พอลมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการเกิดปัญหามลภาวะในแหล่งน้ำกำลังทวีความสำคัญมากขึ้นเรื่อย ๆ สาเหตุที่สำคัญนั้นสืบเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากร และการขยายตัวของเขตเมือง รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้มีการถ่ายเทน้ำเสียที่ไม่ผ่านขบวนการบำบัดน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงในปริมาณมากจนเกินขีดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะฟอกตัวเองได้ จึงส่งผลกระทบที่มิอาจมองข้ามได้ดังเช่นในอดีตที่ผ่านมาต่อความต้องการใช้น้ำทั้งในรูปของปริมาณและคุณภาพที่จะตอบสนองต่อการอุปโภคและบริโภคของชุมชน ดังนั้นจึงคาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้ การจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียจะเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่งและหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพื่อคงไว้ซึ่งคุณภาพของแหล่งน้ำให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำ

แต่เนื่องด้วยว่าในขบวนการบำบัดน้ำเสียมักจะมีกากตะกอน (Sludge) เกิดขึ้นเสมอ ซึ่งกากตะกอนนี้อาจมาจากขบวนการแยกของแข็งออกจากของเหลว จากการตกตะกอนสารต่าง ๆ ในน้ำเสีย จากปฏิกิริยาทางชีววิทยาซึ่งกากตะกอนจากส่วนนี้เป็นกากตะกอนของพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ นับได้ว่ากากตะกอนเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการบำบัดน้ำเสีย และจะต้องกำจัดให้หมดไปอย่างถูกวิธี เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาต่อเนื่องเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม ด้วยเหตุนี้ถ้ามีการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้นในอนาคตย่อมจะต้องมีปริมาณของกากตะกอนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การกำจัดกากตะกอนที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงด้วย เพื่อเป็นการป้องกันและดำรงรักษาคุณภาพของสภาวะแวดล้อม

เดิมวิธีการกำจัดกากตะกอน คือ นำไปฝังดิน นำไปทิ้งในทะเล และใช้วิธีการเผาเป็นต้น แต่เมื่อพิจารณาสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแล้วพบว่ามีองค์ประกอบเป็นพวกสารอินทรีย์ ซึ่งสามารถใช้เป็นสารอาหารพืชและช่วยปรับปรุงคุณภาพดินได้ แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่า มีธาตุโลหะหนักปะปนอยู่ด้วย จึงทำให้เกิดขีดจำกัดที่จะต้องคำนึงถึงเพื่อที่จะได้รับประโยชน์สูงสุด และมีผลกระทบน้อยที่สุดจากการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์

อนึ่งดินกรดจัด (acid sulfate soil) หรือดินเปรี้ยวจัด (พีเอช 5.0) เป็นสภาพดินที่เป็นปัญหา กล่าวคือ ดินมีความเป็นกรดรุนแรงกว่าดินกรดธรรมดาทั่ว ๆ ไป และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยเฉพาะการขาดแคลนไนโตรเจนและฟอสฟอรัส การแก้ไขและปรับปรุงดินให้เหมาะสมเพื่อการเพาะปลูก ทำได้โดยใช้หลักการเกษตรแผนใหม่ คือ การเติมปูนเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดินให้ลดน้อยลงแล้วใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มสารอาหารให้แก่พืช และอีกวิธีหนึ่ง คือ การเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ก็สามารถปรับสภาพดินกรดให้ปลูกพืชได้ โดยทำให้ความเป็นพิษของอลูมิเนียมและแมงกานีสลดน้อยลง เพราะว่าอินทรียวัตถุสามารถดูดดึงอนุมูลของอลูมิเนียม และแมงกานีสไว้ได้แน่น และในขณะเดียวกันอินทรียวัตถุยังทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นและเป็นแหล่งสำรองของสารอาหารที่สำคัญต่อพืชอีกด้วย

ฉะนั้นการนำกากตะกอนซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ มาใช้ประโยชน์ในการเพื่อความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินกรดเพื่อทำให้เกิดผลผลิตสูงสุด น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม และเป็นไปได้ เพราะการเพิ่มสารอาหารพืชโดยใช้ปุ๋ยเคมีบางชนิด เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต ก็ให้ผลตกค้างของความเป็นกรดเกิดขึ้นในดิน เมื่อใส่ปุ๋ยลงดินติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน และโดยทั่วไปก็จะมีราคาเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

