บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วัสดุเพาะชำ

1.1 วัสดุเพาะชำเมล็ด

เมล็ดพืชโดยทั่วไปจะงอกเมื่อได้รับสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่ ความชื้น (น้ำ) อุณหภูมิ แสงสว่าง และการถ่ายเทของอากาศ ทั้งนี้ ความชื้น นับเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกที่ทำให้เมล็ดงอก (กรมป่าไม้ , 2540ก.) วัสดุเพาะชำเมล็ด มีความสัมพันธ์กับสิ่งที่กล่าวมาข้างต้นในลักษณะเป็นตัวกลางที่เก็บรักษาความชื้นและควบคุมการถ่ายเทอากาศ ดังนั้นวัสดุเพาะชำเมล็ดที่แตกต่างกัน จึงทำให้เมล็ดมีอัตราการงอกที่แตกต่างกัน วัสดุเพาะชำเมล็ด ซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ ดิน ทราย ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย ขี้เถ้าแกลบ และส่วนผสมของวัสดุเหล่านี้นั้น พบว่า เมล็ดจะงอกได้ดีเมื่อใช้ทราย (กรมป่าไม้ , 2532)

นอกจากนี้ ชนิดของพืช ที่ต้องการความชื้นมากในการงอก ต้องใช้วัสดุกลบหน้าเมล็ดหลังการเพาะ เช่นทราย ฟางข้าว ขี้เลื่อย ขี้เถ้าแกลบ เพิ่มเติมด้วย สำหรับ เมล็ดกระถินเทพา จะใช้ทรายเป็นวัสดุเพาะชำแล้วใช้ขี้เถ้าแกลบโรยกลบหน้า เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการงอก (สุคนธ์ สิมศิริ และคณะ , 2529ก.) ส่วนเมล็ดประดู่ป่า เมื่อหว่านแล้วควรใช้ฟางข้าวกลบหน้าหรือคลุมไว้ อย่างไรก็ตาม การควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับมากน้อยขนาดไหน ขึ้นอยู่กับลักษณะและความต้องการของเมล็ดพืชแต่ละชนิด (กรมป่าไม้ , 2532)

1.2 วัสดุเพาะชำกล้าไม้

วัสดุเพาะชำกล้าไม้ เป็นตัวกลางที่ช่วยในการพยุงลำต้น เป็นที่เก็บรักษาความชื้นและธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของกล้าไม้ เมื่อกล้าไม้ได้รับธาตุอาหารเพียงพอในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม จะทำให้กล้าไม้นั้นมีขนาดสมบูรณ์และคุณภาพดี เช่น วัสดุเพาะชำไม้ดอก ควรมีปริมาณเกลือแร่ต่ำ โปร่ง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุ้มน้ำได้ดีพอสมควร ไม่เน่าเปื่อยผุพังเร็วจนเกินไป ไม่เป็นกรดหรือด่างจัด ปราศจากโรคแมลง ตลอดจนสารพิษเจือปน หาง่าย ราคาถูก (สมเพียร เกษมทรัพย์ , 2528)

นอกจากนั้นในทางป่าไม้ ซึ่งมีความจำเป็นต้องขนส่งกล้าไม้ไปปลูกในพื้นที่ห่างไกล วัสดุเพาะชำควรมีน้ำหนักเบา และสามารถยึดจับรากได้ดี เพราะจะทำให้การขนส่งทำได้มากขึ้นและประหยัดขึ้น (จำนรรจ์ วงศ์มณี และคณะ , 2532) สัดส่วนของวัสดุเพาะชำที่เหมาะสมสำหรับกล้าไม้ คือ ดิน : ขี้เถ้าแกลบ : ทราย : ปุ๋ยหมัก เท่ากับ 4 : 2 : 1 : 1 ดินที่ใช้ควรเป็นดินร่วนปนทราย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 4.0 - 6.15 ทั้งนี้ หากดินเป็นกรดมากก็ให้เพิ่มส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบให้มากขึ้น ซึ่งอาจจะได้ส่วนผสมใหม่เป็น 3 : 2 : 1 : 1 (กรมป่าไม้ , 2532)

วัสดุเพาะชำ มีลักษณะสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราขององค์ประกอบวัสดุเพาะชำดังปรากฏในตารางที่ 1 วัสดุเพาะชำที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดและ/หรือกล้าไม้ จะแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งเป็นวัสดุเพาะชำหลัก ทั้งนี้ ขนาดของเมล็ด มักจะเป็นเหตุผลในการเลือกวิธีการเพาะชำ โดยเมล็ดที่มีขนาดเล็ก มักจะใช้วิธีการหว่านในกระบะเพาะก่อน แล้วจึงย้ายชำไปลงถุงชำ ส่วนเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ มักจะเพาะในถุงชำ เนื่องจาก ต้องการประหยัดแรงงานและเวลาในการทำงาน (พิชญ์ เกียรติไพบูลย์, 2541) โดยวัสดุเพาะชำเมล็ดและ/หรือกล้าไม้ ก็อาจจะเป็นวัสดุเดียวกันหรือแตกต่างกันก็ได้

2. กากตะกอนเพื่อการเพาะชำกล้าไม้

2.1 ที่มา ชนิด และลักษณะสมบัติของกากตะกอน

กากตะกอน (sludge) หมายถึง ของแข็งที่แยกออกจากน้ำเสีย และจมสะสมอยู่เบื้องล่าง หรือของแข็งซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการบำบัดโดยวิธีการทางเคมีและตกตะกอน หรือกลุ่มจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา(สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย , 2538) กากตะกอนจะเกิดขึ้นเสมอในทุกกระบวนการบำบัดน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียชุมชนไม่ว่าจะเป็นกระบวนการใด จะมีกากตะกอนเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 60 กรัมกากตะกอนแห้ง ต่อคน ต่อวัน (Orawan Siriratpiriya , 1990) ทั้งนี้ กากตะกอนจะมีสมบัติที่แตกต่างกันไปตามขั้นตอนวิธีการและชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย กากตะกอนที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ตารางที่ 1 ลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุเพาะชำชนิดต่าง ๆ

วัสดุเพาะชำ	ลักษณะสมบัติทางเคมี							
	ความเป็นกรด - ด่าง	ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ปริมาณไนเตรท (NO_3^-- N(ppm))	ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+- Nppm))	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5 (ppm))	ปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O (ppm))	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก
ดิน : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ : ปุ๋ยหมัก = 5 : 2 : 2 : 1 [1]	6.42	-	0.17	-	-	60.67	150.00	-
ดิน : ทราย : ปุ๋ยหมัก = 5 : 2 : 1 [1]	5.06	-	1.24	-	-	23.91	150.00	-
ดิน : ทราย : ขี้เถ้าแกลบ : ปุ๋ยหมักแกลบ = 1 : 1 : 1 : 1 [2]	6.08	0.82	-	-	-	97.50	259.50	2.40
ดิน : ขี้เถ้าแกลบ = 2 : 1 [2]	5.60	1.24	-	-	-	36.80	460.75	5.15
วัสดุเพาะชำบริษัทเชลล์ [3]	6.00	14.95	1.83	251.0	18.50	7,290.00	3,050.00	24.50
ดิน : ขุยมะพร้าว = 1 : 1 [3]	4.95	1.30	0.05	6.00	15.50	24.50	900.00	5.50
ดิน : ขี้เถ้าแกลบ = 1 : 1 [3]	6.40	1.65	0.11	7.50	25.50	145.00	275.00	4.20
ดิน : ขุยมะพร้าว : ขี้เถ้าแกลบ = 1 : 1 : 1 [3]	5.8	3.35	1.30	7.00	35.50	165.50	950.00	5.30
ดิน [4]	4.80 – 5.50	3.00 – 5.00	0.20 – 0.25	-	-	100.00–150.00	78.00 – 117.00	10.00 – 20.00

ที่มา ; 1. สุคนธ์ สิมศิริ และคณะ, 2530

2. ทินกร วุฒิวิจารณ์ และบุญชุบ บุญทวี, 2531

3. บุญกิจ ด่านชนุพันธ์, 2535

4. Van den Driessche, 1984

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. กากตะกอนที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น กากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยา ได้แก่ ระบบแอคทิเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge) บ่อปรับสภาพ (Oxidation Pond) เป็นต้น

2. กากตะกอนที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น กากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเคมี โรงงานชุบโลหะ เป็นต้น (เสริมสุข รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ , 2518)

ลักษณะสมบัติของกากตะกอน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีทั้งสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ โดยที่องค์ประกอบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ กากตะกอน มักจะมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่อาจใช้เป็นปุ๋ยได้ นอกจากนั้นก็ประกอบด้วยจุลธาตุอาหารและโลหะหนัก ทั้งนี้ปริมาณจุลธาตุอาหารและปริมาณโลหะหนักจะผันแปรกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย ลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำเสีย เป็นต้น(Sommer,1977 ; ยงยุทธ โอสถสภา , 2528 ; ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา ,2539)

ลักษณะสมบัติของกากตะกอน (ตารางที่ 2) หากเปรียบเทียบกับลักษณะสมบัติของปุ๋ยมูลสัตว์ (Animal Manure) ในตารางที่ 3 (Vacharotayan and Pintukanok , 1985 อ้างถึงใน คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) พบว่า กากตะกอนมีปริมาณธาตุอาหารหลักในปริมาณที่ใกล้เคียงกับปุ๋ยมูลสัตว์ และน่าจะเป็นวัสดุเพิ่มแร่ธาตุอาหารให้แก่ดินได้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน ควรจะได้รับการพิจารณาก่อนนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากการสะสมโลหะหนักในดินและพืช

2.2 การนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์

ในอดีตที่ผ่านมา วิธีการจัดการกากตะกอนไม่ว่าจะเป็นการเผา การนำไปฝังดิน หรือการนำไปทิ้งในทะเลหรือมหาสมุทร มักก่อให้เกิดปัญหาสภาวะแวดล้อมต่อเนื่องตามมา ประกอบกับการถูกจำกัดวิธีการลงเรื่อย ๆ จึงทำให้เกิดแนวโน้มการนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์บนที่ดิน (Land Application) โดยมีวัตถุประสงค์ 4 ด้าน ดังนี้

1. ใช้กากตะกอนเป็นเสมือนแหล่งธาตุอาหารพืช ปุ๋ยเคมี และเป็นตัวปรับปรุงดิน (Agricultural Utilization)

2. ใช้กากตะกอนในการเพิ่มผลผลิตของป่าไม้ (Forest Utilization)

3. ใช้กากตะกอนในการปรับสภาพพื้นที่ที่ถูกรบกวน (Land Reclamation) เช่น การทำเหมืองแร่

ตารางที่ 2 ลักษณะสมบัติทางเคมีของกากตะกอน

ลักษณะสมบัติทางเคมี	กากตะกอนน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง [1] (ADS)	กากตะกอนโรงฆ่าสัตว์บางแค [1] (ATS)	กากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน [2] (ADS)	กากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน [2] (ATS)
ความเป็นกรด – ด่าง	7.00	7.00	-	-
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)	52.79	50.74	46.10	50.74
ปริมาณคาร์บอน (%)	30.40	29.50	26.80	29.50
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	2.87	2.76	4.20	4.80
ปริมาณไนเตรท { NO_3-N (ppm) }	636.00	144.00	79.00	180.00
ปริมาณแอมโมเนียม{NH_4-N (ppm) }	800.00	360.00	1,600.00	400.00
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ { P_2O_5 (ppm) }	167.75	161.70	30,000.00	27,000.00
ปริมาณโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ { K_2O (ppm) }	690.00	1,005.00	3,000.00	4,000.00
ปริมาณแคดเมียม (ppm)	0.24	0.47	16.00	16.00
ปริมาณทองแดง (ppm)	55.00	282.00	1,000.00	970.00
ปริมาณแมงกานีส (ppm)	126.00	210.00	400.00	420.00
ปริมาณนิกเกิล (ppm)	4.40	3.00	85.00	31.00
ปริมาณตะกั่ว (ppm)	3.54	3.12	540.00	300.00
ปริมาณสังกะสี (ppm)	500.00	600.00	1,890.00	1,800.00

ที่มา : 1. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529 2. Sommer, 1977

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ธาตุอาหารพืชในมูลสัตว์บางชนิด (Vacharotayan and Pintukanok , 1985 อ้างถึงใน คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535)

ชนิดของมูลสัตว์	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ปริมาณฟอสฟอรัส (ppm)	ปริมาณโปแตสเซียม (ppm)
เป็ด	0.8 – 3.7	27,000 – 69,000	5,000 – 19,000
ไก่	1.2 – 4.9	12,000 – 94,000	5,000 – 42,000
ห่าน	0.7	21,000	21,000
หมู	2.2	52,000	16,000
วัว	0.8 – 1.2	5,000 – 9,000	5,000 – 37,000
ม้า	0.1	8,000	8,000
ค้างคาว	0.1 - 2.9	6,000 – 368,000	40,000 – 220,000
นกนางแอ่น	10.5	34,000	9,000
นกกระทา	4.1	37,000	23,000

4. ใช้กากตะกอนใส่ลงดิน ทั้งในพื้นที่เพาะปลูกและไม่ใช่พื้นที่เพาะปลูก (Land Disposal) เพื่อจุดประสงค์แรก คือ กำจัดกากตะกอนและจุดประสงค์สำคัญต่อมา คือ การสร้างผลผลิตแก่พืช และปรับปรุงลักษณะสมบัติดินให้ดีขึ้น (Chongrak Polprasert , 1989 อ้างถึงใน คมกฤช ภาคย์ทองสุข , 2535)

2.3 ความต้องการธาตุอาหารของกล้าไม้ในการเพาะชำ

โดยทั่วไป พืชต้องการธาตุอาหาร 16 ชนิด กล่าวคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก ทองแดง สังกะสี โบรอน แมงกานีส คลอรีน และโมลิบดีนั่ม เพื่อการดำรงชีวิต (ยงยุทธ โอสถสภา และ สุรเดช จินตกานนท์ , 2521) ธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม มักจะมีปริมาณน้อยและอยู่ในสภาพขาดแคลนในดิน ซึ่งเหตุผลอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดการขาดแคลน ก็คือ แร่ธาตุเหล่านี้พืชจำเป็นต้องใช้ในปริมาณค่อนข้างมาก (นฤตย์ พันธ์บูรณะ , 2518) ส่วนธาตุอาหารรองและจุลธาตุ เนื่องจากพืชต้องการในปริมาณที่น้อย จึงไม่

มีปัญหาการขาดแคลน แต่อย่างไรก็ตาม หากพืชได้รับในปริมาณที่ไม่เหมาะสมก็อาจเกิดผลกระทบทางด้านลบต่อพืชได้

การเพาะชำกล้าไม้ วัสดุเพาะชำนับเป็นสิ่งสำคัญต่อคุณภาพของกล้าไม้ วัสดุเพาะชำที่ดีควรให้ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับกล้าไม้เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิต ทั้งนี้ ปริมาณธาตุอาหารที่ให้ก็จะแตกต่างไปตามชนิดของกล้าไม้ เช่น กล้าไม้พืชตระกูลสน (Conifer Seedlings) และกล้าไม้พืชเนื้อแข็ง (Hardwood Seedlings) ควรมีปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ในอัตราส่วน 1 : 2 : 5 และ 1 : 3 : 5 ตามลำดับ (Wilde, 1938 ; Wilde and Pazer , 1940)

สำหรับการเพาะชำกล้าไม้ในประเทศไทย มักจะประสบปัญหา ดินมีธาตุอาหารต่ำหรือมีธาตุอาหารมากแต่ไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งมีอินทรีย์วัตถุน้อย วัสดุเพาะชำที่ดี ควรมีน้ำหนักเบาและสะดวกในการขนส่ง จึงเป็นความจำเป็นต้องใช้ดินเป็นวัสดุเพาะชำร่วมกับวัสดุอื่น

นอกจากนี้ อาจจะต้องใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กล้าไม้มีคุณภาพสมบูรณ์และเหมาะสมต่อการนำไปปลูกอีกด้วย ปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสมของกล้าไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน (ตารางที่ 4) เช่น กล้าไม้กระถินเทพา (Acacia mangium Willd.) อายุ 4 เดือน ควรใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 14 - 14 - 14 อัตรา 0.4 - 1.2 กรัม ต่อ กล้าไม้, กล้าไม้ประดู่ป่า (Pterocarpus macrocarpus Kurz.) อายุ 3 เดือน ควรใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 14 - 14 - 14 อัตรา 0.7 กรัม / กล้าไม้, มะค่าโมง (Afzelia xylocarpa Craib.) อายุ 3 เดือน ควรใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16 - 3 - 10 อัตรา 2 กรัม / กล้าไม้, เลี่ยน (Melia azadarah Linn.) อายุ 3 เดือน ควรใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16 - 3 - 10 อัตรา 2 กรัม / กล้าไม้ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ความต้องการธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นของกล้าไม้ โดยการให้ปุ๋ยเคมีดังที่กล่าวมาข้างต้น แม้ว่าจะทำให้กล้าไม้เจริญเติบโตดี แต่ก็ไม่อาจกล่าวได้ว่า เป็นปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับกล้าไม้และวัสดุเพาะชำเหล่านั้น เนื่องจาก ปริมาณธาตุอาหารดังกล่าว อาจเป็นเพียงปริมาณธาตุอาหารที่กล้าไม้ต้องการในสภาพแวดล้อมนั้น

ตารางที่ 4 อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีของกล้าไม้บางชนิด

ชนิดของกล้าไม้	อายุของกล้าไม้ (เดือน)	สูตรของปุ๋ยเคมี	อัตราการใช้ (กรัม / กล้าไม้)
ยูคาลิปตัส[1] (Eucalyptus camaldulensis Dehnh.)	3	13 – 13 – 13	0.37
กระถินเทพา[2] (Acacia mangium Wild.)	4	14 – 14 – 14	0.4 – 1.2
ประดู่ป่า[3] (Pterocarpus macrocarpus Kurz.)	3	14 – 14 – 14	0.7
เลี่ยน[4] (Melia azadarah Linn.)	3	16 – 3 – 10	2.0
กระพี้เขาควาย[4] (Dalbergia cultrata Craib.)	3	16 – 3 – 10	2.0
พะยูง[4] (Dalbergia cochinchinensis Dehnh.)	3	16 – 3 - 10	2.0
มะค่าโมง[4] (Afzelia xylocarpa Craib.)	3	16 – 3 – 10	2.0
ยูคาลิปตัส[4] (Eucalyptus camaldulensis Dehnh.)	3	16 – 3 – 10	2.0

ที่มา 1. บุญกิจ ด่านอนุพันธ์ , 2536

2. ยุพา รามอินทร์ , 2535

3. จำนรรจ์ วงศ์มณี และคณะ , 2532

4. สุคนธ์ สิมศิริ และคณะ , 2529

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การใช้กากตะกอนเป็นวัสดุเพาะชำร่วมกับวัสดุเพาะชำชนิดอื่น

ดินที่อุดมสมบูรณ์และเหมาะสมต่อการเพาะชำกล้าไม้ ควรจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 2 % (กรมป่าไม้ , 2540ข.) โดยอินทรีย์วัตถุมักอำนวยประโยชน์แก่ลักษณะสมบัติดินทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยทั่วไป วัสดุซึ่งใช้ปรับปรุงอินทรีย์วัตถุในดิน ได้แก่ ขี้เลื่อย (Sawdust) เปลือกไม้ (Bark) พีท (Peat) ปุ๋ยหมัก (Compost) และปุ๋ยคอก (Manure)

จากการสำรวจของ OSU Nursery เกี่ยวกับอัตราการใช้ ขี้เลื่อยและเปลือกไม้ พีท ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และกากตะกอน สำหรับใช้เป็นวัสดุปรับปรุงอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับเพาะชำ พบว่า มีอัตรา การใช้อยู่ในช่วง 90 - 270 , 100 - 270 , 40 - 270 , 30 - 100 และ 80 - 100 ลูกบาศก์หลา ต่อ เอเคอร์ ตามลำดับ (Davey , 1984) ศักยภาพของกากตะกอนเป็นปุ๋ยในพื้นที่การเกษตรได้เทียบเท่าปุ๋ยเคมี (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ , 2529 ; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ , 2533 ; Sommer , 1977) กากตะกอน จึงเป็น อินทรีย์สารที่สามารถเพิ่มธาตุอาหารให้กับดิน และน่าจะเพิ่มแร่ธาตุอาหารให้แก่กล้าไม้ได้ โดยอาจจะใช้ เป็นวัสดุเพาะชำร่วมกับดินหรือวัสดุเพาะชำอื่น

ผลการศึกษาการใช้กากตะกอนเป็นวัสดุเพาะชำร่วมกับวัสดุเพาะชำอื่น เพื่อการเพาะชำกล้าไม้ของ Korcak , 1980 ; Berry, 1985 ; Wong and Su , 1997 พบว่า การเจริญเติบโตของกล้าไม้ มีนัยสำคัญกับ ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของกากตะกอน

ส่วนการสะสมโลหะหนัก พบว่า ปริมาณสังกะสี ทองแดง และนิกเกิล ในเนื้อเยื่อพืช ไม่ได้รับอิทธิพล จากปริมาณการเติมปุ๋ยหมักจากกากตะกอน (Korcak , 1980), การสะสมแคดเมียมในเนื้อเยื่อพืชส่วนราก เพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมปุ๋ยหมักจากกากตะกอน แม้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ถูกรักษาไว้ที่ระดับสูงกว่า 6.3 (Korcak , 1980), การสะสมแคดเมียมในเนื้อเยื่อพืชส่วนราก ลำต้น และใบ ของกล้าไม้ที่เจริญเติบโต ด้วยกากตะกอนของเมือง Chicago มีนัยสำคัญกว่ากล้าไม้ที่เจริญเติบโตด้วยกากตะกอนจากแหล่งอื่น ทั้งนี้ สำหรับกากตะกอนของเมือง Aiken และกากตะกอนที่มีระดับธาตุอาหารหลัก(ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโป-แตสเซียม) ต่ำกว่ากากตะกอนของเมือง Chicago โดยค่าความเป็นพิษของโลหะหนัก จะเป็นปัจจัยที่กำหนด การเจริญเติบโตที่ต่ำของกล้าไม้ (Berry , 1985) และปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ใน เนื้อเยื่อพืชส่วนราก (Root Tissue) สูงกว่าปริมาณในเนื้อเยื่อพืชส่วนเหนือพื้นดิน (Shoot Tissue) อย่างมี

นัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม การสะสมโลหะหนัก เนื่องจากอัตราการผสมขี้เถ้ากับกากตะกอน ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Wong and Su , 1997)

ดังนั้น การใช้กากตะกอนเป็นวัสดุเพาะชำร่วมกับวัสดุเพาะชำอื่น จึงน่าจะเป็นไปได้ เฉพาะการใช้กากตะกอนเป็นอินทรีย์สารปรับปรุงอินทรีย์วัตถุและ/หรือเพิ่มแร่ธาตุอาหารให้แก่วัสดุเพาะชำสำหรับกล้าไม้ ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก และปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน เพื่อนำไปใช้ในอัตราที่เหมาะสมและยังประโยชน์ให้แก่กล้าไม้ ตลอดจนปลอดภัยจากการสะสมโลหะหนักในดิน

3. ลักษณะทั่วไปของพันธุ์ไม้

3.1 ลักษณะทั่วไปของไม้กระถินเทพา

กระถินเทพา (Acacia mangium Willd.) เป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์ Leguminosae วงศ์ย่อย Mimosoideae มีชื่อท้องถิ่น คือ Brown Salwood เป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณตอนเหนือของออสเตรเรีย ปาก้วกินีและหมู่เกาะโมลัคคาส์ ประเทศอินโดนีเซีย ส่วนใหญ่พบที่ความสูงไม่เกิน 100 เมตรจากระดับน้ำทะเล เป็นพืชที่ชอบความชื้น แต่ไม่ชอบอากาศหนาวเย็น บริเวณถิ่นกำเนิดมีประมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 - 5,000 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 22 - 34 องศาเซลเซียส ปัจจุบันมีการศึกษาพืชชนิดนี้กันหลายประเทศ สำหรับประเทศไทยมีการปลูกเพื่อการศึกษาหลายแห่ง เช่น ที่สวนสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่อำเภอประทิว จังหวัดชุมพร และที่ภูเขาหลวง อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีการเจริญเติบโตดี (อิทธิฤทธิ์ อึ้งวิเชียร และคณะ, 2528)

การปลูกกระถินเทพา ควรใช้กล้าไม้ที่เพาะชำเตรียมไว้ในภาชนะเพาะชำหรือถุงเพาะชำ และอาจปลูกโดยใช้วิธีหยอดเมล็ดโดยตรงในแปลงปลูก การย้ายปลูก ควรใช้กล้าไม้ที่มีความสูง 25 – 30 เซนติเมตร ซึ่งเป็นกล้าไม้ที่มีอายุ 2 – 3 เดือน (สุดารัตน์ วิสุทธิเทพกุล , ทินกร วุฒิวิจารณ์ และคนึงกิจ ลิ้มตระกูล , 2536) ระยะปลูกของกระถินเทพา ที่เหมาะสมยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่โดยทั่วไปนิยมปลูกโดยใช้ระยะ 3 เมตร x 3 เมตร สำหรับ ประเทศไทย พบว่า กระถินเทพา อายุ 2 ปี ระยะปลูก 1 เมตร x 0.5 เมตร สามารถเจริญเติบโตให้มวลชีวภาพสูงสุดในสภาพดินทราย จังหวัด ชุมพร (อิทธิฤทธิ์ อึ้งวิเชียร และคณะ, 2528)

กระถินเทพา เป็นไม้ที่โตเร็วมาก ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 5 – 10 ปี จึงจะใช้ประโยชน์ได้ มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวงมากกว่า 5 เซนติเมตร ต่อ ปี หรือมีการเจริญเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นมากกว่าปีละ 1.5 เซนติเมตร เมื่อโตเต็มที่กระถินเทพาสูงประมาณ 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก 40 เซนติเมตร เมื่อปลูกในที่โล่ง เรือนยอดจะแผ่กว้าง แต่หากปลูกในรูปสวนป่า จะมีลักษณะแคบและยาว (รูปที่ 1) เปลือก มีสีเทาหรือเทาอมน้ำตาล ค่อนข้างหนา เมื่อแก่ผิวเปลือกจะหยาบ (รูปที่ 2) กิ่ง สีเขียว เมื่อแก่จะเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ไม่มีกิ่งแขนงมาก ใบ มีลักษณะเป็นใบแบบใบเดี่ยวเกิดแบบสลับ ส่วนที่เห็นแผ่นใบ คือ ส่วนของก้านใบเปลี่ยนรูปมาทำหน้าที่เป็นใบ ดอก เป็นดอกช่อรูปทรงกระบอกแบบหางกระรอก สีขาวครีม ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ฝัก มีลักษณะบิดไปมาเป็นกลุ่มก้อนแน่น เมื่อแก่มีสีน้ำตาลเข้ม เมล็ด มีสีดำขนาด 3 - 5 มิลลิเมตร เกิดเรียงไปตามความยาวของฝักด้วยรก ซึ่งมีสีเหลืองสด (รูปที่ 3) เนื้อไม้ ส่วนกระพี้บาง สีค่อนข้างอ่อน ส่วนแก่นมีสีน้ำตาล มีความหนาแน่นประมาณ 0.56 กรัม ต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร (อิทธิฤทธิ์ อึ้งวิเชียร และคณะ, 2528)

การเป็นไม้โตเร็ว ทำให้กระถินเทพาเหมาะสมสำหรับนำมาทำไม้แปรรูป ปาร์ติเคิลบอร์ด ทำเฟอร์นิเจอร์ ไม้โครงสร้างต่าง ๆ ที่ไม่รับน้ำหนักมากนัก ไม้อัด เยื่อกระดาษ ไม้ฟืน เพราะมีความหนาแน่นและค่าความร้อนสูง (4,800 - 4,900 แคลอรี ต่อ กรัม) ประกอบกับมีความหนาแน่นของเนื้อไม้มาก ไม้กระถินเทพา จึงควรจะขายได้ราคาสูงกว่าไม้โตเร็วชนิดอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับทำเยื่อกระดาษเหมือนกัน เช่น ไม้ซ้อ ไม้ตะกู ไม้ยูคาลิปตัส (อิทธิฤทธิ์ อึ้งวิเชียร และคณะ, 2528) กล่าวได้ว่า กระถินเทพา จัดเป็นไม้บุกเบิก (Pioneer Species) ซึ่งสามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้ในพื้นที่เสื่อมโทรม เช่น มักพบขึ้นตามแนวถนน และตามไร่ข้อยในรัฐควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย กระถินเทพา สามารถปลูกเป็นแนวกันไฟ (Firebreak) ในพื้นที่ซึ่งมีหญ้าคา และมีไฟไหม้สวนป่าเป็นประจำ (Seibert , 1988 ; Sipayung , 1988) และสามารถปลูกเพื่อใช้ประโยชน์เป็นร่มเงา ไม้ประดับ พืชคลุมดิน แนวกันลม หรือเพื่อบำรุงดิน ใบสามารถเป็นอาหารสัตว์ เช่น วัว ควาย นอกจากนั้น บริเวณโคนใบมีต่อมน้ำหวาน ซึ่งมักพบแมลงต่าง ๆ มารุมตอมเป็นประจำ จึงอาจใช้เป็นแหล่งน้ำหวานสำหรับอุตสาหกรรมการเลี้ยงผึ้งได้อีกด้วย(อิทธิฤทธิ์ อึ้งวิเชียร และคณะ, 2528)

3.2 ลักษณะทั่วไปของไม้ประดู่ป่า

ประดู่ป่า (Pterocarpus macrocapus Kurz .) เป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์ Leguminosae วงศ์ย่อย Papilionaceae เป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง และเป็นไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจที่มีการเจริญเติบโตช้า มี

รูปที่ 1 ลักษณะเรือนยอด ของกระถินเทพา (Acacia mangium Willd.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2 ลักษณะเปลือก ของกระถินเทพา (Acacia mangium Willd.)

รูปที่ 3 ลักษณะใบ ดอก และผล ของกระถินเทพา (Acacia mangium Willd.)

ชื่อทางการค้าว่า Burmese Ebony, Burma Padouk หรือ Nara พบในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ทางภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคตะวันตก ยกเว้นภาคใต้ ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 100 - 750 เมตรมักขึ้นอยู่บนดินร่วนที่เกิดจากหินปูนหรือหินแกรนิต ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 500 - 5,000 มิลลิเมตร จึงทนทานต่อความแห้งแล้งได้นานถึง 6 - 7 เดือน อุณหภูมิระหว่าง 4.4 - 44.4 องศาเซลเซียส (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ , 2538)

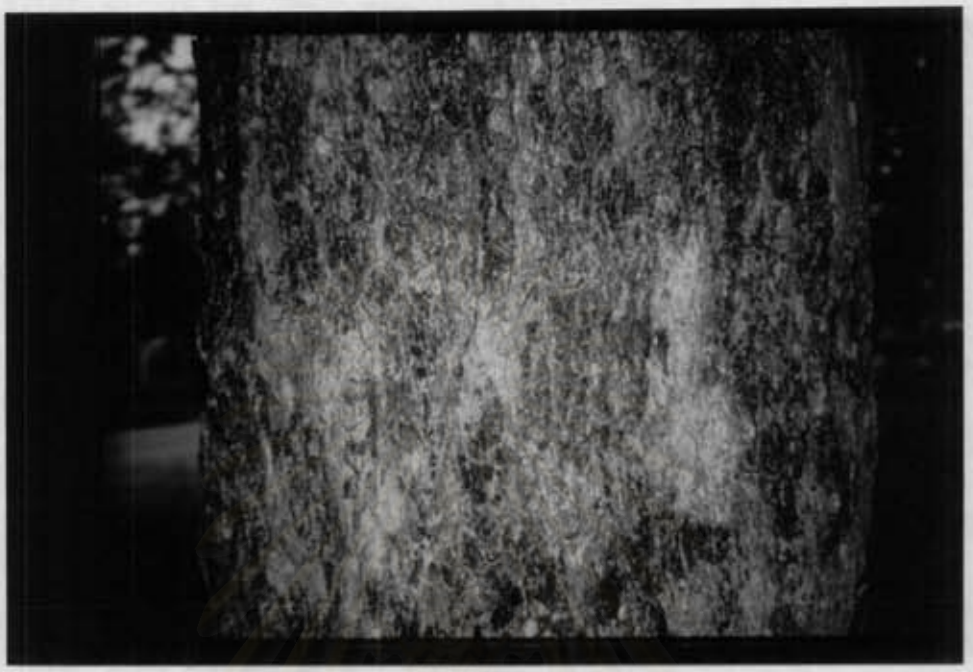
ประดู่เป็นไม้ผลัดใบมีความสูง 20 เมตรขึ้นไป เรือนยอดแผ่กว้าง (รูปที่ 4) เปลือกหนาสีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง (รูปที่ 5) แก่น สีน้ำตาลแดง ใบ มีขนปกคลุมหนาและจะร่วงในฤดูร้อน เริ่มผลิใบในช่วงเดือน เมษายน ถึง พฤษภาคม ผล เป็นฝักใหญ่กว่าประดู่บ้านและมีขนปกคลุมอยู่ ผลแก่สีน้ำตาลแกมเทา ตรงกลางมีเปลือกคลุมแข็งหนามีเมล็ด 1 - 2 เมล็ด สีน้ำตาลแดง (รูปที่ 6) ออกดอกในเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม และฝักจะแก่ในช่วง 3 เดือนหลังจากออกดอก (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ , 2538)

การขยายพันธุ์ประดู่ป่า มักใช้ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดเพาะชำ เนื่องจาก การดูแลรักษากล้าไม้สามารถกระทำได้ง่าย นอกจากนั้น กล้าไม้ประดู่ป่า ควรจะย้ายปลูกเมื่อมีอายุ 6 เดือนขึ้นไป (บุญชุบ บุญทวี และคณะ , 2536)

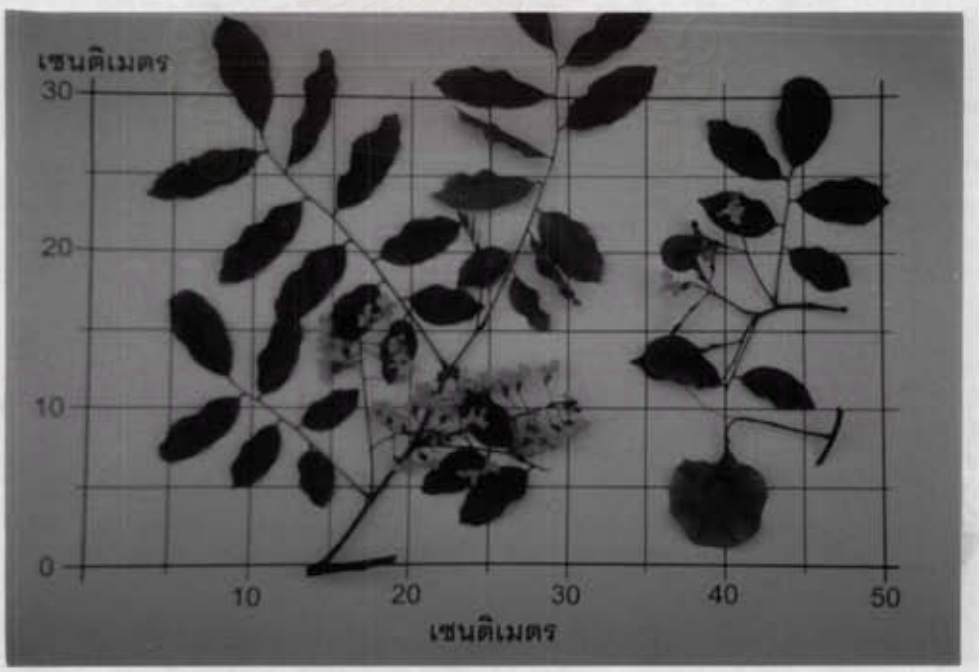
การปลูกประดู่ป่า ควรใช้ระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตรหรือ 4 เมตร x 4 เมตร สำหรับการปลูกเชิงพาณิชย์ ส่วนการปลูกในระบบวนเกษตร ควรใช้ระยะปลูกที่กว้าง เช่น 2 เมตร x 8 เมตรหรือ 4 เมตร x 4 เมตร เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงานและสามารถใช้พื้นที่ระหว่างแถวของต้นไม้ปลูกพืชเกษตรได้อย่างต่อเนื่อง และอาจปลูกประดู่ป่าร่วมกับไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ สะเดา โดยปลูกแบบสลับแถว วัตถุประสงค์ในการปลูก มีข้อควรพิจารณา กล่าวคือ การปลูกเชิงพาณิชย์ ควรเลือกพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับปานกลางถึงดี และมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของประดู่ป่า, การปลูกในระบบวนเกษตร ควรเป็นที่ราบ ดินมีความอุดมสมบูรณ์และเหมาะต่อการปลูกพืชเกษตร และการปลูกเพื่อวัตถุประสงค์ทางอ้อม เช่น เพื่อปรับปรุงสภาพป่าเสื่อมโทรม ปลูกเชิงอนุรักษ์ ควรพิจารณาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมของประดู่ป่าเป็นสำคัญ แม้ว่า ประดู่ป่าจะขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ที่ต่าง ๆ กัน แต่ก็มีข้อจำกัด เช่น พื้นที่ไม่ควรอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลเกิน 600 เมตร ไม่เป็นพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งมาก ดินเค็มหรือเป็นกรดมาก ไม่เป็นพื้นที่น้ำท่วมขัง เป็นต้น (บุญชุบ บุญทวี และคณะ , 2536)

รูปที่ 4 ลักษณะเรือนยอด ของประดู่ป่า (Pterocarpus macrocarpus Kurz.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5 ลักษณะเปลือก ของประดู่ป่า (Pterocarpus macrocarpus Kurz.)



รูปที่ 6 ลักษณะใบ ดอก และผล ของประดู่ป่า (Pterocarpus macrocarpus Kurz.)

ไม้ประดู่ป่า เป็นไม้เนื้อแข็งที่มีความทนทานสูงมีสีสวยงาม สีแดงอมเหลืองถึงสีแดงอิฐเข้ม มีเส้นสีแก่กว่าสีพื้น เสี้ยนสนเป็นริ้วไสกบตบแต่งชักเงาได้ดี ดังนั้น การใช้ประโยชน์ไม้ประดู่ป่า จึงเป็นไปอย่างกว้างขวาง นำไปใช้ในการก่อสร้างทั้งภายในและภายนอกอาคาร ตลอดจนการทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องมือเครื่องใช้ ส่วนไม้ขนาดเล็กใช้ทำไม้ปาร์เก้ ไม้ประสานแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นไม้ซุบซีเมนต์ ฟืนและถ่าน (ให้ความร้อน 5,022 - 7,539 แคลอรี่ ต่อ กรัม) เปลือกไม้ ใช้ย้อมผ้าได้ และให้น้ำฝาดสำหรับฟอกหนัง แก่น ให้สีดำคล้ำใช้ย้อมผ้า (บุญชุบ บุญทวี และคณะ , 2536)

แม้ว่าไม้ประดู่ป่า เป็นไม้ที่โตค่อนข้างช้า ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 20 – 25 ปี จึงจะใช้ประโยชน์ได้ มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวง 1.0 – 2.5 เซนติเมตร ต่อ ปี หรือมีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 – 0.8 เซนติเมตร ต่อ ปี แต่ก็สามารถใช้ประโยชน์ในเชิงอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจาก มีเรือนยอดและระบบรากแผ่กว้าง จึงช่วยคลุมพื้นดินให้ดินชุ่มชื้นอยู่เสมอ ป้องกันลม รองรับน้ำฝนให้มีแรงปะทะกับหน้าดินให้น้อยลง ยึดดินไม่ให้ถูกกัดเซาะจนพังทะลายได้โดยง่าย และมีปมราก ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศมาเก็บไว้ในรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดิน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ , 2538)

3.3 ลักษณะทั่วไปของไม้มะค่าโมง

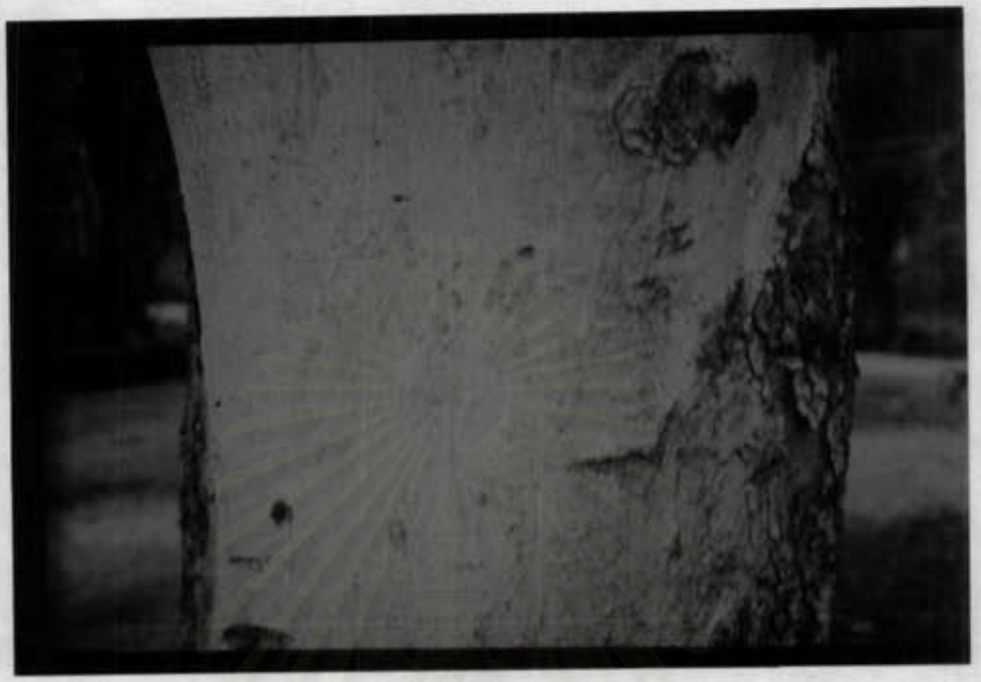
มะค่าโมง (Afzelia xylocarpa Craib.) เป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์ Leguminosae วงศ์ย่อย Caesalpiniceae พบขึ้นกระจายตามริมลำธารในป่าเบญจพรรณชื้น และป่าดิบแล้งทั่วไป ยกเว้นภาคใต้ ในระดับความสูงจากน้ำทะเล 150 – 650 เมตร ปริมาณน้ำฝน 1,000 – 1,500 มิลลิเมตร ต่อ ปี และมีอุณหภูมิระหว่าง 19 – 24 องศาเซลเซียส (เกียรติก้อง พิตรปรีชา และคณะ , 2536)

มะค่าโมง เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ความสูง 10 - 18 เมตร แตกกิ่งต่ำ เรือนยอดเป็นพุ่มแผ่กว้าง (รูปที่ 7) เปลือก สีน้ำตาลอ่อนหรือสีชมพูอมน้ำตาล (รูปที่ 8) กิ่งอ่อนมีขนคลุมบาง ๆ ใบเป็นช่อเรียงสลับกัน ใบย่อยรูปไข่แกมขอบขนาน ดอก ออกเป็นช่อแตกแขนงที่ปลายกิ่ง สีแดงเรื่อ ๆ หรือแดงอมชมพู ทรงเกือบจะเป็นแผ่นกลม ผล เป็นฝักแบนรูปบรรทัดสั้น ๆ (รูปที่ 9) ออกดอกระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ฝักแก่ประมาณเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม (จำลอง เพ็งคล้าย และคณะ,2526)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7 ลักษณะเรือนยอด ของมะค่าโมง (Afzelia xylocarpa Craib.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8 ลักษณะเปลือก ของมะค่าโมง (Afzelia xylocarpa Craib.)

รูปที่ 9 ลักษณะใบ ดอก และผล ของมะค่าโมง (Afzelia *xylocarpa* Craib.)

มะค่าโมง เป็นไม้โตช้า มีอายุตัดฟัน 25 – 30 ปี จึงจะได้ขนาดที่เหมาะสำหรับใช้ประโยชน์ มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นรอบวงน้อยกว่า 1 เซนติเมตร ต่อ ปี หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 0.3 เซนติเมตร ต่อ ปี

การขยายพันธุ์มะค่าโมง มักจะขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดเพาะชำเป็นกล้าไม้ ทั้งนี้ กล้าไม้ซึ่งจะย้ายปลูก ควรจะเป็นกล้าไม้ที่อายุไม่น้อยกว่า 1 ปี เนื่องจาก กล้าไม้มะค่าโมงจะใช้เวลานานในการปรับตัวภายหลังการย้ายปลูก (เกียรติก้อง พิตรปรีชา และคณะ , 2536)

การปลูกมะค่าโมง ควรปลูกในพื้นที่ราบ หรือมีความลาดชันน้อย ไม่เป็นที่ลุ่มน้ำขังเมื่อฝนตก ดินลึกค่อนข้างชื้นและมีความอุดมสมบูรณ์ดี (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ , 2538) โดยระยะปลูกที่เหมาะสม ควรเป็น 4 x 4 เมตร สำหรับการปลูกเชิงพาณิชย์ เนื่องจาก ให้ผลตอบแทนในด้านปริมาตรไม้ต่อพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นและรูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการค้า (เมธี ศรีบุญเรือง , 2531)

นอกจากนั้น อาจปลูกในรูปป่าชุมชน ซึ่งควรพิจารณาถึงความหลากหลายของการใช้ประโยชน์และผลผลิตเนื้อไม้จากพื้นที่ด้วย กล่าวคือ นอกจากจะได้เนื้อไม้มะค่าโมง เพื่อใช้ในการก่อสร้างและมีพื้นที่ทำเกษตรเลี้ยงชีพแล้ว ควรจะคำนึงถึงการใช้สอยไม้ในรูปอื่น ๆ เช่น ไม้ฟืน ถ่าน ไม้ใช้สอยในครัวเรือน ไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก โดยอาจจะปลูกไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ สะเดา ทั้งนี้ ระยะปลูกที่เหมาะสม อาจจะเป็น 4 เมตร x 4 เมตร, 5 เมตร x 4 เมตร , 6 เมตร x 4 เมตร, 5 เมตร x 5 เมตรหรือ 6 เมตร x 6 เมตร โดยปลูกสลับต้นกับไม้มะค่าโมง (เกียรติก้อง พิตรปรีชา และคณะ , 2536)

ไม้มะค่าโมง เนื้อไม้ ใช้ทำเสา ทำไม้หมอนรถไฟ ใช้ในการก่อสร้างต่าง ๆ ทำเป็นพื้น รอด ตง ทำไม้บุ ผนัง เครื่องเรือน เครื่องมือกสิกรรม เครื่องดนตรี เป็นไม้ที่ให้ปุ่มมะค่าที่มีลวดลายสวยงามและราคาสูง เปลือกมีน้ำฝาดสำหรับใช้ฟอกหนัง เนื้อในเมล็ดอ่อนใช้รับประทานเป็นอาหารได้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538)

4. การตอบสนองต่อกากตะกอนของพืช

การตอบสนองของพืช เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แสงสว่าง ความชื้น แร่ธาตุอาหาร หรือปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ การตอบสนองของพืช จะอยู่ในระดับปกติ หากปัจจัยดังกล่าวยังคงอยู่ในระดับที่ไม่เกินค่าวิกฤต (Critical Range)และไม่เป็นปัจจัยจำกัด(Limiting Factors)สำหรับพืช โดยทั่วไป การตอบสนองของพืช (Treshow ,1970) พิจารณาจาก การตอบสนองด้านการเจริญเติบโต (Growth Response) ผลต่อระบบสืบพันธุ์(Reproductive Effects) อาการคลอโรซีส(Chlorosis) และอาการนีโครซีส(Necrosis)

4.1 การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของพืช เป็นการค่อย ๆ เพิ่มขึ้นของสิ่งมีชีวิตโดยกระบวนการธรรมชาติ ซึ่งพิจารณาได้จากปริมาณที่เพิ่มขึ้น ลักษณะทางกายวิภาค ลักษณะสัณฐานและลักษณะทางสรีรวิทยา (Kramer and Kozlowski ,1979) โดยสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ น้ำ สารอาหาร สารประกอบพวกไนโตรเจน เกลือแร่ธาตุ ฮอร์โมน วิตามิน และสารอื่น ๆ อีกหลายอย่าง (พงษ์ศักดิ์ สหุนาฬุ , 2521) ทั้งนี้ เมื่อพืชอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่ได้รับปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน การเจริญเติบโตของพืชอาจจะแตกต่างกัน

กากตะกอน เป็นอินทรีย์สารซึ่งสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืช โดยอาจจะใช้เป็นรูปของปุ๋ยหรือวัสดุปรับปรุงดิน (Soil Amendment) กากตะกอน สามารถเอื้อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (ตารางที่ 5) เช่น ผักคะน้า (Brassica oleracea L. var alboglabra Bailey) โดยสามารถเพิ่มผลผลิต (Yields)ผักคะน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่าปุ๋ยเคมี ณ. อัตรา 20, 40, 60 และ 80 เมตริกตัน / เฮกแตร์, กล้าข้าวบาร์เล่ย์ (Hordeum vulgare L., cv. Traill) โดยสามารถเพิ่มผลผลิต (Yields) ณ. อัตรา 3.8, 7.6, 15.2 และ 30.4 เมตริกตัน / เฮกแตร์, กล้าไม้ Noble fir(Abies procera) White pine (Pinus monticola) และ Douglas-fir(Pseudotsuga menziesii) โดยสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลาง ณ. อัตรา 98 เมตริกตัน / เฮกแตร์, Slash pine (Pinus elliottii Engelm) โดยสามารถเพิ่มผลผลิตเนื้อไม้ ณ. อัตรา 20, 40 และ 60 เมตริกตัน / เฮกแตร์, และกล้าไม้ Pitch X loblolly pines (Pinus rigida Mill. x *P.* taeda L.) โดยสามารถเพิ่มปริมาตรของลำต้น (Stem Volume) ณ. อัตรา 22 และ 56 เมตริกตัน / เฮกแตร์ เป็นต้น

ตารางที่ 5 อัตราการใช้กากตะกอนและผลต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด

ชนิดของพืช	อัตราการใช้กากตะกอน (เมตริกตัน / เฮกแตร์)	ผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
ผักคะน้า[1] (Brassica oleracea L. var alboglabra Bailey)	20, 40, 60 และ 80	- เพิ่มผลผลิต (Yields)
กล้าข้าวบาร์เล่ย์[2] (Hordeum vulgare L., cv. Traill)	3.2, 7.6, 15.2 และ 30.4	- เพิ่มผลผลิต (Yields)
ข้าวโพด และ ข้าวไรย์[3] {(Zea mays L.) และ (Seceale cereale L.)}	63, 125, 251 และ 502	- เพิ่มผลผลิต (Yields)
กล้าไม้ Noble fir, White pine และ Douglas-fir[4] {(Abies procera) (Pinus monticola) และ (Pseudotsuga menziesii) }	98	- เพิ่มความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลาง
Slash pine[5] (Pinus elliottii Engelm)	20, 40 และ 60	- เพิ่มผลผลิตเนื้อไม้
กล้าไม้Pitch X loblolly pines[6] (Pinus rigida Mill x P. taeda L.)	22 และ 56	- เพิ่มผลผลิต

ที่มา 1. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ , 2529

2. Dowdy and Larson , 1975

3. Cunningham, Keeney and Ryan , 1975

4. Henry , 1986

5. Lutrick, Riekerk and Cornell , 1986

6. Moss, Berger and Daniels , 1989

อาจกล่าวได้ว่า กากตะกอน สามารถเอื้อประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองทางบวกของพืชขึ้นอยู่กับอัตราการใช้กากตะกอนที่เหมาะสม การใช้กากตะกอนในอัตราที่สูงเกินไป จะส่งผลลบต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจาก องค์ประกอบที่ซับซ้อนของกากตะกอน เช่น จุลธาตุอาหาร โลหะหนัก รวมทั้งเกลือต่าง ๆ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดพิษต่อพืช (Dolar , Boyle and Keeney , 1972)

4.2 การสะสมโลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะ ตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป โดยไม่รวมโลหะที่เป็นโลหะแอลคาไลเอิร์ท ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นธาตุในตารางธาตุที่มีเลขเชิงอะตอม (Atomic Number) ในช่วง 23 - 92 อยู่ในคาบที่ 4 – 7

โลหะหนัก ไม่ว่าจะเป็นจุลธาตุอาหารพืชหรือไม่ใช่จุลธาตุอาหารพืช เมื่อสะสมอยู่ในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช อาจทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้ โดยพืชต่างชนิดกันมีการดูดกินธาตุอาหารและสะสมในปริมาณที่แตกต่างกัน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539) ซึ่งย่อมรวมถึงโลหะหนักด้วยเช่นกัน

การสะสมโลหะหนักของพืช โดยทั่วไปมักขึ้นอยู่กับ ปริมาณและชนิดของโลหะหนักซึ่งมีอยู่ในดิน การเคลื่อนที่ของโลหะหนักจากดินไปยังบริเวณพื้นผิวของรากพืช (Root Surface) การเคลื่อนย้ายของโลหะหนักจากบริเวณพื้นผิวรากพืชไปสู่รากพืช และการเคลื่อนย้ายของโลหะหนักจากส่วนรากของพืชไปยังส่วนเหนือพื้นดินของพืช (Wild , 1988 อ้างถึงใน Alloway, 1990) นอกจากนั้น รูปทางเคมีของโลหะหนัก ลักษณะสมบัติของดิน และสภาพภูมิอากาศ ก็มีผลต่อการสะสมโลหะหนักของพืช (Cottenie ,Kiekans and Van Landschoot , 1984 ; Joseph, 1984 อ้างถึงใน พัชราวดี สุวรรณธาดา , 2529)

โลหะหนักอาจจะมีปริมาณการสะสมเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณการใช้กากตะกอนเพิ่มขึ้น (Cunningham , Keeney and Ryan , 1975 ; Kelling *et al.* 1977 ; Hemphill *et al.* 1982) แต่ปริมาณการใช้กากตะกอนที่เพิ่มขึ้น ก็ไม่ได้บ่งชี้ต่อการสะสมโลหะหนักของพืชเสมอไป (Mortvedt and Giordano , 1975 ; Lepp and Eardley , 1978) พืชเกษตรมีการตอบสนองต่อชนิดและปริมาณการสะสมโลหะหนักที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) เช่น ผักกาดหวาน จะสะสมทองแดง นิกเกิล และสังกะสี ได้ในปริมาณที่สูง แต่กระเทียมและหัวหอม จะสะสมโลหะหนักดังกล่าวได้ในปริมาณที่ต่ำ, ขึ้นฉ่าย จะสะสมแคดเมียมและสังกะสี ได้ในปริมาณที่สูง แต่ข้าวโพดและมันฝรั่งจะสะสมโลหะหนักดังกล่าวได้ในปริมาณที่ต่ำ เป็นต้น

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ของการสะสมโลหะหนักในพืช (Davis and Calton – Smith, 1980 อ้างถึงใน Alloway, 1990)

ชนิดธาตุ	การสะสมโลหะหนักสูง	การสะสมโลหะหนักต่ำ
แคดเมียม	ผักกาดหอม, ผักโขม, ขึ้นฉ่าย, กะหล่ำปลี	มันฝรั่ง, ข้าวโพด, ถั่วฝรั่งเศส, ถั่ว
ตะกั่ว	ผักคะน้า, หญ้าไรย์, ขึ้นฉ่าย	ข้าวบาร์เลย์ซีวีเอส(บางชนิด), มันฝรั่ง, ข้าวโพด
ทองแดง	ผักกาดหวาน, ข้าวบาร์เลย์ซีวีเอส	กระเทียม, กะหล่ำปลี, หัวหอม
นิกเกิล	ผักกาดหวาน, หญ้าไรย์, หัวบีท, หัวผักกาด	ข้าวโพด,กระเทียม,ข้าวบาร์เลย์ซีวีเอส, หัวหอม
สังกะสี	ผักกาดหวาน, หัวบีท, ผักโขม, หัวผักกาดแดง	มันฝรั่ง, กระเทียม, มะเขือเทศ, หัวหอม

อาจกล่าวได้ว่า พืชสามารถสะสมโลหะหนัก โดยไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชในระดับและชนิดของโลหะหนักที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการนำกากตะกอนมาบำบัดหรือกำจัด พร้อมทั้งให้ประโยชน์ต่อดินและพืชด้วย

5. ความเสี่ยงของการสะสมโลหะหนักในพื้นที่ดิน

ความเสี่ยง เป็นปริมาณที่ได้จากการวัดโอกาสและความรุนแรงที่จะเกิดผลด้านลบ (Daniel , 1978 อ้างถึงใน Conway , 1982)

ความเสี่ยง มักใช้ขีดจำกัด(Threshold) ของการเกิดผลกระทบในการพิจารณา แต่บางครั้ง หากข้อสรุปของความเสี่ยงนั้นไม่ชัดเจน ปัจจัยอื่นจะได้รับการพิจารณา (Daniel , 1978 อ้างถึงใน Conway, 1982) เช่น ระดับที่ไม่มีนัยสำคัญทางพิษวิทยา (Toxicologically Insignificant Levels), การตรวจไม่พบผลด้านลบ(No Detectable Adverse Effect), ระดับความจำเป็นสำหรับชีวิต(Degree of Necessity or Benefit), การปฏิบัติเป็นประโยชน์ได้ดีที่สุด(Best Available Practice), หลักการปฏิบัติของขีดจำกัด (The Threshold Principle), หลักการของ Delaney เกี่ยวกับสารก่อมะเร็งของสัตว์ในอาหาร(The Delaney Principle Regarding Animal Carcinogens in Food), การปฏิบัติของผู้ชำนาญที่ได้รับการ

รับรองผล(Prevailing Professional Practice), ธรรมเนียมปฏิบัติ(Custom of Usage), การปลดปล่อยที่สัมพันธ์กับพื้นฐานของธรรมชาติ(Exposure Relative to Natural Background), แบบแผนการปลดปล่อยทางวิชาชีพ(Occupational Exposure Precedent), ผลการลงมติของสาธารณชน(Public Reference and Polling) และข้อเปรียบเทียบกับอันตรายอื่น ๆ ที่เป็นอยู่(Comparision with Accustomed Hazards)

เมื่อต้องการการใช้กากตะกอนบนที่ดิน สิ่งที่ควรคำนึงถึงมากที่สุดสิ่งหนึ่ง คือ ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอน เมื่อมีการใส่กากตะกอนลงสู่ดิน ก็เท่ากับเป็นการเพิ่มโลหะหนักให้แก่ดิน แล้วพืชจะดูดดึงขึ้นไปสะสมในพืช (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2532 ; Kelling et al., 1977 ; Hemphill et al., 1982) ซึ่งย่อมทำให้พืชเป็นตัวส่งถ่ายโลหะหนักเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร และหากภาวะการปนเปื้อนของโลหะหนักเกินขีดจำกัดการรองรับของดิน ก็อาจทำให้ดินสูญเสียภาระหน้าที่ความเป็นดินต่อโลก กล่าวคือ หน้าที่ของการเป็นปัจจัยเบื้องปฐมของการดำรงชีวิตในโลก (เช่น ปัจจัยสี่ อันได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรคของมนุษย์ เป็นต้น) และหน้าที่ของการเป็นเครื่องกรองสารมลพิษมิให้ปนเปื้อนแหล่งน้ำและน้ำใต้ดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมโลหะหนักในดิน ได้แก่ ชนิดพืช ลักษณะสมบัติของดิน ชนิดและรูปทางเคมีของโลหะหนัก ปฏิกิริยาเสริม (Synergism)หรือ ปฏิกิริยาหักล้าง (Antagonism)ของโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ สิ่งต่าง ๆ ที่เติมลงดิน ไม่ว่าจะเป็นกากตะกอน ปูนหรือปุ๋ย ซึ่งขึ้นกับอัตราการใช้ ความลึกของการเติม และระยะเวลาย่อยสลาย สภาพแวดล้อม เช่น ภูมิอากาศ ฤดูกาล (อรรณพ หอมจันทร์ , 2535 ; ศิราณี ศิริสุโขดม , 2535)

เมื่อกล่าวถึงลักษณะดิน ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการสะสมโลหะหนัก คือ สภาพละลายได้ ซึ่งจะกำหนดสภาพเคลื่อนที่ได้ของโลหะหนัก และมีบทบาทในการกำหนดว่าธาตุใดขาดแคลน หรือเป็นพิษต่อพืช หรือมีมากจนเป็นพิษในดิน ทั้งนี้ ปัจจัยที่ควบคุมสภาพละลายได้ของโลหะหนัก ได้แก่ สภาพกรด-ด่างของดิน ศักย์รีดอกซ์ เนื้อดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน ชนิดและปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในดินและในสารละลายดิน ไอออนของธาตุอื่นที่มีอยู่ในสารละลายดิน ระดับความชื้นของดิน อุณหภูมิของดิน และกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน และหากโลหะหนักยังไม่ละลาย ผลต่อสภาพแวดล้อมจะมีน้อยมาก (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539)

ความเสี่ยงของการสะสมโลหะหนักในพื้นที่ดิน มักใช้ชนิดของพืชที่เหมาะสมสำหรับใช้ดูดดึงโลหะหนักและใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพความเป็นพิษของดิน เพื่อให้เกิดความมั่นใจและปลอดภัยสำหรับการใช้ประโยชน์กากตะกอน

จากการประชุมในปี 1989 ของ Swedish Environmental Protection เกี่ยวกับ ลักษณะสมบัติของกากตะกอนและความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม สรุปได้ว่า ในระยะสั้น ยังไม่มีความเสี่ยงใด ๆ จากการใช้ทางการเกษตร แต่ควรมีการปรับปรุงลักษณะสมบัติของกากตะกอน เพื่อผลในการกำจัดกากตะกอน สำหรับพื้นที่การเกษตรในระยะยาวต่อไป (Balmer และ Frost , 1990)

อย่างไรก็ตาม การนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง ควรจะได้รับการพิจารณา เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของโลหะหนักในพืชตามระยะเวลาส่วนใหญ่ มักจะสอดคล้องกับการเพิ่มของโลหะหนักในดิน การใส่กากตะกอนเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อความเข้มข้นของโลหะหนักต่าง ๆ ในดิน โดยเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ สังกะสี > แมงกานีส > นิกเกิล > แคดเมียม > ทองแดง > ตะกั่ว, โครเมียม (Vigerust, Selmer-Olsen and Siriratpiriya, 1987 ; Orawan Siriratpiriya, 1988)

นอกจากนั้น ผลการศึกษาการสะสมของโลหะหนักในพื้นที่ดิน ซึ่งได้รับกากตะกอนเป็นระยะเวลา 6 ปีต่อเนื่องกัน พบว่า ปริมาณการสะสมโลหะหนักมากกว่า 90 % อยู่ในระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตรจากผิวดิน ส่วนที่ระดับความลึกเกินกว่า 30 เซนติเมตรจากผิวดิน ไม่พบปริมาณการสะสมโลหะหนักอย่างมีนัยสำคัญ (Chang *et al.* 1984)

ความเสี่ยงสำหรับการสะสมโลหะหนักบนพื้นที่ดิน ย่อมสามารถลดความเสี่ยงให้น้อยลงหรืออาจจะไม่เกิดขึ้นได้ โดยพิจารณาจากปัจจัยดังที่กล่าวมา ตัวอย่างเช่น ที่ประเทศอังกฤษและอเมริกา จะกำหนดแนวทางสำหรับการใช้ประโยชน์กากตะกอนบนพื้นที่ดิน โดยกำหนดให้ค่าความเป็นกรด - ด่างของดินต้องมากกว่า หรือเท่ากับ 6.5 (Mitchell , Bingham and Page , 1978) ที่ประเทศนอร์เวย์และฟินแลนด์กำหนดให้ใช้กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตัน / เฮกแตร์ (3,200 กิโลกรัม / ไร่) และการกำหนดความเข้มข้นของโลหะหนัก(ppm.) ที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนที่จะใช้เพื่อการเกษตร ดังตารางที่ 7 (Webber , Kloke and Tjell ,1983) เป็นต้น

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นของโลหะหนัก (ppm) ที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนที่จะใช้เพื่อการเกษตร (Webber , Kloke and Tjell , 1983)

ทุกประเทศ	ชนิดธาตุ					
	แคดเมียม (ppm)	ทองแดง (ppm)	แมงกานีส (ppm)	นิกเกิล (ppm)	ตะกั่ว (ppm)	สังกะสี (ppm)
ขอบเขต (Range)	8 – 30	500 – 3,000	500 – 3,000	30 – 500	300 – 1,200	1,000 – 10,000
ค่าเฉลี่ย (Median)	7	1,100	500	200	500	3,000

ดังนั้น การพิจารณานำกากตะกอนไปใช้บนที่ดินใด ๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนก่อนนำไปใช้ เนื่องจากความเสี่ยงของการสะสมโลหะหนักในดินและพืช และกากตะกอนบางชนิดอาจให้โทษมากกว่าให้ประโยชน์ ทั้งนี้ การเลือกชนิดพืช ลักษณะดิน และอัตราการใช้ของกากตะกอนที่เหมาะสม ย่อมนำไปสู่การจัดการกากตะกอนอย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยจากการสะสมโลหะหนักบนพื้นที่ดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย