

การตรวจเอกสาร

ลักษณะสมบัติทั่วไปของตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

ลักษณะสมบัติทั่วไปของตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดขึ้นอยู่กับแหล่งและตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย ไม่ว่าจะเป็นตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดเบื้องต้น ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดทางชีวภาพ และตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดจากระบบบำบัดทางกายภาพหรือเคมี ด้วยเหตุนี้เมื่อรู้ถึงลักษณะสมบัติของตะกอนจุลินทรีย์ทำให้สามารถนำตะกอนจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมได้ ทั้งในรูปแบบของตะกอนสด หรือปุ๋ยหมัก เนื่องจากมีลักษณะสมบัติ ดังนี้ ปริมาณสารอินทรีย์สูง แร่ธาตุอุดมสมบูรณ์ (Mitchell *et al.*, 1978) และสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน

ลักษณะสมบัติของตะกอนจุลินทรีย์ประกอบด้วยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งลักษณะสมบัติต่างๆ ของตะกอนจุลินทรีย์นั้นจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของตะกอนจุลินทรีย์ อายุของตะกอนจุลินทรีย์ รูปแบบวิธีในการบำบัด และรูปแบบของกระบวนการผลิต

ลักษณะสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ลักษณะสมบัติทางกายภาพของตะกอนจุลินทรีย์ ประกอบด้วย น้ำหนักจำเพาะหรือความหนาแน่นของอนุภาค ความหนืด การกระจายตัวของขนาดอนุภาค ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการกักตัก ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของขั้นตอนและวิธีการในการบำบัดน้ำเสีย ลักษณะสมบัติทางกายภาพ และปริมาณของตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

ลักษณะสมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

ลักษณะสมบัติทางเคมีของตะกอนจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัด และกรรมวิธีการบำบัดน้ำเสียและตะกอนจุลินทรีย์ สำหรับการนำตะกอนในพื้นที่เพาะปลูกในรูปของปุ๋ย ดังนั้น ลักษณะสมบัติทางเคมีของตะกอนจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญ เมื่อพิจารณาจากส่วนประกอบของแร่ธาตุอาหารและโลหะหนัก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส

โพแทสเซียม เป็นต้น ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ ถ้าทราบถึงลักษณะสมบัติทางเคมีของตะกอนจุลินทรีย์ว่ามีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของพืชทำให้สามารถนำตะกอนจุลินทรีย์ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกได้ ซึ่งลักษณะสมบัติทางเคมีของตะกอนจุลินทรีย์ที่ยังไม่ได้รับการบำบัดและผ่านการบำบัดโดยวิธีการย่อย แสดงดังตารางที่ 2 และปริมาณโลหะหนัก ในตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพและปริมาณของตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสีย

Treatment operation or process	Specific gravity of sludge solids	Specific gravity of sludge	Dry solids, lb/10 ³ gal	
			Range	Typical
Primary sedimentation	1.40	1.020	0.9-1.4	1.25
Activated sludge (waste sludge)	1.25	1.005	0.6-0.8	0.7
Trickling filtration (waste sludge)	1.45	1.025	0.5-0.8	0.6
Extended aeration (waste sludge)	1.30	1.015	0.7-1.0	0.8
Aerated lagoon (waste sludge)	1.30	1.010	0.7-1.0	0.8
Filtration	1.20	1.005	0.1-0.2	0.15
Algae removal	1.20	1.005	0.1-0.2	0.15
Chemical addition to primary sedimentation tanks for phosphorus removal				
Low lime (350-500 mg/L)	1.90	1.04	2.0-3.3	2.5
High lime (800-1600 mg/L)	2.20	1.05	5.0-11.0	6.6
Suspended-growth nitrification	-	-	-	-
Suspended-growth denitrification	1.20	1.005	0.1-0.25	0.15
Roughing filters	1.28	1.020	-	-

ที่มา: Metcalf and Eddy (1991)

ลักษณะสมบัติทางชีวภาพ (Biological Properties)

โดยส่วนใหญ่ตะกอนจุลินทรีย์เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์จากขั้นตอนของการบำบัดในขั้นที่ 2 (Secondary treatment) ซึ่งเป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำให้มีความสะอาดมากขึ้น และ

ตะกอนจุลินทรีย์อาจมีจุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งไม่มีประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ อีกทั้งยังถ้าปนเปื้อนเข้าสู่สายใยอาหาร (Food chain) จะเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ หลักการแบ่งกลุ่มของจุลินทรีย์ ก่อโรคที่พบในตะกอนจุลินทรีย์แบ่งเป็น 4 กลุ่มได้แก่ แบคทีเรีย (Bacteria) โปรโตซัว (Protozoa) พยาธิลำไส้ (Helminthes) และไวรัส (Virus) ซึ่งจุลินทรีย์ และโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ลักษณะสมบัติทางเคมีของตะกอนจุลินทรีย์ที่ยังไม่ได้รับการบำบัดและได้รับการบำบัดโดยวิธีการย่อย

Item	Untreated primary sludge		Digested primary sludge		Activated sludge, Range
	Range	Typical	Range	Typical	
Total dry solids (TS), %	2.0-8.0	5.0	6.0-12.0	10.0	0.83-1.16
Volatile solids (% of TS)	60-80	65	30-60	40	59-88
Grease and fats (% of TS)					
Ether soluble	6-30	-	5-20	18	-
Ether extract	7-35	-	-	-	5-12
Protein (% of TS)	20-30	25	15-20	18	32-41
Nitrogen (N, % of TS)	1.5-4	2.5	1.6-6.0	3.0	2.4-5.0
Phosphorus (P ₂ O ₅ , % TS)	0.8-2.8	1.6	1.5-4.0	2.5	2.8-11.0
Potash (K ₂ O, % of TS)	0-1	0.4	0.0-3.0	1.0	0.5-0.7
Cellulose (% of TS)	8.0-2.8	10.0	8.0-15.0	10.0	-
Iron (not as sulfide)	2.0-4.0	2.5	3.0-83.0	4.0	-
Silica (SiO ₂ , of TS)	15.0-20.0	-	10.0-20.0	-	-
pH	5.0-8.0	6.0	6.5-7.5	7.0	6.5-8.0
Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	500-1,500	600	2,500-3,500	3,000	580-1,100
Organic acids (mg/L as HAc)	200-2,000	500	100-600	200	1,100-1,700
Energy content, Btu/lb	10,000-12,500	11,000	4,000-6,000	5,000	8,000-10,000

ที่มา: Metcalf and Eddy (1991)

ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสีย

Metal	Dry sludge, mg/kg	
	Range	Median
Arsenic	1.1-230	10
Cadmium	1-3,410	10
Chromium	10-99,000	500
Cobalt	11.3-2,490	30
Copper	84-17,000	800
Iron	1,000-154,000	17,000
Lead	13-26,000	500
Manganese	32-9,870	260
Mercury	0.6-56	6
Molybdenum	0.1-214	4
Nickel	2-5,300	80
Selenium	1.7-17.2	5
Tin	2.6-329	14
Zinc	101-49,000	1,700

ที่มา: Metcalf and Eddy (1991)

ตารางที่ 4 จุลินทรีย์ และโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่พบในตะกอนชีวภาพ (Biological sludge)

Organism	Disease/Symptoms
Bacteria	
<i>Salmonella</i> sp.	Salmonellosis (food poisoning), and typhoid fever
<i>Shigella</i> sp.	Bacillary dysentery
<i>Yersinia</i> sp.	Acute gastroenteritis (including diarrhea, abdominal pain)
<i>Campylobacter jejuni</i>	Cholera
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis
(pathogen strain)	Gastroenteritis

ที่มา: U.S. EPA (1999)

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Organism	Disease/Symptoms
Enteric Viruses	
Hepatitis A virus	Infectious hepatitis
Norwalk and Norwalk-like viruses	Epidemic gastroenteritis with severe diarrhea
Rotaviruses	Acute gastroenteritis with severe diarrhea
Enteroviruses	
Polioviruses	Poliomyelitis
Coxsackieviruses	Meningitis, pneumonia, hepatitis, fever, cold-like symptoms, diarrhea, etc.
Echoviruses	Meningitis, paralysis, encephalitis, fever, cold-like symptoms, diarrhea, etc.
Heovirus	Respiratory infection
Astroviruses	Epidemic gastroenteritis
Caliciviruses	Epidemic gastroenteritis
Protozoa	
<i>Cryptosporidium</i>	Gastroenteritis
<i>Enteramoeba histolytica</i>	Acute enteritis
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis (including diarrhea, abdominal cramps, weight loss)
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhea and dysentery
<i>Toxoplasma gon</i>	Toxoplasmosis
Helminthes Worms	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Digestive and nutritional disturbances, abdominal pain, vomiting, restlessness
<i>Ascaris suum</i>	May produce symptoms such as coughing, chest pain, and fever
<i>Trichuris trichiura</i>	Abdominal pain, diarrhea, anemia, weight loss
<i>Toxacara canis</i>	Fever, abdominal discomfort, muscle aches, neurological symptoms
<i>Taenia saginata</i>	Nervousness, insomnia, anorexia, abdominal pain, digestive disturbances
<i>Taenia solium</i>	Nervousness, insomnia, anorexia, abdominal pain, digestive disturbances
<i>Necator americanus</i>	Hookworm disease
<i>Hymenlepis nana</i>	Taeniasis

ที่มา: U.S. EPA (1999)

สารประกอบไนโตรเจนในดินและตะกอนจุลินทรีย์น้ำเสีย

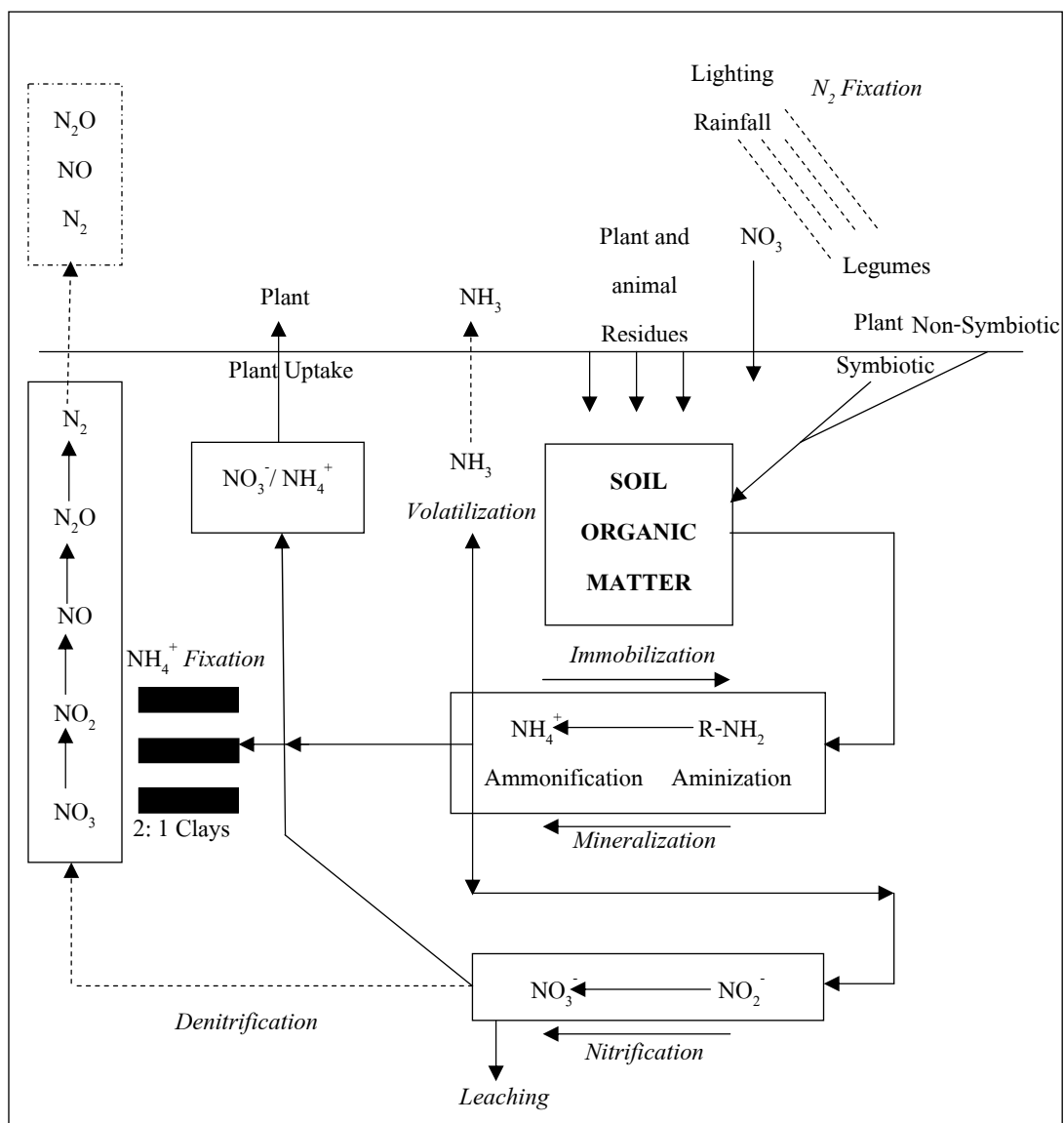
วัฏจักรของไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนเข้ามามีบทบาท และความสำคัญในวงจรชีวิตของพืชและสัตว์โดย สารประกอบไนโตรเจนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบไนโตรเจนอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) ไนไตรต์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-) สารพวกนี้อยู่ในรูปของปุ๋ยหรือเกลือ ปัสสาวะ ส่วนอีกชนิดคือ สารประกอบไนโตรเจนอินทรีย์ เช่น โปรตีน กรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิก สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายพืชและสัตว์ในอุจจาระ และปัสสาวะ เป็นต้น ความสัมพันธ์ ระหว่างสารประกอบไนโตรเจนในรูปต่างๆ รวมถึงการเปลี่ยนรูปของสารประกอบที่เกิดขึ้น สามารถแสดงให้เห็นได้ในวัฏจักรไนโตรเจน ดังแสดงในภาพที่ 1

การเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในดิน

สารประกอบไนโตรเจนสามารถเปลี่ยนรูปจากไนโตรเจนอินทรีย์ไปเป็นอนินทรีย์ ในโตรเจน โดยแบคทีเรียเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ไนโตรเจนอินทรีย์ ในรูปต่างๆ นั้นอาจเปลี่ยนกลับไปมาโดยแบคทีเรียเช่นกัน ดังตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนรูปของ สารประกอบไนโตรเจนที่สามารถเปลี่ยนเป็นรูปต่างๆ ได้โดยผ่านกระบวนการต่างๆ

- กระบวนการ Nitrogen Mineralization และ Immobilization หรือกระบวนการ ปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์จะเกิดขึ้นเมื่ออินทรีย์วัตถุในดินถูกย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์ในดินจะ ทำลายพันธะอินทรีย์ให้แยกออกจากกันจนได้พลังงาน ผลจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจะได้ ไนโตรเจนอนินทรีย์ที่เป็นแอมโมเนียม บ่อยครั้งที่ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาจากอินทรีย์วัตถุ มักจะถูกนำไปใช้โดยจุลินทรีย์ในดิน และจะถูกเปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปของสารอินทรีย์โดย กระบวนการ Immobilization ไนโตรเจนที่อยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกปลดปล่อยออกมาอีกและ เมื่อจุลินทรีย์ตายและย่อยสลาย (ภาพที่ 2) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่า C/N ratio จะเป็นตัวบ่งบอกถึงการ เกิดกระบวนการ Mineralization และ Immobilization โดยที่ระดับของผิวหน้าดินที่มีค่า C/N ratio มากกว่า 30:1 จะเกิดกระบวนการ Immobilization สูง ในทางตรงกันข้ามถ้ามีค่า C/N ratio น้อยกว่า 20:1 จะเกิดกระบวนการ Mineralization สูง และเมื่อค่า C/N ratio อยู่ระหว่าง 20-30:1 ทั้ง กระบวนการ Mineralization และ Immobilization จะเกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกัน (Henry *et al.*, 1999)



ภาพที่ 1 วัฏจักรของไนโตรเจน

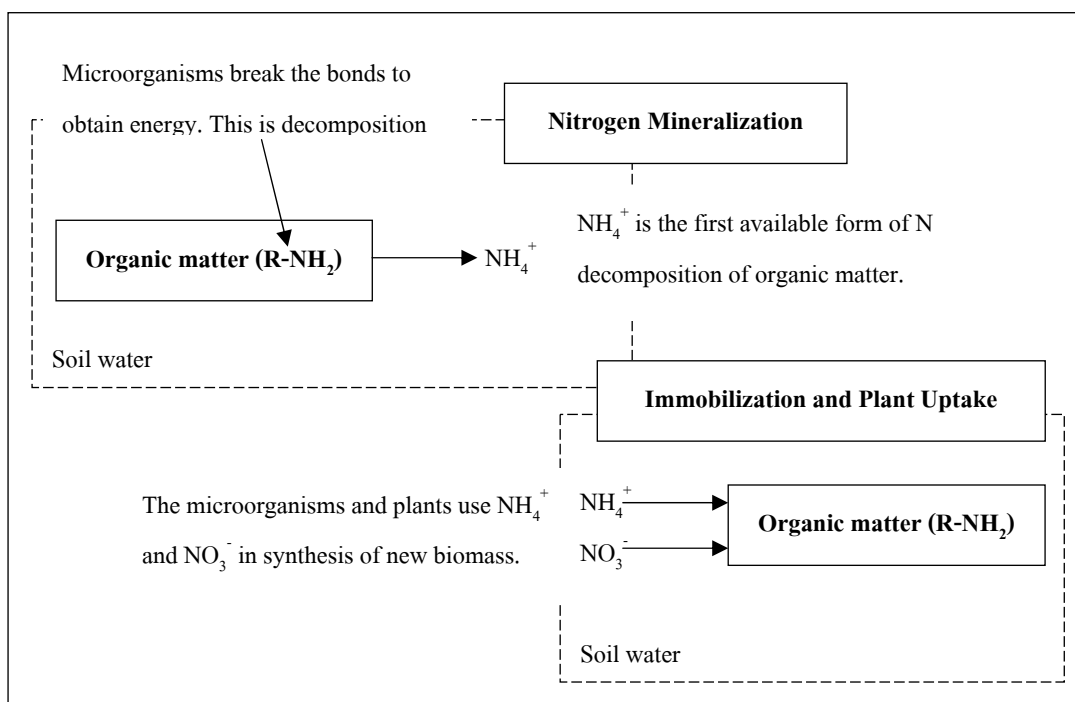
ที่มา: John *et al.* (1999)

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนรูปและปฏิกิริยาทางเคมีในวัฏจักรของไนโตรเจน

การเปลี่ยนรูป	ปฏิกิริยาเคมี	คำอธิบาย
N fixation	$0.5\text{N}_2 \rightarrow \text{R-NH}_2$	พืช และจุลินทรีย์บางประเภทใช้ก๊าซไนโตรเจน (N_2) จากอากาศและเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนอินทรีย์ภายใต้ความสัมพันธ์แบบ symbiotic ของจุลินทรีย์
N mineralization	$\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{R-OH} + \text{NH}_4^+$	การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอินทรีย์เป็นไนโตรเจนอนินทรีย์ (NH_4^+) เหมือนกับการย่อยสลาย organic matter ของจุลินทรีย์
N immobilization		การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอนินทรีย์
From NO_3^- (first step)	$\text{NO}_3^- + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2^- + 6\text{e}^- \rightarrow \text{NH}_4^+$	เป็นไนโตรเจนอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์
From NH_4^+	$\text{NH}_4^+ + \text{R-OH} \rightarrow \text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$	ตรึงไนโตรเจนเข้าเซลล์หรือในระหว่างเกิดการย่อยสลาย
NH_3 volatilization		
First stage (in water)	$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_{3(\text{aq})} + \text{H}^+$	การสูญเสียแอมโมเนีย (NH_3) จากดิน
From water to air	$\text{NH}_{3(\text{aq})} \rightarrow \text{NH}_{3(\text{air})}$	และน้ำสู่อากาศ
Nitrification		การเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+)
By <i>Nitrosomonas</i>	$\text{NH}_4^+ + 1.5\text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$	ไปเป็นไนไตรต์ (NO_2^-) ไนเตรต (NO_3^-)
By <i>Nitrobator</i>	$\text{NO}_2^- + 0.5\text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow \text{NO}_3^-$	โดยจุลินทรีย์
Denitrification		
To N_2	$\text{NO}_3^- + 1.25[\text{HCHO}] \rightarrow 0.5\text{N}_2 + 0.75\text{H}_2\text{O} + 1.25\text{CO}_2 + \text{OH}$	การเปลี่ยนรูปของไนเตรต (NO_3^-) ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2 or N_2O)
To N_2O	$\text{NO}_3^- + [\text{HCHO}] \rightarrow 0.5\text{N}_2\text{O} + 0.5\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{OH}$	

หมายเหตุ : R = Organic Compound

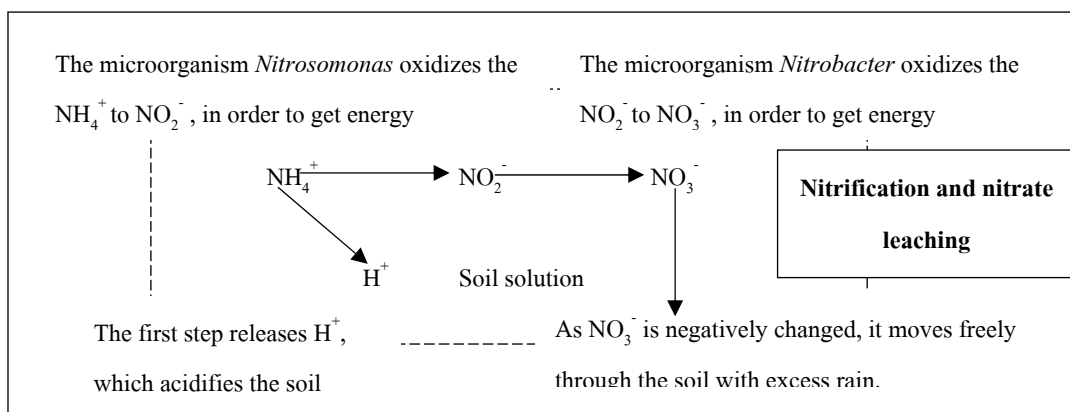
ที่มา: Henry *et al.* (1999)



ภาพที่ 2 กระบวนการ Nitrogen Mineralization และ Immobilization
ที่มา: Henry *et al.* (1999)

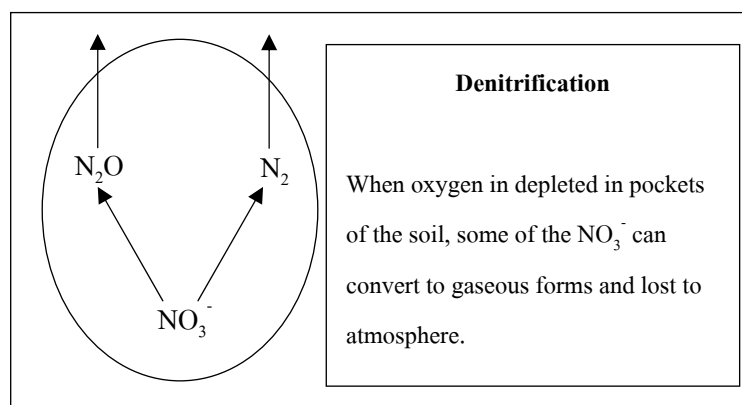
- กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เป็นกระบวนการออกซิเดชันทางชีวเคมีของแอมโมเนียม (NH_4^+) กลายเป็นไนเตรต (NO_3^-) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ประเภทสร้างอาหารได้ (Autotrophic) และใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ ดังแสดงในภาพที่ 3 ในระหว่างกระบวนการจุลินทรีย์จำพวก Nitrosomonas จะออกซิไดส์แอมโมเนียมไปเป็นไนไตรต์ (NO_2^-) และจุลินทรีย์จำพวก Nitrobacter จะออกซิไดส์ไนไตรต์เป็นไนเตรต

- กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เป็นกระบวนการรีดักชันทางชีวเคมีของไนเตรต หรือไนไตรต์เป็นก๊าซของธาตุไนโตรเจน โมเลกุลไนโตรเจน (N_2) หรือออกไซด์ของไนโตรเจน (N_2O) เมื่อในดินมีปริมาณออกซิเจนลดน้อยลงจุลินทรีย์บางชนิดจะใช้ไนเตรตแทนออกซิเจน เพื่อเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจ ทำให้เกิดการสูญเสียไนเตรตในดิน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 กระบวนการไนตริฟิเคชัน

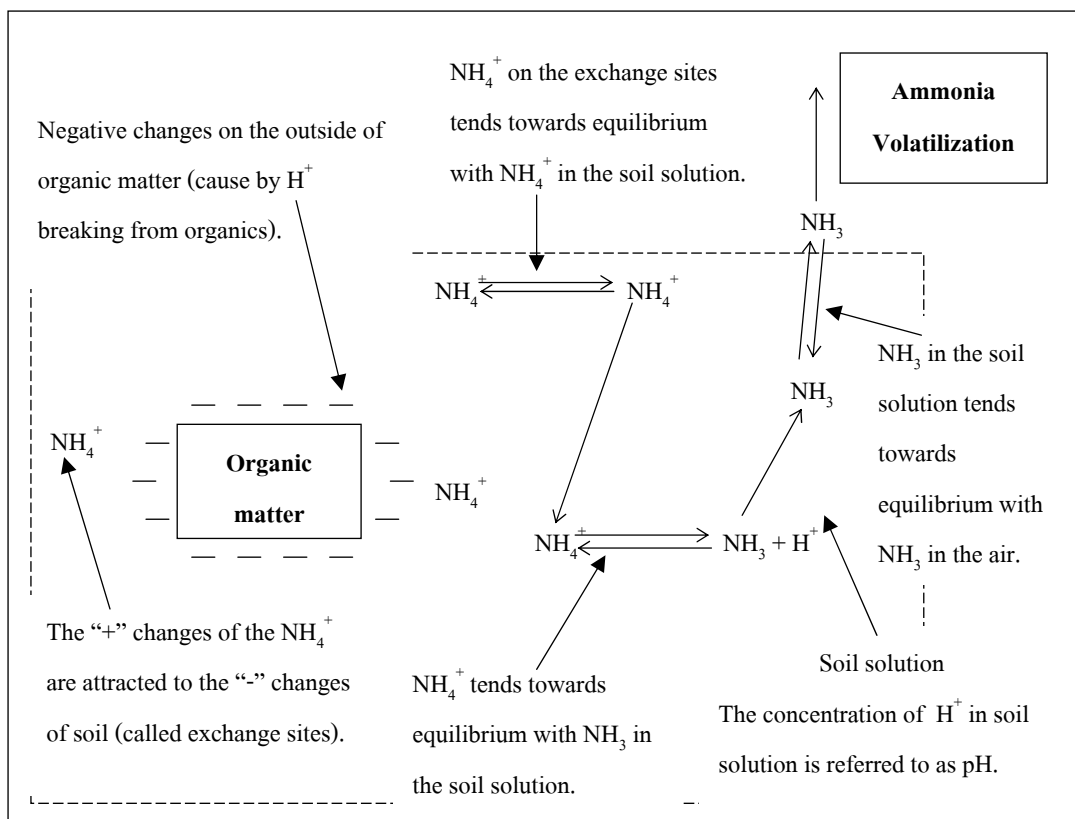
ที่มา: Henry *et al.* (1999)



ภาพที่ 4 กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

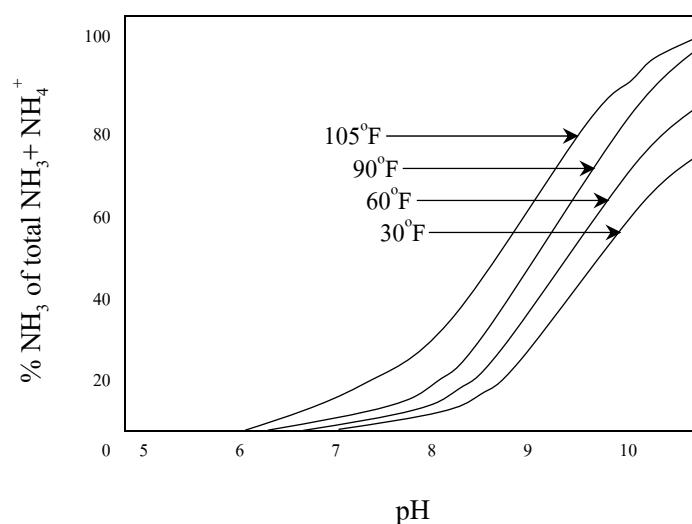
ที่มา: Henry *et al.* (1999)

- กระบวนการระเหยของแอมโมเนีย (Ammonia Volatilization) เป็นกระบวนการสูญเสียก๊าซแอมโมเนียไปในอากาศ โดยขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของสมดุลหลายๆ สมดุลในดิน ดังแสดงในภาพที่ 5 ปฏิกิริยาของแอมโมเนียในสารละลายในดินจะได้แอมโมเนียในสารละลายในดิน และจะเปลี่ยนก๊าซแอมโมเนียในอากาศ การสูญเสียแอมโมเนียในสารละลายจะเกิดขึ้นเมื่อสถานะที่อุณหภูมิสูงขึ้น และในสภาพที่เป็นด่าง ($\text{pH} > 8$) แอมโมเนียจะระเหยออกจากสารละลายในดิน ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 กระบวนการระเหยของแอมโมเนีย

ที่มา: Henry *et al.* (1999)



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการสูญเสีย NH_3 กับค่า pH ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ที่มา: Henry *et al.* (1999)

การจัดการตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสีย

ผลิตภัณฑ์จากการบำบัดน้ำเสียจะเกิดตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นผลผลิตที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องมีการจัดการ ทั้งการกำจัด (Disposal) และการนำไปใช้ประโยชน์ (Utilization) เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยในยุโรปมีตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียเกิดขึ้นทั้งหมดประมาณ 6.6 ล้านตันของตะกอนจุลินทรีย์แห้งต่อปี ส่วนในเอเชีย ญี่ปุ่นมีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์เกิดขึ้นประมาณ 1 ล้านตันของตะกอนจุลินทรีย์แห้งต่อปี ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์และวิธีการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ของประเทศในเขตยุโรป แสดงดังตารางที่ 6 และในสหราชอาณาจักรมีการบำบัดและการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดจากอุตสาหกรรม ต้องใช้งบประมาณ 200 ล้านปอนด์ต่อปี (Bayes *et al.*, 1987)

ตารางที่ 6 ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์และวิธีการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ของประเทศในเขตยุโรป

Country	Population	Sludge Produced (tds x 1,000/yr)	Disposal Method (%)			
			Agriculture	Landfill	Incineration	Other
Austria	7.8	320	13	56	13	0
Belgium	9.9	75	31	56	9	4
Denmark	5.1	130	37	33	28	2
France	56	700	50	50	0	0
Germany	62	2,500	25	63	12	0
Greece	-	15	3	97	0	0
Ireland	-	24	28	18	0	54
Italy	57	800	34	55	11	0
Luxembourg	0.4	15	81	18	0	1
Netherlands	15	282	44	53	3	0
Portugal	-	200	80	13	0	7
Spain	39	280	10	50	10	30
Switzerland	6.4	215	60	30	20	0
UK	57	1,075	51	16	5	28
Total	316	6,631	38	3	10	9

ที่มา: Alcock (1981)

การจัดการตะกอนจุลินทรีย์โดยการนำไปใช้ประโยชน์มีทางเลือกหลายทาง ได้แก่ การประยุกต์ใช้บนที่ดิน (Land application) ไม่ว่าจะเป็นการทำให้เป็นปุ๋ยหมัก (Composting) หรือการใช้ตะกอนจุลินทรีย์โดยตรง (Directly land application) การย่อยตะกอนจุลินทรีย์ด้วยความร้อน (Thermal reduction) โดยที่มีความพยายามที่จะใช้ประโยชน์จากธาตุอาหาร สารอินทรีย์ และความร้อน/ก๊าซ ที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งในตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดจากน้ำเสียชุมชน มีปริมาณของแข็งอินทรีย์ประมาณร้อยละ 60-80 และเมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ 2 ทาง คือ การนำไปเป็นแหล่งพลังงาน และการนำไปปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น แต่การกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ได้แก่ การฝังกลบ (Landfill) และการทิ้งลงทะเล (Ocean dumping) ซึ่งไม่ควรที่จะปฏิบัติ เพราะจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (Alcock, 1981)

การจัดการตะกอนจุลินทรีย์มีทางเลือกหลายทาง แต่การจัดการที่เป็นที่ยอมรับและมีความเหมาะสมมาก คือ การทำปุ๋ยหมัก และเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการวิธีอื่น ไม่ว่าจะเป็นการฝังกลบ หรือการทิ้งลงทะเล ซึ่งทั้ง 2 วิธีไม่ได้มีการใช้ประโยชน์จากตะกอนจุลินทรีย์ อีกทั้งยังพบว่า การย่อยสลายในหลุมฝังกลบเป็นไปอย่างเชื่องช้า และยังไม่มีการนำทรัพยากรมาใช้ใหม่ ซึ่งการกำจัดโดยการฝังกลบนั่นค่อนข้างมีข้อจำกัดและมีความเข้มงวดมาก ส่วนการทิ้งลงทะเลไม่ควรปฏิบัติอย่างยิ่งเพราะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อไม่นานมานี้สหรัฐอเมริกา และประเทศในยุโรป มีการห้ามการกำจัดตะกอนจุลินทรีย์โดยการทิ้งลงทะเลหลังจากวันที่ 31 ธันวาคม 2541 และในส่วนของจัดการโดยการย่อยตะกอนจุลินทรีย์ด้วยความร้อน หรือการเผาจะได้พลังงานความร้อนจากการเผามาใช้ประโยชน์ แต่ผลผลิตจากการเผาตะกอนจุลินทรีย์ที่เป็นมลพิษต่อชุมชน คือ จี๊เส้า ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมมลพิษในส่วนนี้ด้วย และยิ่งไปกว่านั้นจี๊เส้าที่เกิดขึ้นร้อยละ 5-15 โดยน้ำหนัก จะถูกนำไปกำจัดโดยโดยการฝังกลบ ทำให้มีการสะสมของโลหะหนัก (Heavy metal) ที่อยู่ในจี๊เส้าพื้นที่ฝังกลบได้ ส่วนการใช้ตะกอนจุลินทรีย์โดยตรง ไม่ว่าจะเป็นตะกอนจุลินทรีย์ที่ยังมีของเหลว (Liquid sludge) หรือที่ผ่านการนำของเหลวออกจากตะกอนจุลินทรีย์ (Dewatered sludge) แล้ว ไปใช้ประโยชน์ในพืชที่เพาะปลูก เพราะมีส่วนประกอบของธาตุอาหารสูง และสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าเป็นการจัดการตะกอนจุลินทรีย์ที่ดีเช่นกัน แต่ยังคงมีข้อจำกัดเรื่องโลหะหนักในตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งต้องใช้ต้นทุนในการแยกโลหะหนักออกจากตะกอนจุลินทรีย์ และยังคงเป็นปัญหาในการจัดการ