จากหลักการและเหตุผลข้างต้น แนวคิดและแนวทางเกี่ยวกับการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจยิ่ง และน่าที่จะมีการศึกษาในวงกว้างเพื่อนำไปสู่การป้องกันและการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมเนื่องจากการเพิ่มปริมาณของกากตะกอนในอนาคต อีกทั้งยังก่อประโยชน์ให้แก่เกษตรกรอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นกากตะกอนที่นำมาจากถังหมัก (anaerobic digester) และจากถังปฏิกิริยา (aeration tank) ด้วยอัตราเติมและวิธีเติมต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า (Brassica oleracea L. var. alboglabra Bailey) ในดินเปรี้ยวจัด

2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ ในผักคะน้าและในดิน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางเลือกทางหนึ่งของการกำจัดกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

2. ทำให้เกิดแนวทางปฏิบัติ เพื่อทราบความเป็นไปได้จากการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร เกี่ยวกับวิธีการเติมและอัตราเติมที่เหมาะสมที่จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและปลอดภัยจากความเป็นพิษของโลหะหนัก

3. เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่องเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม

การสำรวจเอกสาร

1. แหล่งกำเนิดของกากตะกอน

ในขบวนการบำบัดน้ำเสียมักจะมีกากตะกอนเกิดขึ้นเสมอ กากตะกอนที่เกิดขึ้นนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กากตะกอนที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น กากตะกอนที่เกิดจากขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานซุบโลหะ และกากตะกอนที่เป็นสารอินทรีย์ ได้แก่ กากตะกอนที่เกิดจากขบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยา เช่น ระบบแอคติเวเตดสลัดจ์ (activated sludge) ระบบทริกกลิงฟิลเตอร์ (trickling filter) ระบบไบโอโลจิเคิลดิสค์ (Biological discs) และระบบถังหมัก (anaerobic digester) เป็นต้น กากตะกอนสารอินทรีย์เหล่านี้เป็นพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ และถือว่าเป็นของเสียที่ยังมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก มีกลิ่นเหม็นและสามารถเน่าสลายต่อไปได้อีก จึงต้องนำไปกำจัดด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ตามระบบบำบัดกากตะกอน ซึ่งเป็นระบบที่สำคัญส่วนหนึ่งของระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อทำให้กากตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์ลดน้อยลง และอยู่ในรูปคงตัว ไม่เน่าเหม็น เมื่อกากตะกอนผ่านระบบบำบัดกากตะกอนแล้ว ในขั้นสุดท้ายจึงนำกากตะกอนไปกำจัดต่อโดยวิธีการต่าง ๆ อีก เช่น นำไปทิ้งในมหาสมุทร การใช้วิธีเผา การนำไปฝังดิน การนำไปใช้เป็นปุ๋ยหรือปรับปรุงคุณภาพดิน (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518; Clark et al., 1977)

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

องค์ประกอบ	ปริมาณความเข้มข้นในกากตะกอนจากแหล่งกำเนิด				
	A	B	C	D	E
อินทรีย์คาร์บอน (%)	27.6	-	21.5	33.4	33.7
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	5.0	3.64	5.3	4.7	5.9
แอมโมเนี่ยมไนโตรเจน (มก./กก.)	9400	-	-	-	-
ไนเตรตไนโตรเจน (มก./กก.)	520	-	-	-	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	3.3	3.34	4.6	-	-
โปตัสเซียม (%)	0.52	0.47	0.06	-	-
โซเดียม (%)	0.70	-			
เหล็ก (%)	1.6	1.25			
อลูมิเนียม (%)	1.7	7780 (มก./กก.)			
แมงกานีส (มก./กก.)	400	10			
ทองแดง (มก./กก.)	1420	40			
สังกะสี (มก./กก.)	3380	490			
ตะกั่ว (มก./กก.)	1640	400			
แคดเมี่ยม (มก./กก.)	106	-			
นิเกิล (มก./กก.)	400	11			
โครเมี่ยม (มก./กก.)	2070	27			
ปรอท (มก./กก.)	1100	-			

A : กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชน (Sommer, 1977)

B : กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตน้ำอัดลม (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2522)

C : กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล (นิตยา มหาผล และคณะ, 2527)

D&E : กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเบียร์และโรงงานผลิตสุราตามลำดับ (จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และคณะ, 2527)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอน

องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนประกอบไปด้วยสารหลายชนิด ทั้งสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ แต่องค์ประกอบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ ในองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนจะมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ประมาณร้อยละ 5 และ 3.3 ตามลำดับ ส่วนโปตัสเซียมมีอยู่ในปริมาณน้อย ประมาณร้อยละ 0.52 นอกจากนี้ยังประกอบด้วยจุลธาตุอาหารและโลหะหนักอีกด้วย สำหรับปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจะมีความผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย ลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำเสีย เป็นต้น (Sommer, 1977) ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 1

3. การนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์

การกำจัดกากตะกอนในขั้นสุดท้ายด้วยวิธีการเผาทิ้ง การนำไปฝังดิน หรือการขนไปทิ้งในทะเลหรือมหาสมุทรนั้น มักจะก่อปัญหาสภาวะแวดล้อมต่อเนื่องขึ้น เช่น การใช้วิธีเผาทิ้งอาจก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศจากฝุ่นขี้เถ้าและควันจากปล่องควันไฟ ส่วนการนำไปทิ้งในทะเลก็ถูกวิจารณ์ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของมลภาวะทางทะเลเช่นกัน สำหรับการฝังดินนั้นก็มีความลำบากในการหาบริเวณพื้นดินที่เหมาะสมที่จะฝังกากตะกอน เพราะว่าการเพิ่มจำนวนประชากร การขยายเขตเมือง ทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินในแง่ต่าง ๆ มีขีดจำกัด

จากทางเลือกในวิธีการกำจัดกากตะกอนที่จำกัดลงเรื่อย ๆ ประกอบกับแนวคิดเรื่องการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์อีกนั้น อาจกล่าวได้ว่าเป็นการแก้ไขปัญหาสภาวะแวดล้อมที่สามารถมองเห็นกำไรจากการลงทุน จึงทำให้เกิดมีการพัฒนาวิธีการและความเหมาะสมของการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม ในส่วนหนึ่งของทางเลือกในการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรนั้น เนื่องมาจากเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำและปริมาณกากตะกอนที่ต้องกำจัดให้หมดมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากกฎหมายอีกด้วย เช่น Federal Legislation Enactment of the Federal Water Pollution Control Act Amendments of 1972 (PL 92-500) ซึ่งบัญญัติเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยจากการกำจัดมลสารที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดมลภาวะ (Follett et al., 1981; Loehr et al., 1979)

ในประเทศสหรัฐอเมริกา การนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์เริ่มมานานหลายปีแล้ว โดยมีการผลิตกากตะกอนแห้งออกจำหน่ายในรูปของปุ๋ย เช่น ที่เมืองชิคาโค รัฐอิลลินอย เป็นต้น (Petterson et al., 1971) และในปี ค.ศ. 1976 มีการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชนและจากกิจกรรมอื่น ๆ ปริมาณประมาณ 102,503 เมตริกตัน จาก 50 รัฐ ในประเทศสหรัฐอเมริกามาใช้เป็นปุ๋ย และอินทรียวัตถุสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน (Follett et al., 1981)

ในประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์บ้างแล้ว แต่กากตะกอนที่นำมาใช้ประโยชน์เป็นกากตะกอนจากกิจกรรมอุตสาหกรรม เช่น กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตผงชูรส (อิทธิสุนทร นันธกิจ, 2522) กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเบียร์ (จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และคณะ, 2522) เป็นต้น นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2527 นิตยา มหาผล และคณะ ได้ศึกษาองค์ประกอบเคมีของกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชลบุรี เพื่อหาแนวโน้มในการนำกากตะกอนมาใช้เป็นปุ๋ย และกล่าวว่ากากตะกอนจัดเป็นปุ๋ยสูตรต่ำ เมื่อเปรียบเทียบเกรดปุ๋ยโดยใช้ระดับสูตรปุ๋ยเป็นเกณฑ์ คือ มีค่าอัตราส่วนไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โปตัสเซียม เป็น 5.3 : 4.6 : 0.06

4. ศักยภาพของกากตะกอนในการนำมาใช้เป็นปุ๋ย

Whitehead (1963) กล่าวว่าขณะที่อินทรียวัตถุในดินสลายตัว พวกธาตุอาหารต่าง ๆ จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ และจุลธาตุอาหารต่าง ๆ ไนโตรเจนในรูปอินทรีย์มักจะถูกดูดดึงไปใช้โดยพืชได้ง่าย จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนในดินลดลง ดังนั้นการเพิ่มหรือการเติมอินทรียวัตถุลงดิน จึงเป็นการเพิ่มแหล่งปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่ดิน และในขณะเดียวกันเมื่ออินทรียวัตถุเกิดการสลายตัวจะเกิดกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการสลายตัวของแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินด้วย เมื่อไรก็ตามที่มีการเติมอินทรียวัตถุลงดิน ไนโตรเจนในอินทรียวัตถุนั้น อาจจะถูกย่อยสลายและถูกเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์โดยพวกจุลินทรีย์ (mineralization) ซึ่งทำให้เกิดไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชทันที หรือในบางกรณีไนโตรเจนในอินทรียวัตถุนั้นอาจถูกทำให้เปลี่ยนรูปจากสารอนินทรีย์ไปเป็นสารอินทรีย์โดยพวกจุลินทรีย์ก่อน (immobilization) ซึ่งถ้าเกิดเหตุการณ์หลังขึ้นก่อนจะทำให้เกิดการขาดแคลนไนโตรเจนที่เป็น

ประโยชน์ต่อพืชได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การพิจารณาว่า อินทรียวัตถุใดเมื่อเติมลงดินแล้วจะทำให้เกิดไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทันที หรือจะทำให้เกิดการขาดแคลนไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในช่วงระยะเวลาหนึ่งหลังการเติมอินทรียวัตถุนั้นลงดิน พิจารณาได้จากอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) คือ ถ้าอินทรียวัตถุใดมีไนโตรเจนต่ำ หรืออัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่า 10:1 จะทำให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุนั้นเป็นไปได้ช้า หรือก่อให้เกิดมีการดูดดึงไนโตรเจนจากดินมาใช้ (nitrogen immobilization) ซึ่งมีผลทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง การสลายตัวของอินทรียวัตถุจะเป็นไปได้ดีต่อเมื่ออินทรียวัตถุนั้นมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ประมาณ 10:1 หรือต่ำกว่า 10:1 และที่อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 30:1 ถือว่าเป็นค่าขีดจำกัดสูงที่สุดที่อินทรียวัตถุนั้น ยังจะสามารถเกิดขบวนการเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์สารโดยจุลินทรีย์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523; Follett et al., 1981)

โดยทั่วไปกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชนและอื่น ๆ จะมีสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนประมาณร้อยละ 30-50 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดประมาณร้อยละ 2.5-5.0 ซึ่งเมื่อคิดเป็นอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน จะมีค่าประมาณ 10-12 : 1 จึงทำให้สามารถเติมกากตะกอนลงดิน ไม่ว่าจะเป็นวิธีเติมแบบผสมคลุกเคล้ากับดินหรือโรยบนผิวดิน แล้วปลูกพืชตามได้ทันที โดยปราศจากการเกิดการขาดแคลนไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Follett et al., 1981)

จากการทดลองของ Kelling และคณะ (1977a) กล่าวว่าการเติมกากตะกอนลงดินด้วยอัตราเติม 3.75-60 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน อินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอย่างมีนัยสำคัญ และสารอินทรีย์ไนโตรเจนในกากตะกอนจะสลายตัวเกิดขบวนการเปลี่ยนแปลงอินทรียสารเป็นอนินทรียสารโดยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว โดยปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในกากตะกอนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะแปรสภาพเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนภายใน 3 สัปดาห์หลังจากมีการเติมกากตะกอนลงดิน นอกจากนี้ Epstein และคณะ (1976) ยังรายงานว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในดิน จากการเติมกากตะกอน จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในดินในช่วงระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

5. ผลของการใช้ประโยชน์กากตะกอนต่อผลผลิตของพืช

กากตะกอนเป็นปุ๋ยที่ดี (Hinesly และ Sosewitz, 1969) ในกากตะกอนนอกจากมีองค์ประกอบเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแล้ว ยังมีองค์ประกอบที่เป็นพวกแร่ธาตุต่าง ๆ อีกหลายชนิด โดยเฉพาะโลหะหนัก ซึ่งจัดเป็นมลสารที่สามารถทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในดินและในพืชได้ (Page, 1974) และเนื่องจากมีความผันแปรของปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ ที่ปะปนในกากตะกอนที่มาจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน Sommer และคณะ (1976) จึงระบุว่าควรทำการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนก่อนที่จะมีการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร ในทำนองเดียวกัน CAST (1976) แนะนำว่ากากตะกอนสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้อย่างปลอดภัย ถ้าหากมีการวางแผนที่ดีเกี่ยวกับอัตราเติมกากตะกอนที่เหมาะสม ระดับพีเอชในดิน และชนิดของพืชที่จะปลูก

การนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม โดยทั่ว ๆ ไป ผลผลิตของพืชจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราเติมกากตะกอน จนถึงอัตราเติมที่สูงระดับหนึ่ง ผลผลิตของพืชจะลดลง ซึ่งอัตราเติมนี้มีความผันแปรขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอน ชนิดของดินและพืช เช่น หญ้าเฟสคิว (fascue) และหญ้าอัลฟอลฟา (alfalfa) สามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตอบสนองต่อการเพิ่มอัตราเติมกากตะกอนจนถึงอัตราเติม 627 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ได้ (Stucky และ Newman, 1977) แต่ข้าวโพดและข้าวไรย์ ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นจนให้ผลผลิตสูงสุด เมื่อใช้อัตราเติมกากตะกอน 125 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ และผลผลิตลดลงเมื่ออัตราเติมกากตะกอนเป็น 502 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ (Cunningham et al., 1975) สำหรับพืชจำพวกผัก เช่น แครอท ผักกาดหอม (lettuce) ถั่ว มันฝรั่ง หัวผักกาด ข้าวโพดหวาน และมันฝรั่ง Dowdy และ Larson (1975) พบว่าผลจากการเติมกากตะกอนไม่ก่อให้เกิดผลกระทบร้ายแรงอย่างใดต่อการเจริญเติบโตของพืชผักเหล่านี้ และไม่มีอาการของความไม่สมดุลย์ทางสรีระวิทยาของพืชปรากฏให้เห็น และยังรายงานว่าผลผลิตมันฝรั่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงอัตราเติมกากตะกอน 450 เมตริกตันต่อเฮกตาร์

6. ผลกระทบของโลหะหนักที่ปนในกากตะกอน

เนื่องจากมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในกากตะกอนในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณของโลหะหนักที่พบในดินทั่ว ๆ ไป ถ้าหากมีการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรมโดย

ไม่พิจารณาให้รอบคอบ อาจมีผลทำให้ผลผลิตลดลง และ/หรืออาจนำอันตรายมาสู่มนุษย์ในลักษณะทวีความเป็นพิษ (Biomagnification) โดยผ่านระบบลูกโซ่อาหาร เนื่องจากเกิดการสะสมของโลหะหนักอย่างมาก ในส่วนของพืชที่นำมาใช้รับประทานได้ (Baxter et al., 1983)

การนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรจะทำให้ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Page, 1974) และความเข้มข้นของโลหะหนัก สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) นิเกิล (Ni) แคดเมี่ยม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) ในดินจะเพิ่มขึ้นอย่างมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราเติมกากตะกอน (Robertson et al., 1982; Baxter et al., 1983) อนึ่งผลจากการเติมกากตะกอนลงในดินกรด (พีเอช 4.2) และดินด่าง (พีเอช 7.6) จะพบว่าความเข้มข้นของแคดเมี่ยม นิเกิล และสังกะสี จากสารละลายดินกรด เพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มปริมาณกากตะกอนที่เติมลงดิน จนถึงอัตราเติม 160 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ และความเข้มข้นของโลหะหนักจากสารละลายดินกรดยังมีค่ามากกว่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่มาจากสารละลายดินด่างด้วย (Hyde et al., 1979) นอกจากนี้กากตะกอนยังสามารถทำให้ค่าพีเอชดินลดต่ำลงด้วย ซึ่งมีผลทำให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในดินในรูปของอิออนที่สามารถแลกเปลี่ยนประจุได้ และอิออนที่ละลายน้ำได้ รวมทั้งความเข้มข้นของสังกะสีในดินในรูปของอิออนที่สามารถแลกเปลี่ยนประจุได้เพิ่มมากขึ้น (King และ Morris, 1972b)

การลดลงของค่าพีเอชดิน หลังจากเติมกากตะกอน มีผลเนื่องมาจากการเกิดขบวนการเปลี่ยนเป็นไนเตรต (nitrification) และการเกิดกรดอินทรีย์ จึงทำให้เกิดการยอมรับทั่ว ๆ ไปว่า ดินที่มีการเติมกากตะกอนควรจะต้องมีการปรับสภาพดินให้มีค่าพีเอช 6.5 หรือสูงกว่า (King และ Morris, 1972b; Cunningham et al., 1975)

ผลกระทบการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรต่อปริมาณโลหะหนักในพืช พบว่าปริมาณโลหะหนักในข้าวโพดและข้าวไรย์ มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราเติมกากตะกอน ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในต้นข้าวโพดและข้าวไรย์ ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในพืชที่ปลูกในแปลงควบคุม (control) มีความเข้มข้นของแคดเมี่ยม 0.4 มก./กก. ทองแดงมีปริมาณ 7.4 มก./กก. แมงกานีส 33 มก./กก. นิเกิล 1.7 มก./กก. และสังกะสี 38 มก./กก. และจากแปลงที่เติมกากตะกอนด้วยอัตราเติม 502 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ ค่าเฉลี่ย ของปริมาณโลหะหนักมีความเข้มข้นของแคดเมี่ยม 5 มก./กก. ทองแดง

23 มก./กก. แมงกานีส 346 กม./กก. นิเกิล 16 มก./กก. สังกะสี 289 มก./กก. กากตะกอนจากแหล่งกำเนิดต่างกันก็มีผลทำให้ปริมาณโลหะหนักในพืชต่างกันอย่างนัยสำคัญด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าโลหะหนักสังกะสีและทองแดง แสดงความเป็นพิษต่อพืช โดยทำให้ผลผลิตของพืชลดลงด้วย (Cunningham et al., 1975)

จากการศึกษาของ King และ Morris (1972a, 1972b) กล่าวว่าปริมาณความเข้มข้นสูงของสังกะสีและทองแดงอาจเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตของข้าวไรย์ลดลง แต่ขณะเดียวกันปริมาณสังกะสีที่เข้มข้นเท่าเดิมนี้กลับไม่สามารถทำให้ผลผลิตของหญ้าเบอร์มิวด้าลดลงได้

อนึ่งในระหว่างความแตกต่างของวิธีการเติมกากตะกอนแบบผสมคลุกเคล้ากับดินกับวิธีโรยบนผิวดินนั้น ได้ผลลัพธ์ว่าโดยทั่วไปการเติมกากตะกอนแบบโรยบนผิวดินจะทำให้ปริมาณความเข้มข้นของนิเกิลในหญ้าเฟสคิว (fescue) มีค่ามากกว่าการเติมกากตะกอนแบบผสมคลุก-เคล้ากับดิน (King, 1981)

การดูดดึงโลหะหนักเข้าไปสะสมในพืชในส่วนที่สามารถนำไปรับประทานได้จะเป็นทางผ่านโดยตรงของโลหะหนักที่จะเข้าไปสู่มนุษย์ที่บริโภคพืชนั้น Dowdy และ Larson (1975) ได้ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในพืชผักที่ปลูกบนดินที่เติมกากตะกอน กล่าวว่า ในระหว่างพืชผักต่าง ๆ กันหลายชนิดนั้น ผักกาดหอม (lettuce) จะเป็นผักที่มีการดูดดึงปริมาณโลหะหนักเข้าไปสะสมตัวเองมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่เติมกากตะกอนกับการเติมกากตะกอนด้วยอัตราเติม 450 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ พบว่าปริมาณโลหะหนักที่เพิ่มขึ้นในผักกาดหอมมีดังนี้ คือ สังกะสีเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า ทองแดงเพิ่มขึ้น 7 เท่า และแคดเมี่ยมเพิ่มขึ้น 4 เท่า แต่จากการศึกษาของ Schauer และคณะ (1980) กล่าวว่า การนำกากตะกอนมาใช้ปลูกพืชจำพวกผัก โดยทั่ว ๆ ไปไม่ทำให้ปริมาณแคดเมี่ยม และทองแดงในพืชเพิ่มขึ้น ยกเว้น ผักกาดหอมจะมีปริมาณแคดเมี่ยมเพิ่มขึ้นและมะเขือเทศจะมีปริมาณทองแดงเพิ่มขึ้น โลหะสังกะสีและนิเกิล จะเป็นโลหะหนักที่พืชจำพวกผักสามารถดูดดึงเข้าไปสะสมในตัวมันเองเพิ่มปริมาณตามการเพิ่มอัตราเติมกากตะกอน

7. ข้อควรคำนึงในการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์

ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ คือ ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ปนอยู่และสามารถปลดปล่อยออกมาจากกากตะกอน เพราะปริมาณไนโตรเจนจำนวนมาก เมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาในลักษณะชักนำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและวัชพืชน้ำมากเกินไปในแหล่งน้ำ และเพิ่มปริมาณสารละลายไนเตรตในน้ำใต้ดิน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กทารก หรืออาจเป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงได้ ซึ่งมาตรฐานน้ำดื่มกำหนดให้มีการปนของปริมาณไนเตรตไนโตรเจนได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่ง คือ โลหะหนัก เพราะว่าในกากตะกอนจะมีโลหะหนักปนอยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรจึงเหมือนกับเป็นการเพิ่มปริมาณโลหะหนักให้แก่ดิน และถ้ามีปริมาณโลหะหนักสะสมในดินมากเกินไปอาจทำให้เกิดความเป็นพิษของโลหะหนักต่อดินและพืช และ/หรือเกิดความเป็นพิษต่อเนื่องไปยังมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคพืชนั้นด้วย

ดังนั้นปัจจัยที่กล่าวข้างต้นจะต้องนำมาใช้พิจารณาหาแนวทางที่เหมาะสมในเรื่องเกี่ยวกับอัตราเติมกากตะกอนร่วมกับชนิดและค่าพีเอชของดิน ชนิดของพืช เมื่อมีการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร เพื่อทำให้เกิดผลผลิตของพืชสูงสุดโดยไม่มีการสะสมของโลหะหนักในดินมากจนเกิดความเป็นพิษต่อพืช อีกทั้งปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงขึ้นไปสะสมนั้น แม้ว่าจะยังไม่ถึงระดับที่ก่อให้เกิดอาการของความเป็นพิษจากโลหะหนักได้ แต่ก็จะต้องอยู่ในระดับที่ไม่อาจชักนำอันตรายมาสู่มนุษย์และสัตว์ตามระบบลูกโซ่อาหาร ฉะนั้นการวิจัยเกี่ยวกับการนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ จึงมักมุ่งไปที่อัตราเติมกากตะกอนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากความเป็นพิษของโลหะหนัก (King และ Morris, 1972a, 1972b; Dowdy และ Larson, 1975; Kelling et al., 1977)

ความสนใจเกี่ยวกับโลหะหนักจะมุ่งไปที่ สังกะสี ทองแดง และนิเกิล ซึ่งเป็นโลหะที่สามารถทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (phytotoxic) และแคดเมี่ยม ซึ่งเป็นโลหะที่สามารถสะสมในพืชจนมีปริมาณที่อาจทำอันตรายต่อคนและสัตว์ที่บริโภคพืชนั้น ซึ่งในตารางที่ 2

จะแสดงให้เห็นว่าโลหะหนักใดบ้างที่แสดงพฤติกรรมว่าเป็นสารที่จำเป็นต่อพืชและสัตว์ และ/หรือ สามารถแสดงความเป็นพิษต่อพืชและสัตว์

ตารางที่ 2 พฤติกรรมของโลหะหนักบางชนิดต่อพืชและสัตว์ (Loehr et al., 1981)

ชนิด โลหะหนัก	พฤติกรรมที่แสดงว่าเป็นสารที่จำเป็นหรือมีประโยชน์		พฤติกรรมแสดงความเป็นพิษ	
	พืช	สัตว์	พืช	สัตว์
อลูมิเนียม	ไม่	ไม่	pH < 5.5*	-
เหล็ก	เป็น	เป็น	pH < 5*	-
แมงกานีส	เป็น	เป็น	pH < 5*	-
สังกะสี	เป็น	เป็น	เป็น	-
ทองแดง	เป็น	เป็น	เป็น	10-20 ppm**
นิเกิล	ไม่	อาจจะ	เป็น	เป็นไปได้
แคดเมี่ยม	ไม่	ไม่	เป็น	เป็น
ตะกั่ว	ไม่	ไม่	-	เป็น
โครเมี่ยม	ไม่	เป็น	-	-
ปรอท	ไม่	ไม่	-	เป็น

* เกิดความเป็นพิษในดินกรด

** ความเข้มข้นในส่วนของพืชแห้งซึ่งอาจจะเป็นพิษต่อสัตว์ที่บริโภคพืชนั้น