์ลงในดินติดต่อกันเป็นเวลานานๆ พบว่า ปริมาณโลหะหนักจะสมอยู่ในดินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากอินทรียวัตถุเหลือใช้หลายชนิดมีโลหะหนักปะปนอยู่ และสิ่งที่เป็นข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่ง คือ C:N ratio ของวัสดุเหลือใช้ที่จะนำมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีต้องไม่มีวัตถุอันตรายเจือปน และมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ คือ

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

กากตะกอนจุลินทรีย์เป็นอินทรียวัตถุเหลือใช้จากโรงงานอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ อีกทั้งการนำอินทรียวัตถุเหลือใช้จากโรงงานมาใช้เป็นปุ๋ยเป็นวิธีการที่จะช่วยลดของเสียซึ่งอาจจะเป็นปัญหาต่อสภาพแวดล้อม 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 ส่วนมากในดินโดยทั่วไปมักจะขาดซึ่งอาหารหลักเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมมีโอกาสสูญเสีย และถูกชะล้างไปจากดินได้หลายทาง สำหรับธาตุฟอสฟอรัสนั้นนอกจากจะมีไม่เพียงพอในดินบางชนิดแล้ว หรือหากมีในดินบางชนิดไม่สามารถละลายเป็นอาหารของต้นไม้ได้ถ้าดินนั้นเป็นกรด หรือดินเก่า และมีธาตุเหล็กกับอลูมินั่มละลายอยู่มาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพิจารณาใส่ปุ๋ยสำหรับธาตุนี้เป็นปริมาณให้พอกับความต้องการไว้เสมอๆ

2.ธาตุอาหารรอง (Secondary Plant Foods)

ประกอบด้วย ธาตุแคลเซียม, แมกนีเซียม, และกำมะถัน ที่เรียกว่าธาตุอาหารรองก็เพราะว่าพืชต้องการธาตุเหล่านี้เป็นปริมาณมากรองจากธาตุอาหารหลัก ดังนั้น เมื่อพิจารณาใส่ปุ๋ยสำหรับธาตุอาหารหลักแล้ว ในบางกรณีก็มีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาใส่ปุ๋ยสำหรับธาตุอาหารรองต่อไปอีกด้วย

3.ธาตุอาหารเสริม (Trace Elements)

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

กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม (2545) ได้กล่าวถึง ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชผักและหลักในการสังเกตการขาดธาตุอาหาร

1. ไนโตรเจน

พืชผักที่ที่ปลูกเพื่อกินใบและต้น ได้แก่ ผักตระกูลกะหล่ำ และผักกาดต่างๆ ต้องการธาตุไนโตรเจนสูงเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และเพื่อให้ต้นและใบมีลักษณะอ่อนกรอบ มีเสี้ยนน้อย ข้อที่ควรระวัง คือ ถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากขึ้น ก็ควรเพิ่มปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทสเซียมให้เพียงพอด้วยเช่นกัน

พืชผักที่กินผลต้องการไนโตรเจนน้อยกว่าพวกแรก ควรให้ในระยะแรกของการเจริญเติบโตอาการขาดไนโตรเจนของผัก คือ กิ่งก้านรีบเล็ก ตั้งตรง และแข็งกระด้าง ใบมีขนาดเล็กกว่าปกติสีเขียวจะซีดลงหรือเหลือง มักพบในแหล่งดินทรายที่มีฝนตกชุก

2. ฟอสฟอรัส

ความสำคัญในการช่วยให้พืชตั้งตัวได้เร็วในช่วงแรกๆ ของการเติบโตช่วยให้ผักแก่ และเก็บเกี่ยวได้เร็วและมีรสดีขึ้น

อาการของผักที่ขาดฟอสฟอรัส คือ การจะไม่เติบโตตามปกติ กิ่งรีบเล็ก และมีข้อสั้น ใบ และต้นจะมีสีเขียวแก่ และม่วง พืชแก่ช้ากว่าปกติ มักพบในดินกรวดดินเปียกแฉะ

3. โพแทสเซียม

เป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากต่อขบวนการสังเคราะห์ และการเคลื่อนย้ายแป้งในพืช โดยเฉพาะพืชผักประเภทหัวต้องการโพแทสเซียมสูงมากกว่าพืชผักประเภทอื่น พืชผักที่กินใบ และต้นต้องการโพแทสเซียมไม่น้อยไปกว่าไนโตรเจนเพราะโพแทสเซียมทำให้คุณภาพผักดีขึ้น เช่น ช่วยให้ต้นกะหล่ำปลีห่อปลีได้ดีขึ้นปลีมีน้ำหนักมาก เนื้อแน่น เป็นเงาน่ารับประทาน ปรุงอาหารได้อร่อยกว่าผักที่ขาดโพแทสเซียม พืชผักประเภทที่กินใบที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเต็มที่ เมื่อตัดส่งตลาดจะไม่เหี่ยวเฉาง่าย มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการขนส่งน้อย พืชผักประเภทหัวและราก เช่น หอมต้องการโพแทสเซียมสูงมาก มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในหัวหอมมีน้ำหนักและเนื้อแน่น เก็บได้นานไม่งอกหน่อ

อาการของผักที่ขาดโพแทสเซียม คือ ขอบใบจะมีสีซีด ระหว่างเส้นใบจะมีจุดสีน้ำตาลแห้ง อาการเริ่มที่ใบแก่ก่อน พืชผักที่บริโภคหัวจะมีแป้งน้อย พบในแหล่งดินทรายที่มีการชะล้างธาตุธาตุอาหาร

4. แคลเซียม

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

ธาตุแคลเซียม ถ้ามีมากเกินไปจะมีผลให้พืชดูดดึงเอาโพแทสเซียมไปใช้ได้น้อย และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร

อาการของพืชที่ขาดแคลเซียม คือ ที่ปลายกิ่งส่วนยอดหรือใบที่อยู่ใกล้ๆกับยอด หรือส่วนปลายรากจะแห้งตาย ใบอ่อนจะบิดเบี้ยว ปลายใบม้วนงอเข้าไปในยังลำต้น ขอบใบขาดเป็นริ้วๆ และหยักไม่เรียบ ต่อไปขอบใบจะแห้งยอดอ่อนจะตาย ในมะเขือเทศจะเกิดอาการต้นเน่า, ดื่นฉ่ายเกิดอาการไส้ดำ, พืชหัวหลายชนิดยอดจะตาย พบในแหล่งที่ดินเป็นกรด ดินที่มีโพแทสเซียมสูง ดินที่ขาดน้ำ

5.แมกนีเซียม

เป็นส่วนประกอบของส่วนที่เป็นคลอโรฟิลล์ พบในส่วนที่เป็นสีเขียวของพืชมีหน้าที่เกี่ยวกับการดูดอาหารในพืช และเคลื่อนย้ายธาตุอื่นๆ โยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส

พืชผักที่ขาดแมกนีเซียมใบล่างจะมีสีเหลือง แต่เส้นใบยังมีสีเขียวต่อไปจะเปลี่ยนเป็นสีขาว และสีน้ำตาลแล้วก็ตาย อาจมีจุดขาวกระจายไปทั่วใบแก่ และใบเปราะง่าย พบในแหล่งดินกรด ดินที่มีโพแทสเซียมสูงมาก

6. กำมะถัน

พืชต้องการกำมะถันเพื่อการเพิ่มกลิ่น และรสชาติให้ดีขึ้น กำมะถันมีผลทางอ้อมต่อการสร้างส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช

อาการที่ขาดกำมะถันของพืช คือ ใบอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนหรือเหลืองคล้ายๆกับอาการขาดธาตุไนโตรเจน 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 แต่ถ้าดินเป็นด่างหรือใส่ปูนขาว

มากเกินไปมักขาดธาตุแมงกานีส พืชที่แสดงอาการขาดธาตุแมงกานีสให้ฉีดพ่นอาหารเสริมที่ประกอบด้วยธาตุแมงกานีสทางใบ

8. เหล็ก

มีหน้าที่ช่วยสร้างคลอโรฟิลล์ ดูดธาตุอาหารอื่นๆ กระตุ้นทางการหายใจของพืช พืชที่ขาดธาตุเหล็กจะเห็นว่า พื้นใบมีสีเหลืองซีดๆ หรือสีขาว แก้ไขโดยการฉีดพ่นอาหารเสริมทางใบ พบในแหล่งที่ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่า 6.7

9. สังกะสี

มีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างฮอร์โมนพืชที่ควบคุมการเจริญเติบโต อาการของพืชที่ขาดสังกะสี คือ จะเกิดสีเหลืองระหว่างเส้นใบ ขอบใบไหม้มีจุดสีน้ำตาลแดงลำต้นยืดยาวช้า และใบเล็กแคบ พบในดินที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมาก แก้ไขโดยการฉีดอาหารเสริมทางใบ

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	คอนโววูลาซิอี้(*Convolvulaceae*)
ชื่ออื่น	ผักทอดยอด(ภาคกลาง)
ประเภทผัก	อายุหลายปี(perenial) 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 สำหรับผักบุ้งไทยประมาณ 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 aquatica Var. reptans) ซึ่งมีใบสีเขียว ก้านสีเหลืองหรือขาว ก้านดอก และดอกสีขาว ผักบุ้งจีนนิยมนำมาประกอบอาหารกว้างขวางกว่าผักบุ้งไทย จึงนิยมปลูกเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคสด และการผลิตเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันผักบุ้งจีนได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่มีความสำคัญโดยส่งออกทั้งในรูปผักสดและเมล็ดพันธุ์ การส่งออกเฉพาะผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสดไม่มีตัวเลขแน่นอนเพราะรวมผักบุ้งจีนในหมวดผักสดอื่นๆ ซึ่งได้แก่ ผักสดชนิดต่างๆ ตลาดที่สำคัญ คือ ฮ่องกง, มาเลเซียและสิงคโปร์ สำหรับเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนประเทศไทยสามารถส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนใน ปี 2538ปริมาณ 540.6 ตัน มูลค่าการส่งออก 19.8 ล้านบาท

ผักบุ้งจีน มีชื่อสามัญที่ใช้เรียกแตกต่างกันไป ในภาษาอังกฤษว่า water convolvulus หรือ kang-kong เป็นพืชในตระกูล Convolvulaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่าeaaquatica Forsk.Var.reptan มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน พบได้ทั่วไปในอัฟริกา 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 มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยไวตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะไวตามิน เอ ซึ่งเชื่อกันว่าช่วยบำรุงสายตา มีปริมาณสูงถึง

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

2.13.1.ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

จากข้อมูลของ http:/ web.ku.ac.th ได้กล่าวถึงลักษณะ ทางพฤกษศาสตร์ของผักบุ้งไว้ ดังนี้

<u>ราก</u> ผักบุ้งจีนมีรากเป็นแบบรากแก้ว มีรากแขนง แตกออกทางด้านข้างของรากแก้ว และยังสามารถแตกรากฝอยออกมาจากข้อของลำต้นได้ด้วย โดยมักจะเกิดตามข้อที่อยู่แถว ๆ โคนเถา

<u>ลำต้น</u> ผักบุ้งจีนเป็นไม้ล้มลุก ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีลำต้นตั้งตรง ระยะต่อไปจะเลื้อยทอดยอดไปตามพื้นดินหรือน้ำ ลำต้นมีสีเขียว มีข้อ และปล้องข้างในกลวง รากจะเกิดที่ข้อทุกข้อที่สัมผัสกับพื้นดิน หรือน้ำ ที่ข้อมักมีตาแตกออกมา ทั้งตาใบ และตาดอก โดยตาดอกจะอยู่ด้านใน ส่วนตาใบจะอยู่ด้านนอก

<u>ใบ</u> เป็นใบเดี่ยว มีขอบใบเรียบ รูปใบคล้ายหอกโคนใบกว้างค่อย ๆ เรียวเล็กไปตอนปลาย ปลายใบแหลม ที่โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบมีความยาวประมาณ 7-15 เซนติเมตร ก้านใบจะยาว 3-8 เซนติเมตร

ดอกและช่อดอก ดอกเป็นดอกสมบรณ์ 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

<u>ผล</u> เป็นผลเดี่ยวรูปร่างค่อนข้างกลมมีขนาดใหญ่ที่สุดอายุประมาณ 30 วัน หลังดอกบาน มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.42 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลง ลักษณะผิวภายนอกเหี่ยวย่น ขรุขระ ไม่แตก เมื่อแห้งสีของผลเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้มใน 1 ผลมีเมล็ด 4-5 เมล็ด

<u>เมล็ด</u> มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมน มีสีน้ำตาล เปลือกหุ้มเมล็ดมีสี 3 ระดับ คือ สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลแก่ และสีน้ำตาลดำ มีขนาดเล็ก ความกว้างโดยเฉลี่ย 0.4 เซนติเมตรยาว 0.5 เซนติเมตร ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่มีอัตราการพักตัวสูง โดยจะพักตัวในลักษณะของเมล็ดแข็ง (hard seed) หรือที่เรียกว่าเมล็ดหิน จากการศึกษาพบว่าเมล็ดสีเข้มกว่าจะมีเปอร์เซนต์เมล็ดแข็งสูงกว่า

2.13.2 พันธุ์ผักบุ้งจีน

พันธุ์ผักบุ้งจีนที่ปลูกในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์การค้า ทั้งที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทย และนำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ไต้หวัน ซึ่งมีการตั้งชื่อพันธุ์ตามบริษัทต่างๆ กันไป เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนในประเทศที่ได้รับการคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร คือ พันธุ์พิจิตร 1 ซึ่งมีลักษณะดีเด่น คือ ผลผลิตโดยเฉลี่ย 3,415 กิโลกรัมต่อไร่ มีใบแตบเรียวยาว ตรงกับความต้องการของตลาด และมีลักษณะใบชูตั้ง ลำต้นสีเขียวอ่อน ไม่มีการทอดยอดก่อนการเก็บเกี่ยว ไม่มีการแตกแขนงที่โคนต้น ลักษณะลำต้นสม่ำเสมอกัน ทำให้สะดวก และประหยัดแรงงานในการตัดแต่งใบ และแขนงที่โคนต้นก่อนนำส่งตลาด

ลักษณะของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน

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

2.13.3 ลักษณะการเจริญเติบโต

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

2.13.4 สภาพแวดล้อมที่ต้องการ

ผักบุ้งจีนสามารถปลูกได้ทั้งบนบกและในน้ำ และสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดดินที่เหมาะสมในการปลูกผักบุ้งจีนเพื่อการบริโภคสดเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ผักบุ้งจีนชอบชื้นแฉะต้องการความชื้นในดินสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ต้องการแสงแดดเต็มที่ ซึ่งประเทศไทยสามารถปลูกได้ดีตลอดไป

2.13.5 การปลูกผักบุ้งจีน

http:/ web.ku.ac.th ได้กล่าวถึงการปลูกผักบุ้งไว้ คือ

1 <u>การเลือกที่ปลูก</u> การปลูกผักบุ้งจีน เป็นการปลูกโดยการหว่าน หรือโรยเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรง เมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยว 20-25 วัน จะถอนต้นผักบุ้งจีนทั้งต้น และรากออกจากแปลงปลูกไปบริโภค หรือไปจำหน่าย ในการปลูกนั้นควรเลือกปลูกในพื้นที่ สภาพที่ดอน น้ำไม่ท่วม หรือเป็นแบบสวนผักแบบยกร่อง ลักษณะดินปลูกควรเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย เพื่อถอนต้นผักบุ้งจีนได้ง่าย และควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำ เพื่อสะดวกในการรดน้ำในช่วงการปลูก และทำความสะอาดต้นและรากผักบุ้งจีนในช่วงการเก็บเกี่ยวง่าย

<u>2 การเตรียมดิน</u> ขุดดินก้อนโตๆให้ลึกประมาณ 1 ฟุตตากดินไว้ 15 วัน (หรือย่างน้อย2-3 วัน) จากนั้นย่อยหน้าดินให้ละเอียด ปรับหน้าดินให้เสมอกัน ใส่ปุ๋ยคอกคลุกเคล้าลงไปประมาณ 3 กิโลกรัมต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม:2545,106)

<u>3 วิธีการปลูก</u> ก่อนปลูกนำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนไปแช่น้ำนาน 6-12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนดูดซับน้ำเข้าไปในเมล็ด มีผลให้เมล็ดผักบุ้งจีนงอกเร็วขึ้น และสม่ำเสมอกันดี เมล็ดผักบุ้งจีนที่ลอยน้ำจะเป็นเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนที่ไม่สมบูรณ์ ไม่ควรนำมาเพาะปลูก

ผักบุ้งสามารถปลูกได้หลายวิธีด้วยกัน คือ

- หว่านเมล็ดลงในแปลง วิธีนี้นิยมมาก เพราะเมล็ดผักบุ้งมีราคาถูกก่อนปลูกควรนำไปแช่น้ำไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น หลังจากนั้นนำเมล็ดไปหว่านลงแปลงที่เตรียมไว้ จะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 30 ลิตร/ไร่ หลังจากนั้นใช้ดินผสมปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักทับบางๆแล้วคลุมทับด้วยฟางอีกที่หนึ่ง เพื่อรักษาความชื้น จากนั้นรดน้ำให้ชุ่ม

- โรยเมล็ดเป็นแถว วิธีนี้คือ การทำร่องตามขวาง หรือตามความยาวแปลงให้ลึกประมาณ 1 นิ้วโรยเมล็ดให้ห่างกัน โดยใช้ระยะห่างระหว่างเมล็ด 1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 10-15 เซนติเมตร เมื่อโรยเมล็ดเสร็จแล้วใช้ดินผสมปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักทับบางๆ แล้วใช้หญ้าหรือฟางคลุมลดน้ำให้ชุ่ม วิธีนี้จะทำให้ได้ผักบุ้งที่มีลำต้นสม่ำเสมอและยังช่วยประหยัดเมล็ดพันธุ์มากกว่าวิธีแรก

- ใช้ท่อนพันธุ์ปลูก คือ การตัดต้นผักบุ้งออกเป็นท่อนๆยาว 20-30 เซนติเมตรแล้วปักลงในดินให้ห่างกันประมาณ 5-10 เซนติเมตร เมื่อทั้งแปลงแล้วก็ปล่อยให้น้ำขังในแปลงสูงประมาณ 10 เซนติเมตร แต่ถ้าลดน้ำแปลงปลูกให้ชุ่มก่อน 1 วันก็ไม่ต้องปล่อยน้ำขังแปลง เพียงแต่ต้องให้น้ำบ่อยๆ ผักบุ้งจะออกรากตามข้อ และแตกกิ่งอย่างรวดเร็ว แต่วิธีนี้นิยมใช้กับผักบุ้งไทยมากกว่า (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม : 2545, 107)

2.13.6 การดูแลรักษา

http:/ web.ku.ac.th กล่าวถึงการปฏิบัติ และรักษาผักบุ้งจีน

1 <u>การให้น้ำ</u> ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่ชอบดินปลูกที่ชุ่มชื้น แต่ไม่แฉะจนมีน้ำขัง ฉะนั้นควรรดน้ำผักบุ้งจีนอยู่เสมอทุกวันๆ ละ 1-2 ครั้ง ยกเว้น ช่วงที่ฝนตกไม่ต้องรดน้ำ อย่าให้แปลงปลูกผักบุ้งจีนขาดน้ำได้ จะทำให้ผักบุ้งจีนชะงักการเจริญเติบโต คุณภาพไม่ดี ต้นแข็งกระด้าง เหนียว ไม่น่ารับประทาน และเก็บเกี่ยวได้ช้ากว่าปกติ

2 <u>การใส่ปุ๋ย</u> ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักที่บริโภคใบและต้นมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ถ้าดินปลูกมีความอุดมสมบูรณ์ หรือมีการใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลสุกร, มูลเป็ด, ไก่ เป็นต้น ซึ่งปุ๋ยคอกดังกล่าว เป็นปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีก็ได้ แต่ถ้าดินปลูกไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์นอกจากต้องให้ปุ๋ยคอกแล้ว ควรมีการใส่ปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง โดยหว่านปุ๋ยกระจายทั่วทั้งแปลงก่อนปลูกและหลังปลูกผักบุ้งจีนได้ประมาณ 7-10 วัน ซึ่งการให้ปุ๋ยครั้งที่ 2 นั้น หลังจากหว่านผักบุ้งจีนลงแปลงแล้ว จะต้องมีการรดน้ำแปลงปลูกผักบุ้งจีนทันที อย่าให้ปุ๋ยเกาะอยู่ที่ซอกใบ จะทำให้ผักบุ้งจีนใบไหม้ ในการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 นั้น จะใช้วิธีการละลายน้ำรด 3-5 วันครั้งก็ได้ โดยใช้อัตราส่วน ปุ๋ยยูเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร จะเป็นการช่วยให้ผักบุ้งจีนเจริญเติบโต และเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น

3 <u>การพรวนดินและกำจัดวัชพืช</u> ถ้ามีการเตรียมดินดีมีการใส่ปุ๋ยคอกก่อนปลูก และมีการหว่านผักบุ้งขึ้นสม่ำเสมอกันดี ไม่จำเป็นต้องพรวนดิน เว้นแต่ในแหล่งปลูกผักบุ้งจีนดังกล่าวมีวัชพืชขึ้นมาก ควรมีการถอนวัชพืชออกจากแปลงปลูกอยู่เสมอ 7-10 วันต่อครั้ง ในแหล่งที่ปลูกผักบุ้งจีนเพื่อการบริโภคสดเป็นการค้าปริมาณมาก ควรมีการพ่นสารคลุมวัชพืชก่อนปลูก 2-3 วัน ต่อจากนั้นจึงค่อยหว่านผักบุ้งจีนปลูกจะประหยัดแรงงานในการกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกผักบุ้งจีนได้ดีมากวิธีการหนึ่ง

4 <u>การเก็บเกี่ยว</u> หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนลงแปลงปลูกได้ 20-25 วัน ผักบุ้งจีนจะเจริญเติบโตมีความสูงประมาณ 30-35 เซนติเมตร ให้ถอนต้นผักบุ้งจีนออกจากแปลงปลูกทั้งต้นและราก ควรรดน้ำก่อนถอนต้นผักบุ้งจีนขึ้นมาจะถอนผักบุ้งจีนได้สะดวก รากไม่ขาดมาก หลังจากนั้น ล้างรากให้สะอาด เด็ดใบ และแขนงที่โคนต้นออก นำมาผึ่งไว้ ไม่ควรไว้กลางแดดผักบุ้งจีนจะเหี่ยวเฉาได้ง่าย จัดเรียงต้นผักบุ้งจีนเป็นมัดเตรียมบรรจุภาชนะเพื่อจัดส่งตลาดต่อไป

<u>5.โรคแมลงศัตรูพืช</u>

โรคที่สำคัญของผักบุ้งได้แก่ (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม : 2545, 108)

1.โรคใบจุด ป้องกันกำจัดโดยใช้มาเน็บอัตรา 30 กรัม/ลิตร ฉีดพ่นทุกๆ 7 วัน

2.โรคเน่าคอดิน คืออาการที่ต้นอ่อนเกิดแผลเน่า ต้นหักพับ เหี่ยวแห้งตายอย่างรวดเร็ว ควรใช้ยาซินโคฟอลหรืออามินผสมน้ำฉีดพ่น ทุกๆ 7 วัน

ในส่วนของแมลงก็มีพวกเพลี้ยและหนอน ควรใช้ดีลดริน หรือน้ำโล่ติ๊นผสมน้ำยาฉุนกลั่นฉีดพ่นทุก 7 วัน

อย่างไรก็ตามผักบุ้งมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นจึงควรระมัดระวังไม่ใช้ยาที่มีพิษแรงหรือตกค้าง

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณค่าทางอาหาร ผักบุ้งจีนสดและสุกแล้ว

คุณค่าทางอาหาร	ผักบุ้งจีน	
	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.แคลอรี่	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 ผักบุ้งสด 100 กรัม ในส่วนที่รับประทานได้

ที่มา : http:/ web.ku.ac.th

2.14 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

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

1. <u>กากตะกอนเคมี หรือ อนินทรีย์</u> (Chemical Sludge) ซึ่งเกิดจากการบำบัดน้ำเสียทางเคมี บางชนิดอาจเป็นสารพิษ มีสีต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ปะปนอยู่ในกากตะกอน ยากต่อการบำบัด และใช้ค่าใช้จ่ายมาก
2. <u>กากตะกอนอินทรีย์</u> (Organic Sludge) กากตะกอนส่วนนี้มีลักษณะเป็นของเหลวข้น ส่วนใหญ่จะเป็นมวลอินทรีย์ หรือมวลจุลินทรีย์ ที่ไม่สามารถรักษารูปทรงได้ มีปริมาตรมากและขนย้ายลำบาก

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังตกตะกอนที่จมลงสู่ส่วนล่างของถังตกตะกอน ซึ่งบางส่วนจะถูกสูบย้อนกลับเข้าสู่ถังเติมอากาศ ส่วนที่เหลือภายในถังตกตะกอนซึ่งจะสะสมกันเป็นปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ จะต้องถูกสูบออกเพื่อไปกำจัดต่อไป ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนนั้นเป็นเงินจำนวนเงินค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งระบบ ดังนั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องพิจารณาในการเลือกวิธีบำบัดและกำจัดที่เหมาะสม

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

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

การบำบัดกากตะกอน

ขั้นตอนแรกของการบำบัด คือ การพยายามที่จะลดปริมาณน้ำ หรือ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ที่เป็นส่วนประกอบหลัก เพื่อลดปริมาตรและน้ำหนักของกากตะกอนให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เป็นการเพิ่มเปอร์เซนต์ของแข็งให้มีมากขึ้น เพื่อที่ให้กากตะกอนสามารถรักษารูปทรงไว้ได้ สะดวกต่อการขนย้าย และเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัด วิธีลดปริมาตรด้วยการลดปริมาณน้ำในกากตะกอนมีหลายวิธี เช่น

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

ที่กล่าวมานั้น จะมีข้อเสียต่าง ๆ กันไป ดังนั้น จึงมีการเลี่ยงใช้ระบบบ่อตกตะกอน (Sludge Lagoon) ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกเลือกใช้มากที่สุด เนื่องจากอาศัยเพียงแรงโน้มถ่วงของโลกตามธรรมชาติเท่านั้น เป็นวิธีที่ใช้พื้นที่น้อยกว่าลานตากตะกอน โดยหลักการและลักษณะเหมือนถังตกตะกอนโดยทั่วไป อาจมีการเติมโพลีเมอร์บางประเภทเพื่อช่วยในการตกตะกอน บ่อตกตะกอนสามารถที่จะลดปริมาณความชื้นได้เหลือเพียง 95 เปอร์เซนต์ จากนั้นกากตะกอนจะถูกสูบไปบำบัดและกำจัดต่อไป

ผกาวดี นารอง (2540) ได้กล่าวว่า การบำบัดตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไป ระบบบำบัดน้ำเสียแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ กล่าวคือ ระบบบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา การที่โรงงานอุตสาหกรรมแต่ละแห่งจะเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของของเสีย ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ และไม่ได้หมายความว่าโรงงานอุตสาหกรรมโรงหนึ่งจะเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเพียงอย่างเดียว อาจจะมีทั้งระบบแบบกายภาพผสมผสานกับแบบเคมี หรือแบบเคมีกับแบบชีววิทยา หรืออาจเลือกใช้ทั้ง 3 แบบควบคู่กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาและศึกษาของผู้ออกแบบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่จะสร้างขึ้นดังกล่าวนั้น มีประสิทธิภาพที่จะบำบัดน้ำเสียให้ค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ลดลงได้ต่ำกว่ากฎหมายกำหนดหรือไม่

อย่างไรก็ตาม ในระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นชื่อว่าเป็นการบำบัดนั่นก็หมายความว่า "การทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้น" แต่ไม่ได้หมายความว่าปริมาณน้ำเสียนั้นจะลดลงไป ซึ่งถ้าโรงงานต้องการกำจัดก็ควรที่จะทำให้น้ำนั้นมีคุณภาพดีขึ้นก่อนจนไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อพืช, สัตว์, มนุษย์ รวมทั้งสภาพแวดล้อมโดยทั่วๆไป จากนั้นจึงค่อยปล่อยหรือกำจัดน้ำนั้นออกจากระบบสู่แม่น้ำลำคลองสาธารณะต่อไป

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

ไปถมหรือฝังกลบ (Landfill) ก็อาจทำให้เกิดมลพิษขึ้นกับดิน เช่น ดินเสื่อมคุณภาพ เน่า หรือมีโลหะหนักปนอยู่มากหรืออาจซึมลงสู่ระดับใต้ดินที่อยู่ใกล้บริเวณนั้นก็ได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วุทธินันท์ ศิริพงศ์ , 2540 ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำขยะอินทรีย์ และใบไม้แห้งมาทำปุ๋ยหมักตามกระบวนการหมักแบบ Aerobic compost โดยวิธีการหมักแบบต่อเชื้อ 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 เปอร์เซ็นต์ 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 1.670.271.83 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 เปอร์เซ็นต์

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

เมื่อทดลองปลูกข้าวโพดหวานในเรือนกระจกโดยใช้ดินผสมหนัก 4 กิโลกรัม ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์และวัสดุปลูกด้วยอัตราส่วนต่างๆ กัน ในการศึกษาสมบัติของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก พบว่า สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนจุลินทรีย์ 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และดินที่การจำหน่ายในท้องตลาด

มีความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในดินผสมหลังปลูกสูงกว่าในดินผสมก่อนปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากธาตุอาหารที่มีในดินจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาและสะสมอยู่ในดินผสมหลังปลูก โดยเฉพาะค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (ECe) ของดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่าดินผสมหลังปลูก (ดินไม่ลองไม่รู้ = 8.19 dS m^{-1} และดินลำดวน = 9.19 dS m^{-1}) มีค่าสูงกว่าดินผสมก่อนปลูก (ดินไม่ลองไม่รู้ = 3.89 dS m^{-1} และดินลำดวน = 4.92 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 และข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองร้างผสมแกลบเผา 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 ($P<0.05$) อีกทั้งในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับธาตุอาหาร เช่น แคลเซียม, แมกนีเซียม, และโซเดียม