การทำปุ๋ยหมัก เป็นวิธีการที่ดีและเหมาะสมในการจัดการตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากมีการนำสารหรือธาตุที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ และการจัดการโดยการการทำ

ปุ๋ยหมักจะได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในอนาคต การนำปุ๋ยหมักมาใช้ประโยชน์โดยการปลูกพืชจะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า Biological Oxidation Transformation ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในดินเพื่อนำเอาสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในปุ๋ยเข้าสู่พืช

จากการศึกษาเบื้องต้นของ Likhananont (1996) พบว่า มีปริมาณของจุลินทรีย์ที่อยู่ในตะกอนจุลินทรีย์มากถึง 10^9 เซลล์ต่อกรัมของตะกอน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 7 และการหมักปุ๋ยจะทำให้จุลินทรีย์ บางส่วนลดลงจนสามารถยอมรับได้ ซึ่งได้รับการพิสูจน์จากการทำงานของ Burge *et al.* (1978) และ Finstein *et al.* (1982)

ตารางที่ 7 Total Number และ Strain Number ของจุลินทรีย์ในตะกอนจุลินทรีย์ที่ผ่านการตากแห้งเป็นเวลา 2 เดือน

Type of Microorganism	Total Number	Strain Number
Bacteria	2×10^9	8
Fungi	5×10^6	8
Actinomycetes	1×10^8	2

ที่มา: Likhananont (1996)

การคาดการณ์ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในดิน

การคาดการณ์ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในดินนั้นมีวิธีที่ใช้หาอยู่หลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ ได้แก่ วิธีการหาในสภาพแวดล้อมจริง และวิธีการหาในระดับห้องปฏิบัติการ แต่ละวิธีก็จะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน

Raison (1987) ได้ทำการศึกษาถึงวิธีการหาปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในสนาม โดยการฝังท่อเหล็กหรือท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50 มิลลิเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 6 ท่อ ลงในดินลึกประมาณ 25 เซนติเมตร ในแปลงทดลองแล้วหุ้มปลายด้วยถุงพลาสติกเพื่อป้องกันการชะละลายของไนเตรตจากฝน แล้วสุ่มเก็บมา 3 ท่อ ทันทิน้ำดินที่ติดอยู่ที่

ปลายท่อไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ ส่วนท่อที่เหลือจะทำการเก็บภายใน 2 สัปดาห์ต่อไป วิธีนี้จะทำการเก็บตัวอย่างดินประมาณ 2 สัปดาห์ ต่อการสุ่มเก็บ 1 ครั้ง

Kolberg *et al.* (1999) ได้เสนอวิธีการฝังท่อ (Soil core method) และการแลกเปลี่ยนประจุของเรซิน (Ion exchange resin) ร่วมกัน โดยใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ที่บรรจุดินเต็มท่อในส่วนล่างของท่อเอาดินออก 1 เซนติเมตรแล้วแทนที่ด้วยถุงไนลอนที่อัดเต็มไปด้วยเรซิน นำท่อไปทิ้งฝังบ่มไว้ในสนามโดยทิ้งไว้ประมาณ 3 ถึง 4 สัปดาห์ จากนั้นก็นำท่อขึ้นมานำดินในท่อและเรซินไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรต

Honeycutt (1999) ได้เสนอวิธีการฝังท่อ (Micro plot cylinders) ร่วมกับเรซิน (Mixed-bed exchange resin) ลงในแปลงทดลอง โดยใช้ท่อ Clear polycarbonate (Portland plastic pipe) ขนาดความยาว 23 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอก 7.3 และ 7.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ภายในท่อจะแยกออกเป็น 2 ส่วน บรรจุเรซินที่มีความยาวท่อ 3.0 เซนติเมตรในส่วนของเรซินจะใช้ท่อขนาดความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอก 6.7 และ 7.0 เซนติเมตรตามลำดับ และทำให้แน่นด้วยประเก็นยางที่มีความยาว 3 เซนติเมตร ทำการฝังท่อในการทดลองและสุ่มเก็บท่อขึ้นมาภายใน 24 ชั่วโมง หลังการติดตั้งแล้ว นำดินในท่อและเรซินไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรต ส่วนท่อที่เหลือจะทิ้งไว้ประมาณ 3 สัปดาห์ จึงเก็บขึ้นมาทำการวิเคราะห์

Dodd (2000) ได้เสนอวิธีการฝังถุงเรซิน ลงในดินที่ระดับความลึก 10, 30, 60, 90 และ 150 เซนติเมตร เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดนำถุงเรซินขึ้นมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรต จากวิธีนี้จะใช้การแลกเปลี่ยนประจุของเรซินเป็นเครื่องมือวัดปริมาณการปลดปล่อยสารอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน

Campbell *et al.* (1993) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ในดินในระดับห้องปฏิบัติการ ทำการศึกษาโดยใช้วิธี Aerobic Incubation Leaching Method โดยนำดินมาปรับความชื้นที่ประจุสนาม แล้วนำดินเข้าสู่อบเพื่อทำการบ่มดินที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลังจากบ่มดินครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วจึงนำออกมาใช้ในการศึกษาโดยการชะละลายด้วยสารละลาย 0.01 M CaCl_2 เพื่อหาปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรต

อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์

ตะกอนจุลินทรีย์ หรือตะกอนของเสียแต่ละประเภทมีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่แตกต่างกันตามประเภทและแหล่งที่มา ดังนั้นเมื่อนำตะกอนจุลินทรีย์ ดังกล่าวมาใช้ทางการเกษตร มีผลทำให้อัตราการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในตะกอนจุลินทรีย์แต่ละประเภทมีอัตราการย่อยสลายไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่ออัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์

Henry *et al.* (1999) ได้รายงานถึงค่าประมาณของอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ในตะกอนจุลินทรีย์จากตะกอนน้ำเสียประเภทต่างๆ สำหรับช่วงระยะเวลา 1 ปี ของการใช้ประโยชน์จากตะกอนจุลินทรีย์ในการใช้ทางการเกษตรกรรม โคนแนะนำให้อ่านค่าช่วงกลางของข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 8

Bararick and Ippolite (2000) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเปรียบเทียบกับการใช้ตะกอนจุลินทรีย์ที่เป็นตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศในการปลูกข้าวสาลีจากผลการศึกษาในสนาม พบว่า อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์ในช่วง 1 ปี มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 25-32

Cogger *et al.* (1999) ได้ทำการศึกษาโดยการนำตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการรีดน้ำแล้ว และทำให้แห้งไปใช้ปลูกหญ้าทำเป็นอาหารสัตว์ พบว่าอัตราการปลดปล่อยสารอนินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 28-40 ซึ่งได้จากผลการศึกษาในสนามโดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์ในการปลูกข้าวสาลีในช่วงเวลา 11 ปี

Kelling *et al.* (1977) ได้ทำการศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียรัฐ Wisconsin พบว่าร้อยละ 50 ของการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์จะเกิดขึ้นภายใน 3 สัปดาห์ หลังจากใช้ตะกอนจุลินทรีย์สำหรับเกษตรกรรม

ตารางที่ 8 อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์แต่ละประเภท

Biosolids Treatment Method	Mineralization Rate (% of initial organic N)
Anaerobically digested	
Liquid	20-40
Dewatered	25-45
Heat-dried	25-45
Aerobically digested	30-50
Lagooned	10-30
Lime-stabilized	30-60
Composted	0-30
Drying bed	15-40
Oxidation ditch	30-50

ที่มา: Henry *et al.* (1999)

ประพิศ และภavana (2544) ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินจากการใส่ตะกอนน้ำเสียของชุมชนห้วยขวางเขตกรุงเทพมหานคร กับชุดดินรังสิตกรดจัดและปากช่องเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยผสมตะกอนทั้งชนิดเปียกและแห้งกับดินให้ได้ปริมาณคาร์บอนจากตะกอนทั้ง 2 ชนิด 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 ของคาร์บอน บ่มดินเป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในชุดดินรังสิตกรดจัดเมื่อใส่ตะกอนชนิดแห้ง และชนิดเปียก มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 27-44 และ 24-40 ตามลำดับ ส่วนอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ตะกอนจุลินทรีย์ชนิดแห้ง และชนิดเปียก มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 37-47 และ 35-58 ตามลำดับ

การใช้ประโยชน์ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางการเกษตร

ปริมาณธาตุอาหารในตะกอนจุลินทรีย์ (Quantities of Nutrient in Sludge)

ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งในตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดมีปริมาณของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมากเพียงพอต่อความต้องการของพืช และยังมีสารอนินทรีย์เช่นเดียวกับปุ๋ยอนินทรีย์ที่สามารถทดแทนธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการได้ ซึ่งปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในตะกอนจุลินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 9 แต่โพแทสเซียมในตะกอนจุลินทรีย์มีปริมาณต่ำ ทำให้มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงเสนอแนะให้มีการใช้ปุ๋ยที่มีธาตุโพแทสเซียมรวมในการปลูกพืชด้วย นอกจากนี้ในตะกอนจุลินทรีย์ยังมีกำมะถัน (Sulfur, S) ในปริมาณที่พืชต้องการอีกด้วย และระดับของสารอาหารที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 10

นอกจากนี้ ในตะกอนจุลินทรีย์ยังมีธาตุอาหารอื่นๆ อีก เช่น แมงกานีส, เหล็ก, โคโรเมียม, แคดเมียม เป็นต้น โดยที่ธาตุอาหารเหล่านี้จะจำเป็นก็ต่อเมื่อในดินมีปริมาณธาตุอาหาร ดังกล่าวไม่เพียงพอ

ตารางที่ 9 ปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในตะกอนจุลินทรีย์

Sludge Type	Unit as Spread	Dry Matter (%)	Total		Available ¹	
			N	P	N	P
Liquid undigested	kg/m ³	5	1.8	0.6	0.6	0.3
Liquid digested	kg/m ³	4	2.0	0.7	1.2	0.3
Undigested cake	kg/ton	25	7.5	2.8	1.5	1.4
Digested cake	kg/ton	25	7.5	3.9	1.1	2.0

¹ การใช้ประโยชน์ในปีแรกของการปลูกพืช

ที่มา: Finstein *et al.* (1982)

ตารางที่ 10 ระดับของสารอาหารที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดที่แตกต่างกัน

Nutrient ¹	Treatment process	No. of samples	Range	Median	Mean
Organic C (%)	Anaerobic	31	18-39	26.8	27.6
	Aerobic	10	27-37	29.5	31.7
	Other	60	6.5-48	32.5	32.6
	All	101	6.5-48	30.4	31.0
Total N (%)	Anaerobic	85	0.5-17.6	4.2	5.0
	Aerobic	38	0.5-7.6	4.8	4.9
	Other	68	<0.1-10.0	1.8	1.9
	All	191	<0.1-17.6	3.3	3.9
NH ₄ -N, (mg/kg)	Anaerobic	67	120-67,600	1,600	9,400
	Aerobic	33	30-11,300	400	950
	Other	3	5-12,500	80	4,200
	All	103	5-67,600	920	6,540
NO ₃ -N (mg/kg)	Anaerobic	35	2-4,900	79	520
	Aerobic	8	7-830	180	300
	Other	3	-	-	780
	All	45	2-4,900	140	490
Total P (%)	Anaerobic	86	0.5-14.3	3.0	3.3
	Aerobic	38	1.1-5.5	2.7	2.9
	Other	65	<0.1-3.3	1.0	1.3
	All	489	<0.1-14.3	2.3	2.5
Total S (%)	Anaerobic	19	0.8-1.9	1.1	1.2
	Aerobic	9	0.6-1.1	0.8	0.8
	Other	-	-	-	-
	All	28	0.6-1.5	1.1	1.1

¹ ความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์เป็นค่าที่เทียบกับของแข็งแห้ง

ที่มา: U.S. EPA (1995)

ตารางที่ 10 (ต่อ)

Nutrient ¹	Treatment process	No. of samples	Range	Median	Mean
K	Anaerobic	86	0.02-2.64	0.30	0.52
(%)	Aerobic	37	0.08-1.10	0.39	0.46
	Other	69	0.02-0.87	0.17	0.20
	All	192	0.02-2.64	0.30	0.40

¹ ความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์เป็นค่าที่เทียบกับของแข็งแห้ง

ที่มา: U.S. EPA (1995)

การจัดการตะกอนจุลินทรีย์โดยนำไปใส่ดิน (Land Application)

การจัดการตะกอนจุลินทรีย์โดยการนำไปใส่ดิน นับว่าเป็นวิธีการจัดการตะกอนจุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ทางการเกษตรอยู่มาก นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์อีกด้วย สำหรับตะกอนจุลินทรีย์ในประเทศไทย ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ประมาณร้อยละ 2-5 และฟอสฟอรัสร้อยละ 1-3 หากมีการจัดการอย่างเหมาะสมและถูกวิธีอยู่แล้ว ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายสำหรับปุ๋ยเคมีลงได้ อย่างไรก็ตาม การนำตะกอนจุลินทรีย์ใส่ดินอย่างถูกวิธีนั้น ต้องพิจารณาถึงสารพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โลหะหนัก และเชื้อโรคที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์ประกอบด้วย โดยตะกอนจุลินทรีย์สามารถนำไปใส่ในดินได้ จะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านเชื้อโรคและโลหะหนัก ปกติแล้วการหาอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์มักจะคำนวณโดยใช้ความต้องการธาตุไนโตรเจน (N) หรือ ฟอสฟอรัส (P) อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นมาตรฐานในการคำนวณ นอกจากนี้ต้องคำนึงถึงเกณฑ์ข้อบังคับสำหรับปริมาณโลหะหนักที่มีตะกอนจุลินทรีย์ ประกอบด้วย

หลักการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ใส่ดินเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร

อัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ลงดิน เพื่อใช้เป็นปุ๋ยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของธาตุอาหารที่มีในตะกอนจุลินทรีย์นั้นๆ คุณภาพดิน และความต้องการของธาตุอาหารของพืชที่จะปลูก โดยทั่วไปปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่สามารถใส่ในดินได้ จะถูกจำกัดโดยความต้องการธาตุไนโตรเจน และ

ฟอสฟอรัส รวมทั้งปริมาณโลหะหนักสะสมของตะกอนจุลินทรีย์ที่ไถลงไปทุกๆ ปี ในการพิจารณาอัตราการไถตะกอนจุลินทรีย์ลงในพื้นดินเพื่อการเกษตรสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาไถต้องมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 11 โดยพิจารณาในแง่ขีดจำกัดโลหะหนักสูงสุดในตะกอนจุลินทรีย์ที่นำไปไถในดิน (Pollutant Concentration Limit) และอัตราการสะสมโลหะหนักสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในดิน (Maximum Concentration in Soil)
2. ความต้องการธาตุอาหารของพืชขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูกและปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน หากในปีก่อนหน้านี้มีการไถตะกอนจุลินทรีย์ลงในดินแล้ว จะต้องพิจารณาปริมาณธาตุอาหารที่หลงเหลืออยู่จากตะกอนจุลินทรีย์ที่ไถในปีก่อนหน้านี้ด้วย
3. อัตราการไถตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละปี คำนวณจากความต้องการไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นหลัก เพื่อกำหนดอัตราสูงสุดที่จะไถตะกอนจุลินทรีย์ได้ ทั้งนี้จะต้องไม่ทำให้ปริมาณโลหะหนักสะสมในดิน สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีได้ในดิน
4. ในกรณีที่ต้องมีการไถปุ๋ยเพิ่มเติมให้คำนวณจากค่า N, P, K ที่พืชต้องการและปริมาณ N, P, K ที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์ประกอบ

โดยปกติแล้วในตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียและสิ่งปฏิกูลต่างๆ ไป จะมีปริมาณโลหะหนักอยู่ค่อนข้างน้อยอยู่แล้ว ดังนั้นพารามิเตอร์เป็นตัวกำหนดอัตราการไถตะกอนจุลินทรีย์ คือ ค่าความต้องการธาตุอาหารของพืชทางการเกษตร (Agronomic Rate) มากกว่าข้อจำกัดทางด้านโลหะหนัก

ตารางที่ 11 ปริมาณโลหะหนักสูงสุดสำหรับตะกอนจุลินทรีย์ที่สามารถนำมาใส่ในดินได้และอัตราการสะสมโลหะหนักสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในดิน

โลหะหนัก	ขีดจำกัดโลหะหนักสูงสุดในตะกอน จุลินทรีย์ที่สามารถนำมาใส่ในดินได้ (Pollutant Concentration Limit) (มก./กก. ภาคตะกอนแห้ง)	อัตราการสะสมโลหะหนักสูงสุดที่ ยอมรับได้ในดินแห้ง (Maximum Concentration in Soil) (มก./กก. ภาคตะกอนแห้ง)
สารหนู (As)	60 ²	50 ¹
แคดเมียม (Cd)	20 ¹	3 ¹
โครเมียม (Cr)	1,000 ¹	100
ทองแดง (Cu)	900 ¹	100
ตะกั่ว (Pb)	1,000 ²	150
ปรอท (Hg)	10 ¹	1
นิกเกิล (Ni)	400 ¹	60
เซเลเนียม (Se)	50 ²	5
สังกะสี (Zn)	3,000 ¹	200

ที่มา: ¹ AIT (1998); ² Water and Rivers Commission (2002)

หลักการคำนวณปริมาณธาตุอาหารพืชจากตะกอนจุลินทรีย์

ในการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละปี ปริมาณธาตุอาหารของพืชจากตะกอนจุลินทรีย์ที่ใส่ลงไปจะถูกปลดปล่อยอย่างช้าๆ โดยในการประเมินค่า N, P และ K ที่พืชนำไปใช้ประโยชน์และที่หลงเหลือจากการใส่ตะกอนจุลินทรีย์สามารถพิจารณาโดยใช้แนวทางที่กำหนดโดย U.S. EPA (1995) ดังนี้

1. ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ใช้การประมาณว่าร้อยละ 50 ของฟอสฟอรัส และร้อยละ 100 ของโพแทสเซียม พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในปีที่ทำการใส่ตะกอนจุลินทรีย์

2. ในโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คำนวณจากกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหารจากอินทรีย์ในโตรเจน โดยแปรผันไปตามแหล่งที่มาของตะกอนจุลินทรีย์และระยะเวลาหลังจากใส่กากตะกอนจุลินทรีย์

จากตารางที่ 12 แสดงอัตราการปลดปล่อยธาตุในโตรเจนที่เป็นประโยชน์สำหรับตะกอนจุลินทรีย์จากแหล่งต่างๆ โดยมีอัตราการลดลงร้อยละ 50 ในแต่ละปี จนกระทั่งเหลืออัตราการปลดปล่อยที่ร้อยละ 3 ในปีที่ 3 ซึ่งถือว่าน้อยมาก

ตารางที่ 12 อัตราการปลดปล่อยธาตุในโตรเจนจากตะกอนจุลินทรีย์

ระยะเวลา หลังจากใส่ ตะกอน จุลินทรีย์ (ปี)	อัตราการปลดปล่อยในโตรเจนที่เป็นประโยชน์จากตะกอนจุลินทรีย์			
	ถึงตกตะกอน ชั้นดินและ ชั้นที่ 2	ตะกอนที่ผ่านการ ย่อยแบบใช้อากาศ	ตะกอนที่ผ่านการ ย่อยแบบไม่ใช้อากาศ	ตะกอนที่ผ่านการ หมัก (Compost)
0-1	0.40	0.30	0.20	0.10
1-2	0.20	0.15	0.10	0.05
2-3	0.10	0.08	0.05	0.03

ที่มา: U.S. EPA (1995)

จากตาราง 12 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ที่มาจากการหมักแบบไร้อากาศในปีแรกจะมีอัตราการปลดปล่อยในโตรเจนที่เป็นประโยชน์ร้อยละ 20 ของในโตรเจนอินทรีย์ที่มีตะกอนจุลินทรีย์ และในปีที่ 2 และ 3 จะเหลือ 10 และ 5 ตามลำดับ หลังจากปีที่ 3 ไปแล้วอัตราการปลดปล่อยจะน้อยมากจนไม่นับว่าเป็นการปลดปล่อยในโตรเจนที่เป็นประโยชน์อีกต่อไป นอกจากนี้ในการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ลงไปดิน จะมีปริมาณในโตรเจนส่วนหนึ่งสูญเสียให้อยู่ในรูปของการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย (NH_4) ดังนั้นจึงต้องมีการปรับค่าโดยใช้แฟกเตอร์การระเหยตามตารางที่ 13 เพื่อหาปริมาณในโตรเจนในรูปของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ที่เหลืออยู่จริง

ตารางที่ 13 ค่าแฟกเตอร์การระเหยสำหรับตะกอนจุลินทรีย์แบบต่างๆ

ชนิดของกากตะกอนจุลินทรีย์	K_v
ตะกอนจุลินทรีย์เหลว ใสบนผิวดิน	0.50
ตะกอนจุลินทรีย์เหลว ใส่งบในดิน	1.0
ตะกอนจุลินทรีย์ที่รีดน้ำออกแล้ว	0.05 ¹

¹ หากมีข้อมูล เฉพาะสำหรับพื้นที่แห่งนั้น ให้ใช้ค่าที่มีเป็นหลัก

ที่มา: U.S. EPA (1995)

ปัจจัยที่มีผลธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

การประมาณปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่ต้องใส่ในดินเพื่อใช้เป็นปุ๋ยใน ไตรเจนสำหรับพืชมีปัจจัยประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ปริมาณไนโตรเจนและรูปของสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในตะกอนจุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับรูปแบบของการบำบัดตะกอนจุลินทรีย์ เช่น หากมีการย่อยตะกอนแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) จะมีปริมาณ NH_4^+ สูงและ NO_3^- ต่ำ (เนื่องในกระบวนการเปลี่ยนรูปจาก NH_3 ไปเป็น NO_3^- จะต้องใช้ออกซิเจน) และไนโตรเจนอินทรีย์ทั้งหมดจะเปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+
2. กระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหารขึ้นอยู่กับระดับความเสถียร (Stabilize) ของตะกอนจุลินทรีย์ โดยตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความเสถียรต่ำ จะยังคงมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่สูงซึ่งจะมีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนได้ดี ส่วนตะกอนจุลินทรีย์ที่ผ่านการย่อยมาแล้วจะมีความเสถียรค่อนข้างสูง อินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนเกือบหมด คงเหลือในรูปของสารเหลือ ซึ่งไม่เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหาร แต่ยังคงประโยชน์ในการบำรุงดิน
3. ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของ NH_4^+ สู่บรรยากาศ มีดังนี้ คือ pH ของดินหรือตะกอนจุลินทรีย์ ตะกอนจุลินทรีย์ที่มี pH สูงจะมีอัตราการระเหยของ NH_3 มากกว่าตะกอนจุลินทรีย์ที่มี pH ต่ำ เนื่องจากความเข้มข้นของ H^+ ในตะกอนจุลินทรีย์ที่เป็นกรดจะทำให้ปริมาณ NH_4^+ ในรูปของเหลวมีมากขึ้นและลดการสูญเสียเนื่องจากการระเหยในรูปของ NH_3 ลง และอีกปัจจัย คือ

วิธีการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ในการผสมตะกอนจุลินทรีย์กับดิน ยังมีการผสมกันดีเพียงใดก็จะทำให้การสูญเสียเนื่องจากการระเหยลดลง เนื่องจากการผสมที่มีการเคล้ากันดีจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่าง NH_4^+ กับอนุภาคของดิน โดย NH_4^+ จะจับตัวกับอนุภาคดินได้มากขึ้นทำให้เกิดการระเหยมีน้อยลง นอกจากสูญเสียจะลดลงหากใส่ตะกอนจุลินทรีย์และกลบฝังไว้ใต้ดินตรงกันข้าม หากใส่ตะกอนจุลินทรีย์เหนือพื้นดินจะก่อให้เกิดการสูญเสียในรูปของการระเหยได้ง่ายกว่า และอีก 2 ปัจจัยซึ่งมีความสำคัญเช่นกัน คือ อัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ หากมีการใส่ตะกอนจุลินทรีย์จำนวนมาก จะทำให้มีการระเหยของก๊าซ NH_3 มีมากขึ้น เนื่องจากมี NH_4^+ บางส่วนที่ไม่สามารถจับกับอนุภาคดินได้ และระเหยสู่บรรยากาศในที่สุด และความชื้นของดิน หากดินที่จะนำตะกอนจุลินทรีย์ไปใส่มีความชื้นสูง อัตราการระเหยของ NH_3 ก็จะสูงด้วย เนื่องจากอัตราการซึมลงสู่ดินของ NH_4^+ ในรูปของเหลวจะลดลง และเพิ่มโอกาสในการระเหยออกสู่บรรยากาศ

4. ปริมาณของ NO_3^- ที่สูญเสียออกสู่บรรยากาศโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเป็นผลมาจากปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดสภาพไร้อากาศและอัตราการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Denitrifying Bacteria ดังนี้ คือ ความชื้นของดิน ดินที่มีความชื้นสูงจะมีช่องว่างระหว่างดินน้อย อากาศไม่สามารถเข้าไปได้ ก่อให้เกิดสภาพไร้อากาศ ซึ่งเหมาะต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Denitrifying Bacteria รวมถึง ชนิดของดิน เนื้อดินของดินชนิดต่างๆ มีความพรุนต่างกัน ทำให้ความสามารถในการเก็บกักน้ำและออกซิเจนต่างกันไปด้วย และก่อให้เกิดสภาพไร้อากาศได้แม้ในภาวะที่ดินขาดความชุ่มชื้นก็ตาม อีกทั้งยังรวมถึง แหล่งธาตุคาร์บอน หากในดินหรือกากตะกอนนั้นมีแหล่งคาร์บอน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์อยู่มากก็จะทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันได้ง่ายกว่าดินที่มีแหล่งคาร์บอนอยู่น้อย และสุดท้าย คือ ปริมาณไนเตรต ทำให้อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหากมีปริมาณไนเตรตซึ่งเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนสำหรับจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้อยู่มาก

จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาเบื้องต้น ทำให้ต้องมีการคำนวณอัตราการอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์เฉพาะสำหรับพื้นที่แต่ละแห่ง โดยใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ สำหรับปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยจะกำหนดให้เป็นทางเลือก (Optional) ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีการป้อนค่าก็ได้ ในการคำนวณจะพิจารณาในปริมาณความต้องการไนโตรเจนของพืชชนิดต่างๆ ไนโตรเจนที่มีอยู่ในตะกอนจุลินทรีย์และไนโตรเจนที่มีอยู่แล้วในดิน (ซึ่งสามารถทราบได้จากการวัดโดยตรงหรือประมาณจากปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่จากการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ครั้งก่อนหน้า) นอกจากนี้ หากมีข้อมูลอัตราการ

สูญเสียไนโตรเจนหรือแหล่งที่มาจากแหล่งอื่นๆ เช่น จากการใส่ปุ๋ย ก็สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการคำนวณอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ได้เช่นกัน

การพิจารณาพื้นที่สำหรับการนำตะกอนจุลินทรีย์ไปใส่ดิน

- ปริมาณโลหะหนักในดิน ซึ่งก่อนจะพิจารณาการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ในพื้นที่หนึ่งๆ นั้นจะต้องตรวจสอบเสียก่อนว่าบริเวณพื้นที่นั้น มีระดับของสารพิษอยู่ในระดับที่ปลอดภัย และไม่เกินจากมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยสามารถทำได้โดยการเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพดิน จะใช้ในการคำนวณปริมาณกากตะกอนที่สามารถนำไปใส่ในดินได้อย่างปลอดภัย จนกว่าจะมีปริมาณโลหะหนักสะสมในดินตัวใดตัวหนึ่งเกินกว่ามาตรฐาน

- ประเภทดิน โดยประเภทของดินที่ใช้ในการนำกากตะกอนไปใส่ในดิน จะมีผลต่อการดูดซับโลหะหนักและธาตุอาหารพืช โดยดินที่เนื้อหยาบ เช่น ดินทรายมีค่า CEC ต่ำ และมีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักต่ำกว่าดินที่มีเนื้อละเอียด หรือมีปริมาณอินทรีย์สารมากกว่า เช่น ดินร่วนหรือดินเหนียวทำให้โลหะหนักมีโอกาสสูงในการไหลชะลงสู่ลำน้ำได้ดินได้ นอกจากนี้ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของพืชของดินประเภทต่างๆ ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ เนื่องจากหากมีการใส่ตะกอนจุลินทรีย์มากเกินไปที่ดินจะดูดซับได้ ธาตุอาหารส่วนเกินก็จะไหลชะลงสู่ลำน้ำได้ดิน ซึ่งเป็นการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ และทำให้เกิดปัญหาต่อลำน้ำได้ดินตามมาอีกด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการแยกประเภทดินเพื่อให้เหมาะสมกับอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้กับดินที่มีค่า CEC ต่ำอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบเนื่องจากปริมาณโลหะหนัก ในการพิจารณาจึงนิยมใช้ความสามารถในการรองรับธาตุอาหารมาเป็นเกณฑ์ ดังตารางที่ 14

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยพื้นที่ที่จะนำกากตะกอนไปใส่ได้ จะต้องมีความ pH ไม่ต่ำกว่า 5 เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของโลหะหนัก ในกรณีที่ดินมีสภาพความเป็นกรดสูง จะต้องทำการแก้ไขด้วยการเติมปูนขาวเพื่อปรับสภาพดินก่อน

- ความลาดชันของพื้นที่ โดยพื้นที่ที่มีความลาดชัน อาจมีปัญหาเรื่องการไหลชะของน้ำ และพัดพาเอาตะกอนจุลินทรีย์และธาตุอาหารไปสู่ที่อื่น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจะต้องมีการจัดการเพิ่มเติมเพื่อป้องกันการไหลชะด้วย ตารางที่ 15 แสดงความเหมาะสมในการนำตะกอน

จุลินทรีย์ไปใส่ในดิน สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันต่างๆ สำหรับบริเวณที่เป็นลุ่มหรือพื้นที่ที่มีน้ำขัง ไม่แนะนำให้ใส่ตะกอน จุลินทรีย์ เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการปลดปล่อยและเปลี่ยนรูปโลหะหนักในรูปที่เป็นพิษมากขึ้น

ตารางที่ 14 ประเภทดินและความสามารถสูงสุดในการรองรับธาตุอาหารสูงสุด

ประเภทดิน	ลักษณะดิน	ความสามารถสูงสุดในการรองรับฟอสฟอรัส		ความสามารถสูงสุดในการรองรับไนโตรเจน	
		กก./เฮกตาร์/ปี	กก./ไร่/ปี	กก./เฮกตาร์/ปี	กก./ไร่/ปี
ก.	ดินทราย หรือ ดินผสมกรวด	20	3.2	180	28.8
ข.	ดินร่วน หรือ ดินเหนียว	120	19.2	480	76.8

ที่มา: ปรับปรุงจาก Water and Rivers Commission (2002)

ตารางที่ 15 ความลาดชันของดินที่มีผลต่อการนำตะกอนจุลินทรีย์ไปใส่ดิน

ความลาดชัน	ข้อสังเกต
0-3	ดีที่สุด ไม่มีผลกระทบจากการไหลของน้ำท่า
3-6	ยอมรับได้ เสี่ยงต่อการกัดเซาะบ้างเล็กน้อย
6-12	ยอมรับได้ หากมีมาตรการในการป้องกันที่เหมาะสม
12-15	ไม่ควรให้มีการใส่กากตะกอน ยกเว้นกรณีใช้ปลูกหญ้า และมีพื้นที่ปกคลุมไม่น้อยกว่า 80%
> 15	ไม่ควรใส่กากตะกอนไม่ว่ากรณีใดๆ

ที่มา: Water and Rivers Commission (2002)

- ระยะห่างจากพื้นที่อ่อนไหว โดยที่การใส่ตะกอนจุลินทรีย์ลงในดิน จะต้องกันระยะทางส่วนหนึ่งไว้ให้ห่างจากพื้นที่อ่อนไหว เช่น แหล่งน้ำใช้ แหล่งชุมชน เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ระยะห่างจากพื้นที่อ่อนไหวที่แนะนำ ในการนำตะกอนจุลินทรีย์ไปใส่ดิน

ลักษณะพื้นที่	ระยะห่างจากพื้นที่ที่ใส่ตะกอนจุลินทรีย์ (เมตร)
บ่อน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค	60
แหล่งน้ำใต้ดิน	15
น้ำใต้ดิน	1.2
พื้นที่สาธารณะต่างๆ	
- กรณีที่ใส่กากตะกอนผสมกับดิน	0
- กรณีที่ใส่กากตะกอนบนดิน	30

ที่มา: Polprasert (1995)

วิธีการทั่วไปในการใส่ตะกอนจุลินทรีย์สำหรับพื้นที่เกษตร

วิธีการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ที่เหมาะสม สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกับการใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกทั่วไป โดยหลักการที่สำคัญ คือ ต้องกระจายตะกอนจุลินทรีย์ให้ทั่วพื้นที่และทำการไถกลบ ซึ่งมีแนวทางที่แนะนำ ดังนี้

1. นำตะกอนจุลินทรีย์ตามปริมาณที่คำนวณได้ หรือในปริมาณที่ต้องการมากองรวมไว้ในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการ
2. ขนถ่ายตะกอนจุลินทรีย์ใส่รถเข็นถ่ายกากตะกอน เพื่อลำเลียงตะกอนจุลินทรีย์ไปใส่ให้ทั่วพื้นที่ ซึ่งอาจจะใช้กระบะตอพงกับรถแทรกเตอร์ หรือพาหนะอื่นๆ ตามความเหมาะสม
3. ทำการกระจายตะกอนจุลินทรีย์ให้ทั่วพื้นที่ โดยหากมีการติดตั้งเครื่องพ่นตะกอนจุลินทรีย์ ที่รถขนถ่ายตะกอนจุลินทรีย์ ก็สามารถกระจายตะกอนจุลินทรีย์ให้ทั่วพื้นที่ได้โดยตรง แต่ถ้าหากไม่มีเครื่องพ่นตะกอนจุลินทรีย์ ให้ปล่อยตะกอนจุลินทรีย์ โดยกระจายเป็นกองย่อยๆ ให้ทั่วพื้นที่ โดยให้ประมาณขนาดและระยะห่างระหว่างกอง ว่าจะต้องสามารถกระจายได้อย่างสม่ำเสมอ หลังจากใช้รถแทรกเตอร์ไถกลบแล้ว

4. ใช้รถแทรกเตอร์ที่ต่อพ่วงกับจานไถที่เหมาะสมปาดตะกอนจุลินทรีย์ให้กระจายให้ทั่วพื้นที่และไถกลับให้ทั่วถึง ในกรณีที่พื้นที่ไม่กว้างมากอาจใช้แรงงานคนแทนได้ตามความเหมาะสม และควรทำให้เสร็จสิ้นภายใน 36 ชั่วโมง

ทั้งนี้ในการนำตะกอนจุลินทรีย์มาใส่ดินอย่างเหมาะสมนั้นต้องมีการวางแผนให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่ปลูกพืชด้วย ในทางปฏิบัติควรใส่ตะกอนจุลินทรีย์ล่วงหน้าประมาณ 1-2 เดือน เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในปริมาณที่พอเพียงต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของพืชในระยะแรกได้ทันที หากต้องการปลูกพืชทันทีหลังจากใส่ตะกอนจุลินทรีย์ อาจต้องใส่ปุ๋ยเสริมในระยะแรก

ผลของการใช้ตะกอนจุลินทรีย์ในทางเกษตรกรรม

จากการที่ตะกอนจุลินทรีย์มีลักษณะสมบัติที่ประกอบด้วยธาตุอาหาร (N, P, K) ที่จำเป็นต่อพืช จึงทำให้มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยในการนำตะกอนจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรม

Gilmour and Skinner (1999) ได้ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ในการปลูกข้าวฟ่าง (Sorghum Sudan grass) โดยในช่วงระยะเวลา 2 ปี (1996 และ 1997) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์จาก 4 แหล่ง ได้แก่ ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของเมือง Springdale ซึ่งเป็นตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobically digested sludge) ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของเมือง Forth Worth ซึ่งเป็นตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแบบไร้อากาศและปรับสภาพด้วยปูนขาว (Lime stabilized) ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของเมือง Houston ซึ่งเป็นตะกอนที่บำบัดด้วยความร้อน (heat treated) และการทำให้แห้ง (Bagged dry) และ ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของเมือง Trinity River Authority ซึ่งเป็นตะกอนรวมจากระบบย่อยสลายแบบไร้อากาศขั้นที่ 1 และ 2 โดยอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในปี 1996 จากเมือง Springdale, Forth Worth และ Houston เท่ากับ 220, 135 และ 326 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ตามลำดับ ได้ผลผลิตของข้าวฟ่างที่ได้เท่ากับ 8.2, 8.0 และ 6.4 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ สำหรับโดยอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในปี 1996 จากเมือง Springdale, Forth Worth และ Trinity River Authority เท่ากับ 178, 182 และ 312 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ตามลำดับ ได้ผลผลิตของข้าวฟ่างที่ได้เท่ากับ 8.5, 8.0 และ 8.1 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ

Cogger *et al.* (1999) ได้ใช้ตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการรีดน้ำแล้ว (Dewatered biosolids) และทำให้แห้งด้วยความร้อน (Heat-dried biosolids) ในการปลูกหญ้าเป็นอาหารสัตว์ (Forage grasses) โดยทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 ปี (1993 และ 1994) ในพื้นที่ทางตะวันตกของวอชิงตัน ซึ่งมีอัตราการใส่ตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการรีดแล้วในปี 1993 เท่ากับ 276, 551 และ 827 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ให้ปริมาณผลผลิต (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5.0, 6.4 และ 6.4 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนอัตราการใส่ตะกอนน้ำเสียที่ทำให้แห้งด้วยความร้อนในปี 1993 เท่ากับ 311, 622 และ 933 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ให้ปริมาณผลผลิต (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5.4, 6.4 และ 7.4 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนอัตราการใส่ตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการรีดแล้วในปี 1994 เท่ากับ 277, 554 และ 831 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ให้ปริมาณผลผลิต (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 9.5, 13.3 และ 14.7 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนอัตราการใส่ตะกอนน้ำเสียที่ทำให้แห้งด้วยความร้อนในปี 1994 เท่ากับ 311, 622 และ 933 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ให้ปริมาณผลผลิต (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 8.9, 12.5 และ 14.8 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ

Sripanomtanakorn and Polprasert (2001) ได้ทำการศึกษาทดลองโดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ ตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแบบไร้อากาศ และตะกอนจุลินทรีย์จากบ่อเกรอะ (Septic tank sludge) ในการปลูกพืชในประเทศไทย โดยใส่ตะกอนตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ที่อัตรา 0, 4 และ 8 ตัน/เฮกตาร์ หรือเทียบเท่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ 0, 156 และ 312 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ในแปลงทดลองที่ปลูกทานตะวัน และที่อัตรา 0, 15 และ 30 ตัน/เฮกตาร์ หรือเทียบเท่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ 0, 586 และ 1,172 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ในแปลงทดลองที่ปลูกมะเขือเทศ ส่วนตะกอนจุลินทรีย์ชนิด Septic tank sludge ทำการใส่ในอัตรา 0, 2.1 และ 4.2 ตัน/เฮกตาร์ หรือเทียบเท่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ 0, 95 และ 190 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ในแปลงทดลองที่ปลูกทานตะวัน และที่อัตรา 0, 7.7 และ 15 ตัน/เฮกตาร์ หรือเทียบเท่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ 0, 354 และ 708 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ในแปลงทดลองที่ปลูกมะเขือเทศ ผลการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเอาตะกอนจุลินทรีย์มาใช้ในการเจริญเติบโตของพืชทั้งนี้การใช้ตะกอนจุลินทรีย์สามารถให้ปริมาณผลผลิตของเมล็ดทานตะวัน และผลของมะเขือเทศ รวมถึงปริมาณไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้เทียบเท่าหรือมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี

Prasatsrisupab *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาทดลองในภาคสนามที่ พระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี โดยเปรียบเทียบผลของแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนของแอมโมเนียมซัลเฟต และตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว ในการปลูกข้าวโพด ในด้านการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณ

ไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ ผลของการศึกษาพบว่า ตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียสี่พระยาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ โดยจากผลการทดลองในช่วงระยะเวลา 4 ปี ของการใช้ตะกอนน้ำเสีย ปริมาณของผลผลิต ปริมาณน้ำหนักรากแห้งทั้งหมด และปริมาณไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้จากการใช้ตะกอนน้ำเสียดีกว่าผลของการใช้ปุ๋ยเคมี

การผลิตปุ๋ยหมักจากตะกอนจุลินทรีย์

ในการศึกษานี้ทำการหมักปุ๋ยจากตะกอนจุลินทรีย์ ร่วมกับใบไม้แห้ง แบบเดิมอากาศในถังหมักขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และระยะเวลาการบ่มประมาณ 4 สัปดาห์ โดยการหมักต้องมีค่า C/N ratio ที่มีความสมดุลย์ Alexander (1961) เสนอแนะไว้ว่าสารอินทรีย์ควรมีค่าระหว่างร้อยละ 20-40 C/N ratio หรือควรมีค่าประมาณ 25:1 ถ้าสัดส่วนสูงกว่านี้จะทำให้การย่อยสลายใช้เวลานานขึ้น ทำให้สารอาหารของพืชที่ได้จากการหมักชั้นสุดท้ายจะอยู่ในปริมาณต่ำ (ภาวนา, 2528) รวมทั้ง Gotass (1976) ได้รายงานไว้ว่า C/N ratio ที่เหมาะสมมีค่า 30:1 แต่ในทางปฏิบัติยากมากที่จะสรุปถึง C/N ratio ที่เหมาะสม สำหรับวัสดุหมักทุกชนิดเพราะ C/N ratio จะมีค่าตามธรรมชาติของวัสดุหมัก (Gray *et al.*, 1971) ส่วน Polprasert (1980) รายงานว่า C/N ratio ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 30 นอกจากนี้ยังมีผู้วิจัยอีกหลายคนรายงานไว้ว่า C/N ratio ควรอยู่ระหว่าง 26-31 ในขณะที่หลายๆ คนเชื่อว่า C/N ratio มากกว่า 30 จะทำให้สูญเสียไนโตรเจนน้อยลง มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียได้ศึกษาเกี่ยวกับ C/N ratio ของการหมักในระยะเริ่มแรกในช่วง 20-78 พบว่า C/N ratio ที่เหมาะสมเริ่มแรกควรอยู่ในช่วง 30-35 (Gotaas, 1976) และค่าของการหมัก สมบูรณ์ พัทรี (2529) และยงยุทธ (2528) พบว่ามีค่า C/N ratio จะอยู่ประมาณ 10-20 และในส่วนของความชื้นที่เหมาะสมในทางปฏิบัติอยู่ช่วง ร้อยละ 50-70 และในเรื่องการควบคุมอุณหภูมิในการหมัก วรพจน์ (2529) ได้ศึกษาว่าการหมักทำปุ๋ยควรมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 52-58 องศาเซลเซียส แต่ พัทรี (2529) แนะนำว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการหมัก คือ 55 องศาเซลเซียส โดยใน 2-3 วันแรกควรควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 50-55 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นให้อยู่ในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส ส่วนเรื่องค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อแบคทีเรีย (Bacteria) และแอคติโนมัยซีต (Actinomycetes) จะมีค่าระหว่าง 6.0-8.0 โดยที่ตลอดระยะเวลาของการหมักไม่ควรให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 8.5 เพราะจะทำให้สูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (พัทรี, 2529) และในการพิจารณาว่าปุ๋ยมีความสมบูรณ์ได้ต้องมีค่าสัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรต ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) อยู่ระหว่าง 0.5 - 3.0 (California Compost Control, 2001) และค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อยู่ที่ระดับไม่เกิน 20 (พัทรี, 2529)

ลักษณะทั่วไปของพืชที่ใช้ในการศึกษา

ผักบุ้งจีน (Water Convolvulus)

ผักบุ้งจีนเป็นผักที่อยู่ในตระกูล *Convolvulaceae* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea aquatica* Forsk เป็นพืชที่ปลูกกันมากในเขตร้อน ผักบุ้งจีนเป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของต้นและใบ ปลูกง่าย การดูแลรักษาน้อย เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยลักษณะทั่วไป ผักบุ้งจีนเป็นผักที่มีอายุหลายปี (Perennial) ระยะเวลาตั้งแต่หว่านเมล็ดจนถึงการเก็บเกี่ยวประมาณ 25-30 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปี ชอบอุณหภูมิค่อนข้างอบอุ่นและร้อน ผักบุ้งจีนสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด โดยที่ดินควรมีค่า pH 6.2-6.8 ผักบุ้งจีนชอบความชื้นสูง และต้องได้รับแสงแดดเต็มที่ โดยที่มีวิธีการเตรียมดิน และการปลูก ดังนี้ เนื่องจากผักบุ้งเป็นผักที่มีระบบรากตื้น การขุดไถดินลึก 16-20 เซนติเมตร หลังจากการไถดินควรตากดินไว้ 7-10 วัน แล้วใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักคลุกเคล้าดินให้ทั่วแปลง ข่อยดินให้ละเอียด เพื่อให้เกิดความสะดวกในการหว่านภายหลัง และการปลูกผักบุ้งจีนนิยมหว่านกระจายทั่วแปลง หรือบางครั้งอาจใช้โรยเป็นแถว โดยที่การหว่านกระจายเหมาะกับแปลงปลูกทุกแบบ แต่การปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถวเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดเล็ก และจำนวนเมล็ดที่หว่าน ใน 1 ไร่ ใช้เมล็ดประมาณ 13-15 กิโลกรัม หรือ 30 ลิตร ก่อนหว่านเมล็ดควรแช่เมล็ดในน้ำนาน 12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดงอกเร็ว ซึ่งการหว่านเมล็ดควรหว่านให้ทั่วแปลงอย่างสม่ำเสมอให้เมล็ดห่างกันเล็กน้อย แล้วกลบด้วยดินผสมละเอียด หรือปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักหนาประมาณ 1 เซนติเมตร หลังจากปลูกรดน้ำด้วยบัวฝอยละเอียดให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งบางๆ เพื่อช่วยรักษาความชุ่มชื้นในดิน ต้นกล้าจะเริ่มงอกหลังจากหว่านเมล็ด 2-3 วัน ในส่วนของ การดูแลรักษา มีดังนี้ การใส่ปุ๋ย เนื่องจากผักบุ้งจีนเป็นผักกินใบที่มีอายุสั้นมากควรใส่ปุ๋ยในโตรเจน เช่น ยูเรีย ในอัตรา 15-20 กิโลกรัม/ไร่ โดยหว่านปุ๋ยให้กระจายทั่วแปลงแล้วรดน้ำตามทันที การใส่ปุ๋ยควรแบ่งใส่หลายๆ ครั้ง ครั้งแรกใส่เมื่อผักบุ้งเริ่มมีใบจริง (หรืออายุ 5-7 วัน หลังหว่านเมล็ด) และควรให้หลังจากนั้นทุกๆ 3-5 วันโดยละลายกับน้ำที่ใช้รด (ใช้ยูเรีย 10 กรัม ผสมน้ำ 20 ลิตร) ส่วนการให้น้ำ ผักบุ้งจีนชอบดินที่มีความชื้นสูงควรให้น้ำสม่ำเสมอเพียงพอ ถ้าผักบุ้งขาดน้ำจะชะงักการเจริญเติบโต คุณภาพไม่ดีแข็งแรงกระด้าง ส่วนในการพรวนดินกำจัดวัชพืช ไม่จำเป็นเพราะเป็นผักที่มีอายุสั้น และเจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถขึ้นคลุมพื้นที่ได้อย่างหนาแน่น และการเก็บเกี่ยว มีอายุการเก็บเกี่ยวของผักบุ้งประมาณ 25-30 วัน หลังหว่านเมล็ดลงดินการเก็บเกี่ยวใช้มือถอนผักบุ้งจึ้งจากดินโดยตรง ถ้างดดินที่ติดรากออกให้หมดและบรรจุถุงส่งตลาด (อุดม, 2537)

มะเขือเทศ (Tomato)

มะเขือเทศเป็นพืชที่นิยมปลูกกันมาก ซึ่งลักษณะโดยทั่วไปของมะเขือเทศเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล *Solanaceae* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* Mill มะเขือเทศสามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วนที่มีอินทรีย์วัตถุสูง มีการระบายน้ำดี ไม่ขังแฉะ มีค่า pH 6.5-6.8 ในช่วงการเจริญเติบโตควรได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน ฤดูที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต คือ ฤดูหนาว ที่มีอุณหภูมิ 18-24 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้มะเขือเทศแข็งแรงและติดผลดกมาก ส่วนการปลูกมะเขือเทศในฤดูฝนมีปัญหา เนื่องจากความชื้นของอากาศและอุณหภูมิที่สูงทำให้มีผลผลิตต่ำ และเกิดโรคต่างๆ ซึ่งถ้าจำเป็นต้องปลูกควรเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมและมีการดูแลรักษาอย่างดี ซึ่งการเตรียมดิน มีวิธีการดังนี้ การเตรียมแปลงเพาะกล้าให้ขุดไถดินลึกประมาณ 20 เซนติเมตร ตากดินไว้ 5-7 วัน จากนั้นโรยปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก พรวนดินให้ละเอียดกลายเป็นแปลง นอกจากนี้การเพาะอาจใช้กระบะเพาะ โดยการเตรียมแปลงปลูก มีดังนี้ เนื่องจากมะเขือเทศมีระบบรากลึก ควรขุดไถให้ดินลึกประมาณ 30-40 เซนติเมตร ตากดินให้แห้ง 7-10 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักเพื่อปรับปรุงสภาพให้ดินมีอินทรีย์วัตถุสูง และมีการระบายน้ำดี หลังจากนั้นพรวนดินให้มีขนาดเล็ก ส่วนการปลูกต้องมีการเพาะกล้า หลังจากการเตรียมแปลงเพาะแล้วให้ทำร่องเป็นแถวลึกประมาณ 1 เซนติเมตร ห่างกันแถวละ 10 เซนติเมตร โรยเมล็ดลงตามร่อง แล้วกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก หรือดินละเอียดคลุมด้วยหญ้าหรือฟางแห้งและรดน้ำให้ชุ่ม หลังจากเมล็ดงอกเป็นต้นกล้าประมาณ 10 วัน ระยะห่างต้นละประมาณ 1 นิ้ว พออายุได้ 25-30 วัน ต้นสูง 6-7 นิ้ว มีใบจริง 3-4 ใบก็แยกไปปลูกโดยไม่เลือกต้นกล้าที่มีอายุเกิน 35 วัน เพราะแก่เกินไป การย้ายต้นกล้าทำในช่วงอากาศไม่ร้อนหรือเป็นช่วงที่มีอากาศมีครึ้มและการถอนย้ายควรให้มีดินติดรากต้นกล้ามาด้วย ส่วนการปลูก หลังจากการย้ายกล้าทำการปลูกทันที ก่อนปลูกตัดใบล่าง 2 ใบออกเพื่อให้ตั้งตัวเร็ว ตั้งต้นกล้าให้ตรงกลบดินรอบต้นให้แน่นแล้วรดน้ำให้ชุ่ม ในส่วนของ การดูแลรักษา มีดังนี้ การใส่ปุ๋ย ปุ๋ยที่ใส่ในมะเขือเทศในปัจจุบันนิยมใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 โดยใส่ในอัตรา 50-100 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยที่ใส่แบ่งเป็น 2 ครั้ง ครั้งแรกครึ่งหนึ่งใส่รองก้นหลุมก่อนปลูก แล้วพรวนกลบ ครั้งที่ 2 ครึ่งหนึ่งที่เหลือใส่แบบโรยข้างต้นแล้วพรวนกลบ เมื่ออายุ 30-40 วันหลังย้ายปลูก นอกจากนี้ในระยะแรกหลังจากย้ายปลูกได้ 7-10 วัน อาจใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 6-10 กิโลกรัม/ไร่ โรยข้างๆ ต้นเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโต และการให้น้ำโดยปกติจะให้น้ำเวลาเย็นอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ ในเรื่องของการพรวนดินกำจัดวัชพืช ควรพรวนดินเมื่อมะเขือเทศมีอายุ 15, 30 และ 45 วัน หลังจากปลูก นอกจากนี้ควรพรวนดินกลบรอบต้นให้สูงขึ้น เพื่อให้มะเขือเทศงอกรากบริเวณโคนต้นมากช่วยลดการหักล้มได้ และสุดท้าย คือ การเก็บเกี่ยวมะเขือเทศแต่ละพันธุ์มี

อายุการเก็บเกี่ยวไม่เหมือนกัน แต่โดยทั่วไปแล้วมะเขือเทศจะแก่เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 60-75 วัน หลังจากย้ายปลูก การเก็บมะเขือเทศนี้สามารถทยอยเก็บได้ถึง 30 วัน (อุดม, 2537)

หอมแดง (Shallot)

หอมแดงเป็นผักที่บริโภคส่วนของบัลบ์หรือหัว หอมแดงสร้างกลุ่มของบัลบ์ซึ่งแต่ละหัวจะแยกออกจากกันอย่างชัดเจน เชื่อมติดต่อกันเฉพาะที่ฐานของหัวเท่านั้น ปกติเมื่อปลูกจาก 1 หัวสามารถเจริญเติบโตแยกแตกกอออกได้ 2-10 หัว ขึ้นอยู่กับการปลูก การดูแลรักษาและสภาพแวดล้อม หอมแดงมักเก็บรักษาได้ไม่นานประมาณ 6 เดือน จะออกแทงใบอ่อนออกมาบัลบ์จะเริ่มฝ่อแห้งหมด ไม่สามารถใช้ปลูกหรือรับประทานได้อีกต่อไป ซึ่งที่ลักษณะโดยทั่วไปของหอมแดงเป็นพืชตระกูล *Amaryllidaceae* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* Linn. มีถิ่นกำเนิดแถบเอเชียตะวันตก เจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด โดยเฉพาะดินร่วน ที่มีช่วง pH 5.0-6.8 โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 12.7-23.8 องศาเซลเซียส และมีความต้องการความชื้นสูงในช่วงการเจริญเติบโต แต่เมื่อหัวแก่ดินและอากาศต้องแห้ง ควรปลูกในช่วงเดือนตุลาคม-มีนาคม ส่วนการเตรียมดิน มีวิธีการ ดังนี้ แปลงปลูก หอมแดงเป็นผักที่มีระบบรากตื้น ควรขุดไถดินลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินประมาณ 5-7 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักช่วยปรับปรุงสภาพกายภาพ คือ ดินระบายน้ำและอากาศดี อุ้มน้ำพอเหมาะ พรุนย่อยชั้นผิวหน้าดินให้มีขนาดเล็กลง แต่ไม่ถึงกับละเอียดเป็นผงจะทำให้เกิดโอกาสดินอัดแน่นหลังรดน้ำได้มากทำให้รากเจริญไม่ดี ส่วนการปลูกก่อนปลูกรดน้ำแปลงปลูกให้มีความชื้นพอเหมาะไว้ล่วงหน้า นำหัวพันธุ์ที่เตรียมไว้มาดำลึกลงไปดินประมาณครึ่งหัว ให้เป็นแถว มีระยะห่างประมาณ 15-20 เซนติเมตร รดน้ำให้ชุ่ม ดันหอมแดงจะงอกออกมาประมาณ 7-10 วันหลังจากปลูก และในเรื่องของการดูแลรักษา มีดังนี้ การให้ปุ๋ยหอมแดงปลูกเพื่อต้องการหัวหรือบัลบ์ ปุ๋ยที่ใช้ควรมีสัดส่วน ดังนี้ ปริมาณไนโตรเจน 1 ส่วน ฟอสฟอรัส 1-2 ส่วน และโปแตสเซียม 1 ส่วน เช่น ปุ๋ยสูตร 5-10-5, 10-20-10, 15-15-15 เป็นต้น สำหรับใช้ทั่วไป โดยแบ่งใส่เป็นสองครั้ง คือ ครั้งแรกใส่ครึ่งหนึ่งเป็นปุ๋ยรองพื้นตอนปลูกพร้อมพรุนกลบลงดิน ครั้งที่สองใส่ที่เหลือแบบโปรยรอบ ห่างจากต้นประมาณ 7.5 เซนติเมตร แล้วกลบลงดินด้วยความระมัดระวังเมื่ออายุประมาณ 35-40 วันหลังจากปลูก และควรให้เสริมไนโตรเจน เช่น ยูเรีย, แอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 20-25 กิโลกรัม/ไร่ เมื่ออายุประมาณ 14 วันหลังจากปลูก ส่วนการให้น้ำ หอมแดงควรได้รับน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอในช่วงระยะเวลาการเติบโตและแตกกอ และสิ่งสำคัญ คือ การคลุมดินจะช่วยเก็บรักษาความชื้นของดินในแปลงปลูกได้มาก ทำให้ประหยัดน้ำลงได้ และยังช่วยลดอุณหภูมิของผิวดินเป็นผลดีต่อระบบรากและการเจริญ ทั้งยังเป็น

การควบคุมวัชพืชที่เป็นศัตรูตัวสำคัญ การคลุมดินใช้ฟางแห้ง หญ้าแห้ง แกลบหรือวัสดุอื่นใดที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก และใช้สะดวก ส่วนในการกำจัดวัชพืช วัชพืชเป็นปัญหาที่สำคัญของหอมแดง และสุดท้ายคือ การเก็บเกี่ยวโดยปกติอายุการเก็บเกี่ยวของหอมแดงแก่จัดเมื่อมีอายุ 70-110 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ แต่การปลูกนอกฤดู คือในฤดูฝนจะสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อประมาณ 45 วันเท่านั้น โดยหอมแดงที่เริ่มแก่สามารถสังเกตได้จากสีของใบจะเขียวจางลง ปลายใบเริ่มเหลือง และใบมักจะงอออก และเอนล้มลงมากขึ้น และถ้าบีบส่วนของคอ บริเวณโคนใบต่อกับหัวถ้าอ่อนนิ่ม ไม่แข็งแรง แสดงว่าหอมแก่ หลังจากถอนเก็บเกี่ยว ควรตากหอมไว้ที่แปลงก่อนสัก 4-5 แดด แล้วจึงนำมาผึ่งต่อในร่ม เพื่อให้ใบแห้ง จึงทำการคัดขนาดและทำความสะอาด มัดจุกตามต้องการ จากนั้นนำไปแขวนในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่ถูกแสงแดดและฝนหรือน้ำค้าง เพื่อให้หอมแห้งสนิท แล้วจึงนำขายสู่ตลาดต่อไป (เมืองทอง, 2532)