หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการกำจัดน้ำทิ้งโดยทั่วไป มักจะมีกากตะกอนเกิดขึ้นด้วยเสมอ กากตะกอนที่เกิดขึ้นนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. กากตะกอนที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น กากตะกอนที่เกิดจากการกำจัดน้ำทิ้งของโรงงานชุบโลหะ

2. กากตะกอนที่เป็นสารอินทรีย์ ได้แก่กากตะกอนที่เกิดจากการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยา เช่น ระบบ trickling filters, ระบบ activated sludge, ระบบ anaerobic digestion, ระบบ anaerobic lagoon และระบบ bio-disc เป็นต้น (เสริมพลและไชยยุทธ, 2518)

อาจกล่าวได้ว่า กากตะกอนนี้เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการกำจัดน้ำทิ้ง กากตะกอนต้องถูกกำจัดออกจากโรงบำบัดสภาพน้ำ (treatment plant) และมีทางเลือกหลายทางที่จะกำจัด เช่น เผาทิ้ง ถมทะเล ถมที่ หรือนำมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ ทางการเกษตร

2.1 การนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายด้านการพลังงานและการระมัดระวังด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้การกำจัดกากตะกอนโดยนำมาใช้ประโยชน์ต่อพื้นที่เกษตรกรรมเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีประโยชน์ที่จะใช้เป็นปุ๋ยและ/หรือปรับสภาพดิน รวมทั้งเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการกำจัดแบบอื่น (Webber et al., 1984)

กากตะกอนสามารถใช้เป็นประโยชน์ทางการเกษตรได้ เพราะ โดยทั่วไปกากตะกอนเหล่านี้จะประกอบด้วยธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นประโยชน์ต่อดินและพืช (ดำริ, 2520; Hinsley et al., 1972; Thompson, 1975) มีการทดลองที่รายงานถึงประสิทธิภาพของกากตะกอนในการช่วยส่งเสริมการเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืช ทั้งการปลูกในกระถางภายใน

เรือนทดลอง และการปลูกในพื้นที่ไร่นาจริงหลายแห่ง (Cunningham et al., 1975a; Kelling et al., 1977; Magdoff et al., 1980; Sheaffer et al., 1979a)

คุณค่าของกากตะกอนที่จะใช้เป็นปุ๋ยและ/หรือปรับสภาพดินขึ้นกับแหล่งที่มาและกระบวนการบำบัดที่กระทำมาก่อน กากตะกอนจากแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรมจำเป็นต้องผ่านกระบวนการบำบัดก่อนนำไปใช้ใส่ลงดิน (Atalay and Blanchar, 1984)

การใช้กากตะกอน มักมุ่งในแง่ของปุ๋ยที่ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชอย่างช้า ๆ โดยที่กากตะกอนจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้กับดินและพืช (Goring and Hanaker, 1972)

การสลายตัวของกากตะกอน และการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สมบัติของดิน ความชื้น อุณหภูมิ อัตราการใส่ วิธีการใส่และเวลา รวมทั้งองค์ประกอบของกากตะกอนเองด้วย (Guidi and Hall, 1984; Miller, 1974)

การพิจารณาความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนต่อดินและพืชต่าง ๆ มักพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปตัสเซียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ทันที การปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปนี้จะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเวลาถ้าใส่ในอัตราต่ำ แต่ถ้าใส่ในอัตราสูง (เกิน 2%) พบว่าช่วงแรกจะมีการปลดปล่อยไนโตรเจนน้อย เพราะเกิดการหยุดชะงักของกิจกรรมจุลินทรีย์เนื่องมาจากความเป็นพิษของสารบางอย่างที่เกิดขึ้น แต่เมื่อพ้นช่วงนี้ไป การสลายตัวจะเร็วขึ้น และอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจะสูงกว่าการใส่ในอัตราต่ำ (Premi and Cornfield, 1971)

การศึกษาตัวอย่างกากตะกอนมากกว่า 250 ชนิด จากโรงกำจัดน้ำเสีย 150 แห่ง (Sommers, 1977) พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุบางชนิดมีค่าดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 : ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุบางชนิดในกากตะกอน (Sommers,1977)

ชนิดของธาตุ	ชนิดของกากตะกอน			ค่าเฉลี่ย
	Anaerobic	Aerobic	อื่น ๆ	
	%			
N	4.2	4.8	1.8	3.3
P	3.0	2.7	1.0	2.3
K	0.3	0.4	0.2	0.3
Al	0.5	0.4	0.1	0.4
Ca	4.9	3.0	3.4	3.9
Fe	1.2	1.0	0.1	1.1
Mg	0.5	0.4	0.4	0.4
Na	0.7	0.8	0.1	0.2
	ppm.			
Cd	16	16	14	16
Cr	1,350	260	640	890
Cu	1,000	970	390	850
Mn	280	340	118	260
Ni	85	31	118	82
Pb	540	300	620	500
Zn	1,890	1,800	1,100	1,740

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (essential element) มีอยู่ในระดับที่สามารถก่อให้เกิดประโยชน์แก่พืชได้ เช่น มีไนโตรเจนโดยเฉลี่ยถึง 3.3% แต่ในขณะเดียวกัน ปริมาณของธาตุที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เช่น แคดเมียม ตะกั่วและนิเกิล ซึ่งจัดเป็นพวกธาตุในกลุ่มโลหะหนัก (heavy metal) ก็มีอยู่ในระดับที่มีแนวโน้มจะก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพได้ หากมิได้คำนึงถึงปริมาณและอัตราการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม

เมื่อกล่าวถึงโลหะหนักจะหมายถึงโลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น ตะกั่ว โคบอลท์ แคดเมียม สังกะสี นิเกิล แมงกานีส ทองแดง เป็นต้น ปัญหาของสารเหล่านี้ในสิ่งแวดล้อม คือการที่โลหะไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีววิทยาและเคมีตามธรรมชาติ สารประกอบที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบสามารถเปลี่ยนรูปได้ ในขณะที่โลหะนั้นยังคงปรากฏอยู่ ความคงตัวของโลหะทำให้สามารถเกิดการเคลื่อนย้ายไปได้เป็นระยะทางไกล ๆ ทั้งทางอากาศและน้ำ รวมทั้งเกิดการสะสมในดิน

ปัญหาสำคัญที่สุด คือ สภาพการที่โลหะสามารถทวีความเป็นพิษได้เมื่อเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร โดยที่ระดับของโลหะในสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารจะมีค่าสูงกว่าค่าที่พบในอากาศ ดินและน้ำหลายเท่า ค่าเหล่านี้จะมีค่าสูงขึ้นตามระดับชั้นของอาหาร (trophic level) ในห่วงโซ่อาหาร ทำให้พืชและสัตว์บางชนิดอาจเป็นพิษต่อสุขภาพของมนุษย์เมื่อนำมาใช้บริโภค (Stoker and Seager, 1976)

การใช้กากตะกอนเพื่อเป็นปุ๋ยจึงมีทั้งผลดีและผลเสียต่อพืช ขึ้นกับสมบัติของกากตะกอนและอัตราที่ใช้ด้วย การใช้ในอัตราที่สูงเกินไปจะเกิดผลเสียต่อพืชได้ เช่น โดยทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ของธาตุอาหารพืช เกิดความเป็นพิษต่อพืช หรือเกิดการสะสมของเกลือและสารพิษจากกากตะกอน ซึ่งจะถ่ายทอดเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ต่อ ๆ ไป (Chaney, 1983)

กากตะกอนจากพื้นที่อุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน มักจะมีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ ซึ่งอาจจะลดผลผลิตของพืชลงได้ หรืออาจเป็นผลให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืช โดยปราศจากการลดลงของผลผลิต (King and Morris, 1972a; 1972b; Mays et al., 1973)

เมื่อพิจารณาถึงการใช้น้ำในชุมชน น้ำประปาที่แจกจ่ายในชุมชนจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีโอกาสได้รับโลหะจากแหล่งต่าง ๆ มากมาย เช่น การชะล้างผ่านดิน หิน และตะกอนตามธรรมชาติ การปล่อยน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมหรือเทศบาล เป็นต้น กระบวนการปรับสภาพน้ำก็สามารถเพิ่มโลหะหนักในน้ำได้ เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ปรับสภาพต่าง ๆ นั้น มีสารเจือปน (impurities) ปนอยู่ นอกจากนี้ ระบบการจ่ายน้ำประปาเองอาจทำให้มีการเติมโลหะหนักได้ เช่น จากการสึกกร่อนของท่อประปา เป็นต้น

อาหาร ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ รวมทั้งสินค้าที่ใช้ในบ้าน จะมีสารหรือแร่ธาตุต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบหลายชนิด เมื่อมีการใช้งาน การเตรียมและปรุงอาหาร การล้างทำความสะอาด จะมีน้ำทิ้งออกไปจากอาคารบ้านเรือน และทำให้น้ำทิ้งมีสารเจือปนหลายชนิด ซึ่งรวมทั้งโลหะหนักด้วย (U.S. Depart. of Commerce, 1979)

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ก็เช่นเดียวกัน สัตว์แต่ละตัวจะมีสารและแร่ธาตุเป็นส่วนประกอบของร่างกายหลายชนิด เช่น กระดูกสัตว์มีองค์ประกอบทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร โดยที่ส่วนของอนินทรีย์สารนี้มีทั้งแคลเซียม ฟอสฟอรัส รวมทั้งธาตุปริมาณน้อย ๆ เช่น ทองแดง โคบอลท์ เหล็ก สังกะสี และแมงกานีส เป็นต้น (FAO, 1962)

การใช้ยาบางชนิดเพื่อเร่งการเติบโตของสัตว์ เช่น ยาจำพวกคอปเปอร์ซัลเฟต ก็มีส่วนทำให้ของเสียที่ออกมาจากตัวสัตว์มีธาตุพวกโลหะหนักเจือปนได้ (Purves, 1977)

ในส่วนของกระบวนการปรับสภาพน้ำทิ้งของโรงฆ่าสัตว์เอง ที่มีการเติมสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารส้ม ปูนขาว โซดาไฟ ก็สามารถเป็นที่มาของสารเจือปนในกากตะกอนจากโรงฆ่าสัตว์ได้

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า โลหะหนักสามารถเข้ามาเจือปนทั้งในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ได้ เนื่องจากการใช้น้ำเพื่อชะล้างทำความสะอาดสิ่งต่าง ๆ เมื่อมีน้ำทิ้งออกสู่ทางระบายน้ำจึงมีสารเจือปนได้มากมาย ประกอบกับเมื่อเข้าสู่ระบบปรับสภาพน้ำทิ้งซึ่งมีการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไป จึงเป็นสาเหตุให้กากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียนั้นมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้น ในการศึกษาถึงผลของกากตะกอนเมื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงต้องคำนึงถึงโลหะหนักที่เจือปนอยู่ในกากตะกอนเหล่านี้ด้วย

นอกจากปัญหาความเป็นพิษของโลหะหนักต่อพืชรวมทั้งการถ่ายทอดเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร จนส่งผลกระทบต่อมนุษย์แล้ว ยังมีปัญหาอื่นที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้กากตะกอนกับพื้นที่เพาะปลูก เช่น การปนเปื้อนแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน กลิ่น และเชื้อโรค (CAST, 1976)

ความรู้เกี่ยวกับลักษณะสมบัติของกากตะกอน แหล่งที่มาและองค์ประกอบของโลหะหรือสารมลพิษ ผลที่อาจเกิดกับพืช และการปนเข้าไปอยู่ในห่วงโซ่อาหารของโลหะเหล่านี้ เป็นสิ่งสำคัญในการตัดสินใจเพื่อจัดการนำกากตะกอนมาใช้ให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดโดยมีผลเสียหายน้อยที่สุด

สำหรับการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ ความสนใจหลักมุ่งไปที่ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และนิเกิล ซึ่งพบบ่อย ๆ ในกากตะกอนอย่างมีนัยสำคัญ และเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับโภชนาการของมนุษย์แต่เพียงปริมาณน้อย ๆ รวมทั้งการที่ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีเป็นจุลธาตุอาหาร (micronutrient element) สำหรับพืช ซึ่งถ้าธาตุเหล่านี้มีมากเกินไปจะเกิดพิษและอันตราย ส่วนแคดเมียมและตะกั่วนั้น มีความสนใจที่จะศึกษาเพราะเป็นธาตุที่ก่อให้เกิดพิษได้ และมีโอกาสที่จะเข้ามาปนเปื้อนในกากตะกอนได้เช่นกัน

2.2 ผลของกากตะกอนต่อสมบัติของดิน

การใส่กากตะกอนลงในดินส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของดินเนื่องมาจากอินทรีย์วัตถุที่เป็นส่วนประกอบของกากตะกอน การใส่อินทรีย์วัตถุลงในดินไม่ว่าในรูปใดก็ตาม นอกจากจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะมีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์และเป็นแหล่งให้พลังงานแก่จุลินทรีย์แล้ว อินทรีย์วัตถุยังมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดินด้วย สารที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์มีสมบัติเป็นสารเชื่อม และการแพร่กระจายของเส้นใยของจุลินทรีย์เข้าไปในดินจะก่อให้เกิดเม็ดดินขึ้น (Martin et al., 1955) ซึ่งความสามารถในการเกิดเม็ดดินนี้แปรผันโดยตรงกับความพรุนและสัดส่วนของที่ว่างของดิน และแปรผกผันกับความหนาแน่นรวมของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526)

จากรายงานต่าง ๆ พบว่า ความหนาแน่นรวมจะลดลงในดินที่ใส่กากตะกอน (Gupta et al., 1977; Hall and Coker, 1983; Kladivko and Nelson, 1979) ความพรุนของดินจะเพิ่มขึ้น (Pagliai et al., 1981) ส่วนความเสถียรของการเกิดเม็ดดินเพิ่มขึ้นบ้างแต่ไม่มากนัก (Epstein, 1975; Pagliai et al., 1981)

การใส่กากตะกอนลงในดิน มักจะเพิ่มธาตุอาหารต่าง ๆ แก่ดินตามอัตราการใส่ ไม่ว่าจะเป็นธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม (Ajmal and Khan, 1984) หรือพวกจุลธาตุอาหาร เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดงและสังกะสี (Sheaffer et al., 1979b)

กากตะกอนหลายชนิดมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และสังกะสีอยู่มาก แต่มีปริมาณธาตุที่ละลายน้ำได้มากกว่าอยู่น้อย เช่น โปตัสเซียม กากตะกอนหลายชนิดมีไนโตรเจนอยู่ถึง 10-40 ppm. แต่คุณค่าที่จะเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับพืชถูกจำกัดด้วยค่าของคาร์บอนซึ่งบางครั้งมีถึง 200-300 ppm. ทำให้อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง การสลายตัวจึงเป็นไปได้ช้า (Sommers, 1977)

การใส่กากตะกอนลงในดินโดยทั่วไป จะพบว่า pH ของดินเปลี่ยนแปลงไป ส่วนมากจะเป็นกรดมากขึ้น (คือค่า pH ต่ำลง) ตามอัตราการใส่ ซึ่งอาจเนื่องจากมีการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุได้กรดอินทรีย์ และการเกิด nitrification ของแอมโมเนียมไนโตรเจนและอินทรีย์ไนโตรเจน รวมทั้งการออกซิเดชั่นของซัลไฟด์ ส่งผลให้มีการเพิ่มการละลายน้ำของจุลธาตุอาหารบางชนิดในสารละลายดิน (soil solution) มากขึ้น เช่น แมงกานีส และสังกะสี (Ajmal and Khan, 1984; King and Morris, 1972b) แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของค่า pH ก็อาจพบได้เมื่อค่า pH ของดินที่ได้รับกากตะกอนนั้นมีค่าต่ำอยู่แล้ว และกากตะกอนมีแคลเซียมมากพอ (Guidi et al., 1983; Korcak, 1980 อ้างถึงใน Guidi and Hall, 1984)

เมื่อศึกษาการสะสมของโลหะหนักในดินที่ได้รับกากตะกอน เป็นเวลา 6 ปีต่อเนื่องกัน พบการสะสมของโลหะหนักประมาณร้อยละ 90 ในระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรจากผิวดิน ส่วนที่ความลึกเกินกว่าระดับ 30 เซนติเมตรจากผิวหน้าดินนั้นไม่พบปริมาณการสะสมของโลหะหนักอย่างมีนัยสำคัญ (Chang et al., 1984) โลหะหนักที่มีปริมาณมาก จะยับยั้งกระบวนการ denitrification ในดิน (Bollag and Barabasz, 1979)

จากรายงานข้างต้น จะเห็นได้ว่า กากตะกอนสามารถส่งผลต่อดินได้ทั้งองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงอัตราและวิธีการใส่ เพื่อความเหมาะสม

เมื่อเทียบกับค่าขีดจำกัดของต่างประเทศที่กำหนดค่าอัตราการใส่สูงสุดสำหรับการใส่กากตะกอน (maximum sludge solids loadings) ลงในดิน อยู่ในช่วง 20-200 ตัน/เฮกตาร์

ต่างกันไปในแต่ละประเทศ (Webber et al., 1984) จะเห็นว่าอัตรา 20 ตัน/เฮกตาร์นี้เป็นอัตราต่ำสุดในช่วงของอัตราการใส่สูงสุดที่ยอมรับ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่เลือกอัตรานี้มาใช้ศึกษากากตะกอนสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ อีกสาเหตุหนึ่งก็คือคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดินควรใช้ในอัตรา 3-5 ตัน/ไร่/ปี ขึ้นกับเนื้อดิน ซึ่งเทียบเท่าได้กับประมาณ 19-30 ตัน/เฮกตาร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2524) ดังนั้น อัตราการใช้กากตะกอน 20 ตัน/เฮกตาร์ที่จะใช้ศึกษาจึงเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกับอัตราในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในประเทศไทยด้วย

2.3 ผลของกากตะกอนต่อการสะสมธาตุอาหาร การเติบโตและผลผลิตของพืช

การใช้กากตะกอนทางการเกษตรนั้น พบว่า การเติบโตและการดูดดึงธาตุอาหารขึ้นไปใช้ของพืชได้รับอิทธิพลจากอัตราการใส่กากตะกอน (Sheaffer et al., 1979a)

การปลูกพืชบนดินที่ใส่กากตะกอนมักจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Stucky and Newman, 1977) และในบางกรณี เพิ่มในอัตราที่สูงกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี (Jacobs et al., 1979; Hyde, 1976)

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของพืชกับอัตราของกากตะกอนที่ใช้ พบว่าเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง (Mays et al., 1973) กล่าวคือ การใส่กากตะกอนด้วยอัตราที่สูงเกินไปจะลดการเติบโตและผลผลิตของพืชลง เพราะองค์ประกอบที่ซับซ้อนของกากตะกอน เช่น จุลธาตุอาหารโลหะหนักรวมทั้งเกลือต่าง ๆ นั้นสามารถก่อให้เกิดพิษต่อพืชได้ (Dolar et al., 1972) ซึ่งผลตกค้างของความเป็นพิษของกากตะกอนจะลดลงตามเวลา (Sabey and Hart, 1975)

พืชจะมีประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนจากกากตะกอนลดลงตามอัตราการใส่ที่เพิ่มขึ้น แต่อัตราที่สูงก็จะทำให้ยังคงมีไนโตรเจนที่ตกค้างอยู่ในดินในรูปของอินทรีย์วัตถุซึ่งอาจถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในเวลาต่อมา (Sabey et al., 1977)

การนำกากตะกอนที่เพิ่งผ่านระบบบำบัดมาปลูกพืช จะยับยั้งการงอกของเมล็ด ซึ่งการยับยั้งการงอกของเมล็ดนี้จะมีมากเมื่อใส่กากตะกอนที่ยังสดหรือน้ำทิ้งที่เพิ่งผ่านระบบบำบัดลงในดิน สันนิษฐานว่าเป็นผลจากอัตราการย่อยสลายที่สูงในช่วงแรก ๆ ทำให้เกิดสารประกอบอินทรีย์พวกกรดระเหย (volatile acid) อย่างเร็ว รวมทั้งมีการสร้างแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นระหว่างการย่อยสลายในดิน การเก็บกากตะกอนไว้ก่อนหรือการทิ้งให้แผ่กระจายก่อนการใส่ลงในดินจริง ๆ จะช่วยแก้ปัญหาการลดลงของผลผลิตอันเนื่องมาจากการลดเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดได้

อย่างไรก็ตาม การงอกของเมล็ดในไร่นามีแนวโน้มที่จะแปรผันตามธรรมชาติอยู่แล้ว จึงไม่พบความแตกต่างทางสถิติในเรื่องนี้ เมื่อทดลองเปรียบเทียบระหว่างดินที่ใส่และไม่ใส่กากตะกอนในไร่นา (King et al., 1974; Sabey and Hart, 1975)

การสะสมธาตุอาหารหลักคือไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปตัสเซียมของพืช ซึ่งทดลองปลูกข้าวไรย์ (rye) และข้าวฟ่างซูดาน (sorgum-sudan) ในดินที่ใส่กากตะกอนแบบ anaerobically digested sewage sludge และปลูกข้าวโพดตามในฤดูที่ 2 หลังการเก็บเกี่ยวพืช 2 ชนิดแรก ปรากฏว่าผลตกค้างของกากตะกอนทำให้ข้าวโพดมีผลผลิตสูงขึ้น และพบว่าพืชทั้ง 3 ชนิด มีการสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปตัสเซียมเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่กากตะกอน (Kelling et al., 1977)

เนื่องจากพืชดำรงชีวิตอยู่โดยการใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินและน้ำ เมื่อในดินมีโลหะหนักหรือสารปนเปื้อนใด ๆ อยู่ พืชจะสามารถดูดดึงเอาโลหะหนักรวมทั้งสารปนเปื้อนเหล่านั้นเข้าไปในต้นพืชได้

การสะสมสารพิษของพืช เช่น โลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในกากตะกอน (โดยเฉพาะกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชน) ไม่เพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการใส่กากตะกอนที่เพิ่มขึ้น ชนิดของพืชต่างกันจะมีพฤติกรรมการสะสมที่ต่างกัน โดยทั่วไป ผลการทดลอง พบว่า พืชที่ปลูกบนดินที่ใส่ anaerobically digested sludge มีการสะสมโลหะหนักที่สูงกว่า aerobically digested sludge ส่วนการทดลองปลูกพืชในดินประเภทเดียวกัน การดูดเอาโลหะหนักจากกากตะกอนขึ้นอยู่กับปริมาณโลหะหนัก รูปทางเคมี และสภาพภูมิอากาศ (Joseph, 1984)

ปริมาณของโลหะหนักที่สะสมในพืชขึ้นกับส่วนของพืชที่นำมาศึกษาด้วย ส่วนของพืชที่ทำหน้าที่กระจายพันธุ์ เช่น เมล็ด จะมีปริมาณการสะสมที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ เช่น ใบ ลำต้น (Kloke, 1982)

รายงานการศึกษาการสะสมโลหะหนัก 7 ชนิด คือ แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ปรอท ตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี ของข้าวโพดที่ปลูกบนดินเหมืองแร่เก่าและใส่กากตะกอนแบบ anaerobically digested wastewater sludge ด้วยอัตรา 25 ตันของน้ำหนักแห้ง/เอเคอร์ พบการสะสมโลหะหนักสูงสุดในใบและราก ส่วนในเมล็ดและซังนั้นมีการสะสมต่ำสุด (Garcia

et al., 1979) นอกจากนี้ รายงานอีกฉบับหนึ่ง พบว่า การใส่กากตะกอนลงสู่ดินทำให้ความเข้มข้นของทองแดงและสังกะสีในใบของข้าวโพด และหญ้ารีดแคนารี เพิ่มขึ้น แต่เมื่อวิเคราะห์ในเมล็ดข้าวโพด ไม่พบการเพิ่มขึ้นเทียบกับ control (Duncomb et al., 1982)

แม้จะมีรายงานว่าระดับของโลหะหนักในดิน เช่น สังกะสี และโครเมียม จะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่กากตะกอน แต่การเพิ่มนี้ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นที่พบในพืช (Mortvedt and Giordano, 1975)

พืชผักที่ปลูกโดยการใช้กากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียจากตลาดและบ้านเรือนด้วยอัตราสูง ๆ พืชผักบางชนิดจะมีการดูดดึงพวกจุลธาตุอาหารเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนักและการเพิ่มขึ้นก็ไม่แน่นอน แสดงถึงความผันแปรของพืชผักเองว่ามีสูง (Armitage, 1974)

การสะสมโลหะหนัก เช่น แคดเมียม จะแปรผันตามชนิดและเนื้อเยื่อพืช โดยที่ธัญพืชและพืชตระกูลถั่วจะสะสมแคดเมียมในลำต้น น้อยกว่าพืชที่กินใบ เช่น ผักกาดหอม ผักขม เป็นต้น (Bingham et al., 1975)

การเลือกชนิดของพืช ดิน และอัตราการใส่กากตะกอน สามารถควบคุมปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืชได้

ปริมาณสะสมของแคดเมียมในพืช อาจจะควบคุมได้โดยการควบคุมอัตราการใส่แคดเมียมต่อปี การตรวจหาปริมาณแคดเมียมในสารละลายของดินอาจจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดขึ้นไปได้ (Hyde et al., 1979)

การปลูกพืชโดยใช้กากตะกอน ควรปลูกบนดินที่มี pH มากกว่า 6.5 (Hyde et al., 1979; Kuntz et al., 1984) หรือมีการใส่ปูนลงไปในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อแก้ความเป็นกรดของดินก่อน เพราะในดินที่เป็นกรดมาก ๆ นั้น จุลธาตุอาหารที่มีประจุบวกและละลายน้ำได้ง่าย เช่น เหล็ก ทองแดง จะละลายอยู่ในสารละลายดินมากและอาจมากเกินไปจนเกิดเป็นพิษ จึงต้องมีการจัดการเพื่อลดความเป็นไปได้ของความเป็นพิษลง (King and Morris, 1972b) ดังเช่นมีรายงานว่าการใส่ปูนจะช่วยลดความเข้มข้นของสังกะสีในพืชจากแปลงที่ได้รับกากตะกอนในอัตราสูงได้ (Touchton et al., 1976)

การศึกษาผลของการใส่กากตะกอนที่ระดับความลึกของดินต่างกัน คือ ที่ระดับผิวหน้าดิน (0-2 เซนติเมตร), ระดับ 5-7 เซนติเมตร และ ระดับ 18-20 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน พบว่าการใส่ที่ระดับผิวหน้าดินให้ผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักแห้งของข้าวสาลี มากกว่าการใส่ที่ระดับ 18-20 เซนติเมตรถึงประมาณ 2.4 เท่า และทำให้ปริมาณทองแดงและแคดเมียมสะสมสูงสุดในลำต้นและใบของข้าวสาลี ส่วนการใส่ที่ระดับ 18-20 เซนติเมตรจะพบการสะสมสูงสุดในรากพืช (Kirkham, 1980)

จากรายงานข้างต้น แสดงว่า การใช้กากตะกอนในการเพาะปลูกพืชจะเป็นสาเหตุให้พืชสะสมโลหะหนักต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของกากตะกอนไว้ได้ ซึ่งจะเกิดการถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหารในลักษณะทวีความเป็นพิษจนมาถึงมนุษย์ได้ ดังนั้น การศึกษาที่เหมาะสมจึงควรศึกษาการสะสมของโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบของพืชด้วย เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้กากตะกอนและปริมาณโลหะหนักที่สะสมในดิน

2.4 การศึกษาการสะสมโลหะหนักในดินและพืช

รูปของโลหะที่ใส่ลงในดิน มีผลต่อการดูดเอาไปใช้ของพืชอย่างมาก การที่โลหะถูกใส่ลงในดินในรูปของเกลืออนินทรีย์นั้น พืชสามารถดูดขึ้นไปใช้ได้มากกว่าการที่โลหะถูกใส่ลงในดินในรูปที่เป็นอยู่ในสภาพแวดล้อมจริง เช่น อยู่เป็นองค์ประกอบในกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียสินแร่โลหะ หรือซัลไฟด์และออกไซด์ของขี้เถ้าจากปล่องไฟ (Chaney, 1982 อ้างถึงใน Kuntz et al., 1984)

กากตะกอนมักจะมี pH ที่เป็นกลางและมีผลน้อยมากต่อ pH ของดิน ในขณะที่ เกลืออนินทรีย์มักจะลด pH ของดินโดยการแทนที่อิออนบวกของไฮโดรเจนที่ผิวหน้าดิน ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของความเป็นประโยชน์ของโลหะหนักหลายชนิด อิออนลบของเกลืออนินทรีย์มีแนวโน้มจะเพิ่มความสามารถในการละลายของโลหะโดยการเพิ่มความเข้มข้นของประจุลบในสารละลายของดิน (Kuntz et al., 1984)

การทดลองเพื่อเปรียบเทียบการดูดดึงโลหะหนักของพืชในดิน 2 ชนิด คือ ดินทรายและดินเหนียว ในอัตราการได้รับโลหะหนักเท่ากัน เมื่อโลหะหนักเป็นส่วนประกอบของกากตะกอนกับเมื่อใส่ในรูปเกลือโลหะซัลเฟต ทดลองกับสังกะสี นิเกิล แคดเมียมและทองแดง พบว่า ปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อพืชจะสูงขึ้นเมื่อได้รับโลหะหนักในปริมาณสูงขึ้น โดยที่พืชที่ได้รับโลหะหนัก

ในรูปเกลือซัลเฟตจะสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อพืชมากกว่าพืชที่ได้รับโลหะหนักจากกากตะกอน พืชที่ปลูกบนดินทรายจะสะสมโลหะหนักมากกว่าพืชที่ปลูกบนดินเหนียว โดยค่าการสะสมที่แตกต่างกันนี้จะเห็นได้ชัดสำหรับสังกะสี นิเกิล และแคดเมียม ส่วนทองแดงนั้นแสดงความแตกต่างน้อยมาก (Cottenie et al., 1984) และในรายงานอีกฉบับหนึ่งก็พบผลเช่นเดียวกัน คือ การใส่โลหะในปริมาณเท่ากันโดยเปรียบเทียบเมื่ออยู่ในรูปเกลืออนินทรีย์กับเมื่ออยู่ปนในกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย พบว่า พืชที่ปลูกในแปลงที่ได้รับโลหะในรูปของเกลืออนินทรีย์นั้น ผลผลิตจะต่ำกว่าและปริมาณโลหะหนักสะสมจะสูงกว่า (Cunningham et al., 1975c)

การดูดเอาโลหะหนักของพืช นอกจากจะสัมพันธ์กับปริมาณทั้งหมดที่มีในดินแล้ว รูปทางเคมีของโลหะหนัก และลักษณะของดินก็มีผลต่อการดูดดึงเอาโลหะหนักไปสะสมในพืช เช่นกัน (Cottenie et al., 1984)

การค้นพบเช่นนี้ ชี้ให้เห็นว่า มีข้อที่ควรระมัดระวังเมื่อต้องการจะใช้ผลของการทดลองที่ใช้เกลืออนินทรีย์ไปประเมินความเป็นพิษต่อพืชและการได้รับโลหะที่เป็นพิษของพืชที่ได้รับการใส่กากตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย