สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ในการผลิตกระถางปลดปล่อยธาตุอาหาร

T107755

ธวัฒชัย เปี่ยมทอง
ปาจรีย์ เกตุผ่อง
ปูรณัตถ์ มานิกบุตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....107755
วัน,เดือน,ปี.....10 พ.ค. 2553

b.....12210687
i.....

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๔๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Utilization of Wastes from Rubber Wood Industry in Production of Nutrient Releasable Pot

Thawatchai Piemthong

Pajaree Getphong

Puranut Manigabut

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

Kimg Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ในการผลิตกระถางปลดปล่อยธาตุอาหาร

นักศึกษา นายธวัฒชัย เปี่ยมทอง

นางสาวปาจรีย์ เกตุผ่อง

นายปูรณัตถ์ มานิกบุตร

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์

อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.พรรษวรรณ ตันทวี	.....
กรรมการ อาจารย์บุญลือ กล้าหาญ	.....
กรรมการ ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์	.....
กรรมการ อาจารย์กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	.....

.....

(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ในการผลิตกระถางปลดปล่อยธาตุอาหาร

นักศึกษา นายธวัฒชัย เปี่ยมทอง
นางสาวปาจรีย์ เกตุผ่อง
นายปูรณัตถ์ มานิกบุตร

ภาควิชา เคมี **คณะ** วิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา ได้แก่ ขี้กบ ขี้เลื่อย และฝุ่นไม้ ในการผลิตกระถางสำเร็จรูป โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานและเติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ร่วมเป็นส่วนผสม เพื่อที่กระถางจะสามารถปลดปล่อยสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ง่าย ทำการวัดสมบัติของกระถางในแง่ของความสามารถในการปลดปล่อยสารอาหาร ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง จากผลการทดลองพบว่ากระถางที่ใช้ขี้กบ ใช้ตัวประสานที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 25% โดยน้ำหนัก และขึ้นรูปด้วยแรงอัดเท่ากับ 1.3 kg/cm^2 จะทำให้กระถางมีความสามารถในปลดปล่อยสารอาหารออกมาได้มากที่สุด โดยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ออโธฟอสเฟต และโพแทสเซียม เท่ากับ 122.44 ± 2.88 mg/L, 99.19 ± 1.78 mg/L และ 115.73 ± 2.16 mg/L ตามลำดับ กระถางที่ผลิตได้โดยใช้วัตถุดิบและสัดส่วนของตัวประสานดังกล่าวข้างต้น มีความเป็นรูพรุนสูงที่สุด โดยมีค่าความเป็นรูพรุนเท่ากับ 148.45 ± 1.43 cm^3 อย่างไรก็ตามกระถางที่ผลิตจากขี้กบมีข้อจำกัดคือมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้น้อย โดยมีค่าความสามารถในการรับน้ำหนักเท่ากับ 8.67 ± 0.32 kg/cm^2

คำสำคัญ : วัสดุเหลือทิ้งจากไม้ยางพารา, กระถางสำเร็จรูป, การปลดปล่อยสารอาหาร, ความคงตัว, ความเป็นรูพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Utilization of Wastes from Rubber Wood Industry in Production of Nutrient Releasable Pot

Name Tawatchai Peamthong

Pajaree Getphong

Puranut Manigabut

Department Chemistry **Faculty of** Science

Program Environmental Resource Chemistry

Special Project Advisor Dr.Usarat Thawornchaisit

Special Project co-advisor Miss Glinsukol Suwannarat

Abstract

This special project studied the potential application of wastes from rubber wood industry such as wood shavings, sawdust and powdered wood to produce a ready-made pot, using cassava starch as binder and organic-fertilizer formula 16 - 16 - 16 was added as an ingredient so that the pot can easily release the nutrients necessary for plant growth. Properties of the pot in term of ability to release nutrients, stability and porosity were measured. The results showed that the pots made from wood shavings using 25% w/w of the binder and being compressed at 1.3 kg/cm^2 had the highest amount of released nutrients. The amount of total nitrogen, ortho-phosphate and potassium being leached were as 122.44 ± 2.88 mg/L, 99.19 ± 1.78 mg/L and 115.73 ± 2.16 mg/L, respectively. The pot produced from raw material and using ratio of binder as mentioned above had the highest porosity at 148.45 ± 1.43 cm^3. However, one disadvantage of the pot made from wood shavings is decreasing of strength which was 8.67 ± 0.32 kg/cm^2.

Key words: rubber wood waste, ready-made pot, nutrients, stability, porosity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษได้รับความอนุเคราะห์จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ และอาจารย์กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ.พรรษวรรณ ตันทวี อาจารย์บุญลือ กล้าหาญ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์แหลมทอง เหล่าดงถาวร และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้ให้ลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณประพนธ์ เกตุผ่องที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้เป็นอย่างดี

นอกเหนือจากบุคคลที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้กำลังใจตลอดโครงงานพิเศษนี้ ทางผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ
ธวัฒชัย เปี่ยมทอง
ปาจรีย์ เกตุผ่อง
ปูรณัตถ์ มานิกบุตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 อุตสาหกรรมไม้ยางพารา	4
2.2 วัสดุเหลือทิ้งจากยางพารา	4
2.3 ภาชนะปลูกหรือกระถาง	5
2.3.1 ประเภทของภาชนะปลูกหรือกระถาง	5
2.3.2 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของภาชนะปลูก	10
2.4 การขึ้นรูป	11
2.5 ตัวประสาน (Binder)	12
2.6 แป้ง (Starch)	12
2.6.1 ชนิดของแป้ง	13
2.6.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างทางเคมีของแป้ง	13
2.6.3 การเกิดเป็นเจลของแป้ง	15
2.6.4 คุณสมบัติของแป้งเปียก	16
2.7 ธาตุอาหารของพืช	17
2.7.1 ธาตุอาหารที่จำเป็น (Essential nutrient elements) สำหรับพืช	17
2.7.2 รูปของธาตุที่พืชนำไปใช้ประโยชน์	20
2.8 ปุ๋ย (Fertilizer)	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 ปุ๋ยเคมี	24
2.9.1 สมบัติที่สำคัญบางประการของปุ๋ยเคมี	24
2.9.2 ประเภทของปุ๋ยเคมีและแหล่งที่มา	28
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	31
3.1.1 สารเคมี	31
3.1.2 อุปกรณ์	31
3.2 การเตรียมวัตถุดิบ	32
3.3 การศึกษาผลของวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกันต่อสมบัติของกระถาง	32
3.4 การศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง	32
3.5 การศึกษาผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง	33
3.6 การวิเคราะห์สมบัติของกระถางขึ้นรูป	33
3.6.1 การศึกษาสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร	33
3.6.2 การศึกษาสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว	34
3.6.3 การศึกษาสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน	35
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	36
4.1 ผลของขนาดวัตถุดิบต่อสมบัติของกระถาง	37
4.1.1 ผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร	37
4.1.2 ผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว	41
4.1.3 ผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน	42
4.2 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง	43
4.2.1 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร	43
4.2.2 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน	48
4.3 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง	49
4.3.1 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร	49
4.3.2 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว	53
4.3.3 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน	54
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	56
5.1 สรุปผลการทดลอง	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้องกับการทดลองผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถาง	61
ภาคผนวก ข ข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้องกับการทดลองผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง	65
ภาคผนวก ค ข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้องกับการทดลองผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง	69
ภาคผนวก ง กราฟสารละลายมาตรฐาน	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชชั้นสูงทั่วไปและความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งจัดว่าเพียงพอ 19

ตารางที่ 2.2 รูปของสารประกอบของธาตุอาหารที่พบในดิน 21

ตารางที่ 2.3 ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี (ทดลองด้วยสารเคมีบริสุทธิ์) 25

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบผลตกค้างที่เป็นกรดของปุ๋ยแอมโมเนียเหลว ยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนียมชนิดต่างๆ 26

ตารางที่ 2.5 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%) ที่ทำให้ปุ๋ยซึ่งวางอยู่ดูดความชื้นมาจากอากาศมาก (ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติของปุ๋ย) เปรียบเทียบเมื่ออุณหภูมิต่างกัน 27

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการรับน้ำหนักของกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน โดยใช้ตัวประสาน 25% และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2 41

ตารางที่ 4.2 ปริมาตรรูพรุนของกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน โดยใช้ตัวประสาน 25% และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2 42

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการรับน้ำหนักของกระถางที่มีความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2 47

ตารางที่ 4.4 ปริมาตรรูพรุนของกระถางที่มีความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2 48

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการรับน้ำหนักของกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และตัวประสานที่มีความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก 53

ตารางที่ 4.6 ปริมาตรรูพรุนของกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และตัวประสานที่มีความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก 54

ตารางที่ ก.1 ผลของปริมาณไนโตรเจน (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 61

ตารางที่ ก.2 ผลของปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 62

ตารางที่ ก.3 ผลของปริมาณโพแทสเซียม (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 63

ตารางที่ ก.4 ผลของค่าความคงตัวของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ก.5 ปริมาตรรูพรุนของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 64

ตารางที่ ข.1 ผลของปริมาณไนโตรเจน (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน 65

ตารางที่ ข.2 ผลของปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน 66

ตารางที่ ข.3 ผลของปริมาณโพแทสเซียม (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน 67

ตารางที่ ข.4 ผลของค่าความคงตัวของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้น ของตัวประสานต่างกัน 68

ตารางที่ ข.5 ปริมาตรรูพรุนของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสาน ต่างกัน 68

ตารางที่ ค.1 ผลของปริมาณไนโตรเจน (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน 69

ตารางที่ ค.2 ผลของปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน 70

ตารางที่ ค.3 ผลของปริมาณโพแทสเซียม (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน 71

ตารางที่ ค.4 ผลของค่าความคงตัวของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน 72

ตารางที่ ค.5 ปริมาตรรูพรุนของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงโครงสร้างของอะไมโลส	14
รูปที่ 2.2	แสดงโครงสร้างของอะไมโลเปกติน	15
รูปที่ 4.1	กระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากไม้ยางพาราที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน	36
รูปที่ 4.2	ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดย ◆ ฝุ่นไม้ ■ ขี้เลื่อย ▲ ขี้กบ	37
รูปที่ 4.3	ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดย ◆ ฝุ่นไม้ ■ ขี้เลื่อย ▲ ขี้กบ	39
รูปที่ 4.4	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดย ◆ ฝุ่นไม้ ■ ขี้เลื่อย ▲ ขี้กบ	40
รูปที่ 4.5	ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยตัวประสานที่มีความเข้มข้นต่างกันโดย ◆ ตัวประสาน 25% ■ ตัวประสาน 30% ▲ ตัวประสาน 35%	43
รูปที่ 4.6	ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยตัวประสานที่มีความเข้มข้นต่างกันโดย ◆ ตัวประสาน 25% ■ ตัวประสาน 30% ▲ ตัวประสาน 35%	45
รูปที่ 4.7	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยตัวประสานที่มีความเข้มข้นต่างกันโดย ◆ ตัวประสาน 25% ■ ตัวประสาน 30% ▲ ตัวประสาน 35%	46
รูปที่ 4.8	ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่ต่างกันโดยแรงอัด ◆ 1.3 kg/cm^2 ■ 1.6 kg/cm^2 ▲ 1.9 kg/cm^2	50
รูปที่ 4.9	ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่ต่างกันโดยแรงอัด ◆ 1.3 kg/cm^2 ■ 1.6 kg/cm^2 ▲ 1.9 kg/cm^2	51
รูปที่ 4.10	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่ต่างกันโดยแรงอัด ◆ 1.3 kg/cm^2 ■ 1.6 kg/cm^2 ▲ 1.9 kg/cm^2	52
รูปที่ ง.1	กราฟสารละลายมาตรฐานมาตรฐานฟอสฟอรัส	73
รูปที่ ง.2	กราฟสารละลายมาตรฐานมาตรฐานโพแทสเซียม	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

การเพิ่มจำนวนของประชากร การขยายตัวของเมือง การพัฒนาทางอุตสาหกรรม และการท่องเที่ยว เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างสิ้นเปลืองโดยขาดความระมัดระวัง และไม่มีสร้างขึ้นใหม่เพื่อการทดแทน โดยเฉพาะป่าไม้ในเขตร้อนจะถูกทำลายปีละหลายล้านไร่ เพื่อนำเนื้อไม้มาใช้ประโยชน์ด้านที่อยู่อาศัย และใช้สอยในชีวิตประจำวัน สนองความต้องการด้านพื้นฐานของมนุษย์ ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติขาดความสมดุล มีสภาพทรุดโทรม เกิดการขาดแคลน และมีราคาแพง อีกทั้งมีแนวโน้มความขัดแย้งเนื่องมาจากการแย่งชิงทรัพยากรธรรมชาติระหว่างกลุ่มต่างๆ มากขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดความรุนแรงในสังคมขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมให้วิกฤตมากขึ้น

ป่าไม้ในประเทศไทยถูกทำลายไปเป็นจำนวนมากมายมหาศาล การตัดฟันไม้ไม่เป็นไปตามหลักวิชาการที่กำหนดไว้ การปลูกป่าทดแทนตามเงื่อนไขการให้สัมปทาน ไม่มีผลในทางปฏิบัติ ทำให้รัฐบาลต้องประกาศพระราชกำหนดปิดป่าสัมปทานทำไม้ทั่วประเทศเมื่อวันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2532 (http://www.seub.or.th) เพื่อปกป้องป่ามิให้มีการนำไม้ออกจากป่า ทำให้เกิดการขาดแคลนไม้ใช้สอยสำหรับครัวเรือน และอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ในการผลิต จึงจำเป็นต้องหาแหล่งไม้จากป่าที่มนุษย์ปลูกสร้างขึ้นมาใช้ทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ

ไม้ยางพารา เป็นไม้จากสวนป่าที่มนุษย์ปลูกสร้างที่มีคุณภาพทางกายภาพใกล้เคียงไม้สัก มีลวดลายที่สวยงาม ย้อมสีได้ ตกแต่งง่าย น้ำหนักเบา และมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น ไม้ยางพาราที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเป็นไม้ที่มีอายุมากให้ผลผลิตน้ำยางต่ำ ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการกรีดเอาน้ำยางจึงจำเป็นต้องโค่นออก แล้วปลูกทดแทนใหม่ตามวงจรธรรมชาติ ประเทศไทยจึงได้รับผลประโยชน์จากไม้ยางพาราที่โค่นเพื่อการปลูกทดแทนมาใช้ในอุตสาหกรรมไม้ ประมาณปีละ 14 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณการส่งออกในปี พ.ศ.2547 ประมาณ 2,183,937 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2546 ประมาณ 146,493 ลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มว่าจะมีการใช้ประโยชน์จากไม้ยางพารามากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร, 2548) ไม้ยางพาราแปรรูป ส่วนใหญ่นำไปใช้ผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ วัสดุก่อสร้าง ของเด็กเล่น ของใช้ในครัวเรือน กรอบรูป ของชำร่วย แผงไม้รองยาง ลังใส่ผลไม้ ฯลฯ ในปัจจุบันส่วนที่เหลือจะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง ขี้เลื่อยใช้เป็นวัสดุเพาะเชื้อเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เศษปลายไม้เข้าเครื่องสับเป็นชิ้นไม้เพื่อทำแผ่นไม้ประกอบต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา

กระถาง เป็นที่ใช้รองรับวัสดุปลูกเพื่อการเพาะปลูกต้นกล้าก่อนที่จะนำต้นไม้ลงดิน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้พลาสติก และดินเผาเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยที่กระถางพลาสติกจะมีข้อเสียคือ อากาศถ่ายเทได้ไม่สะดวกเพราะกระถางทึบไม่มีรูพรุน หากรดน้ำมากเกินไปอาจทำให้รากพืชอาจออกซิเจน และเน่าตายได้ สำหรับในฤดูร้อนอุณหภูมิเครื่องปลูกจะสูงมาก โดยเฉพาะในกระถางพลาสติกสีดำ อาจถึงระดับเป็นอันตรายแก่ต้นไม้ได้ ซึ่งถ้านำไปวางตากแดดไว้นานๆ จะกรอบและแตกหักได้ง่าย ส่วนกระถางดินเผาจะมีข้อเสียคือ น้ำหนักมาก แตกเสียหายได้ง่าย การเก็บรักษาต้องใช้พื้นที่มากเพราะวางซ้อนกันได้ไม่สนิท เมื่อปลูกไปนานๆ จะมีตะไคร่น้ำจับเป็นสีเขียว ต้องเสียเวลาในการขัดถู โดยเมื่อปลูกต้นไม้ไปนานๆ รากก็จะขึ้นเต็มกระถาง ดังนั้นจึงจะต้องนำต้นไม้ลงดิน (http://www.maipradab.com) และเมื่อนำกระถางเหล่านี้ไปทำลายหรือฝังกลบ จะย่อยสลายได้ยาก และอาจเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นถ้าใช้กระถางที่สามารถฝังลงดินแล้วเกิดการย่อยสลายได้โดยง่าย ไม่จำเป็นต้องย้ายต้นไม้ออกจากกระถางก่อน จะสามารถช่วยให้การปลูกต้นไม้กระทำได้ง่ายขึ้น และเป็นการลดมลพิษที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมด้วย

โครงงานพิเศษนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบจากไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานในการผลิตกระถางสำเร็จรูป โดยมีการเติมปุ๋ยเคมีลงไปเป็นส่วนผสมในการผลิตกระถางแล้วแต่การนำไปใช้ เพื่อที่กระถางจะสามารถปลดปล่อยสารอาหารให้พืชสามารถดูดซับไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ และศึกษาปริมาณของตัวประสานที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปกระถาง รวมทั้งทำการเปรียบเทียบคุณภาพของกระถางจากวัตถุดิบจากไม้ยางพารากับกระถางทั่วไป เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการอัดขึ้นรูปกระถางให้มีประสิทธิภาพดีต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระถางขึ้นรูปจากวัตถุดิบที่เหลือจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป
2. ศึกษาผลของขนาดอนุภาคของวัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางขึ้นรูป
3. ศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางขึ้นรูป
4. ศึกษาผลของแรงอัดต่อสมบัติของกระถางขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของขนาดอนุภาคของวัตถุดิบต่อสมบัติของกระถาง โดยนำวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน ได้แก่ ขี้เลื่อย ขี้กบ และฝุ่นที่เหลือจากการไสไม้ยางพารามาผสมกับตัวประสาน และปุ๋ยเคมี และทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด และนำกระถางขึ้นรูปที่ได้ไปทดสอบสมบัติของกระถางในแง่การปลดปล่อยสารอาหาร ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถางขึ้นรูป
2. การศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง โดยนำวัตถุดิบที่มีขนาดเหมาะสมจากการศึกษาในหัวข้อที่ 1 มาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง โดยแปรค่าความเข้มข้นของตัวประสานตั้งแต่ 25% - 35% โดยน้ำหนัก กำหนดอัตราส่วนของปุ๋ยเคมีให้มีค่าคงที่ จากนั้นทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด และนำกระถางขึ้นรูปที่ได้ไปทดสอบสมบัติของกระถางในแง่การปลดปล่อยสารอาหาร ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถางขึ้นรูป
3. การศึกษาผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง โดยนำวัตถุดิบที่มีขนาดเหมาะสมจากการศึกษาในหัวข้อที่ 1 มาผสมกับแป้งมันสำหลังที่มีความเข้มข้นเหมาะสมจากการศึกษาในหัวข้อที่ 2 โดยแปรค่าแรงอัดตั้งแต่ 1.3 -1.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำหนดอัตราส่วนของปุ๋ยเคมีให้มีค่าคงที่ และนำกระถางขึ้นรูปที่ได้ไปทดสอบสมบัติของกระถางในแง่การปลดปล่อยสารอาหาร ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถางขึ้นรูป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการจัดการและการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป
2. เป็นแนวทางในการผลิตกระถางขึ้นรูปที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้ง่าย
3. เป็นแนวทางในการผลิตกระถางขึ้นรูปที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 อุตสาหกรรมไม้ยางพารา

เป็นอุตสาหกรรมที่พัฒนาพร้อมกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้คุณภาพดีตรงกับความต้องการของผู้ใช้ในรูปต่างๆ ได้แก่ ลังปลา ปาร์ติเกิลบอร์ด ของเด็กเล่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ไม้อัด เครื่องประดับตกแต่งภายในอาคาร ปัจจุบันเป็นสินค้าส่งออกที่มีมูลค่าสูง และมีแนวโน้มขยายตัวมากยิ่งขึ้นจากจำนวน 74,110 ตัน ในปี 2541 เป็น 404,745 ตัน ในปี 2544 เพิ่มขึ้น 5.46 เท่าตัว โดยมีมูลค่าการส่งออกในปี 2544 เท่ากับ 2,311.07 ล้านบาท ตลาดหลักที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลี สิงคโปร์ และฮ่องกง (http://www.thailandrubberthaigov.net)

ประเทศไทยจึงมีความพยายามพัฒนาการทำสวนยางพาราให้เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้จัดตั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการทำสวนยางพารา เพื่อดำเนินการวิจัย ส่งเสริม และพัฒนา ทำให้พื้นที่ปลูกยางพาราขยายตัวอย่างต่อเนื่องจาก 7 ล้านไร่ ในปี 2503 เป็น 10 ล้านไร่ ในปี 2529 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1.3 ต่อปี โดยพื้นที่บางส่วนได้รับการส่งเสริมให้ปลูกยางพันธุ์ดีแทนยางพาราพันธุ์เก่าอายุ 25 ปีขึ้นไป โดยสงเคราะห์ให้เกษตรกรไร่ละ 6,800 ต่อปี เป็นระยะเวลา 6 ปี ช่วงปี 2529 – 2534 การทำสวนยางพารามีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบจาก “ป่ายางหรือสวนสมรม” ไปเป็นพืชเชิงเดี่ยวที่มีเพียงต้นยางพาราอย่างเดียว โดยปลูกทดแทนพันธุ์พื้นเมืองเดิมด้วยยางพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าและมีการบำรุงรักษามากขึ้น ทำให้ผลผลิตยางพาราของไทยในช่วงเวลาดังกล่าว เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 0.94 ล้านตัน ในปี 2529 เป็น 1.5 ล้านตัน ในปี 2534 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 9.7 ต่อปี ประเทศไทยจึงเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติอันดับหนึ่งของโลก ดังนั้นประเทศไทยจึงมีวัสดุเหลือทิ้งจากไม้ยางพาราเป็นปริมาณมาก

2.2 วัสดุเหลือทิ้งจากยางพารา

วัสดุเหลือทิ้งจากยางพารา สามารถแบ่งตามขนาดอนุภาคได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ฝุ่นไม้

ฝุ่นไม้เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้ยางพาราที่มีขนาดอนุภาคเล็กที่สุด ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตธูปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขี้เลื่อย

ขี้เลื่อยเป็นผงไม้ที่เกิดจากการตัดไม้ด้วยเลื่อย การขัดไม้ด้วยกระดาษทราย หรือเครื่องขัด โดยอาจนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำมาผลิตผลิตภัณฑ์จากขี้เลื่อย โดยการนำขี้เลื่อยมาผสมกับกาวในส่วนผสมที่เหมาะสม อาจเติมวัสดุอื่นเพื่อช่วยการยึดเกาะ เช่น ใยสา ฟางข้าว ลงในส่วนผสมด้วยก็ได้ แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นิยมนำมาทำเป็นตุ๊กตารูปสัตว์ ดอกไม้ ต้นไม้ อาจผสมสีลงในวัสดุ หรือตกแต่งสีเพื่อความสวยงาม และอาจประกอบด้วยวัสดุอื่นช่วยในการทำ เช่น ลวด ไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำขี้เลื่อยไปใช้ในการเพาะเห็ด ทำถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง ทำปุ๋ยหมัก และเป็นวัสดุปลูกได้

3. ขี้กบ

ขี้กบเป็นผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมเลื่อยไม้ การไสไม้ หรือการประดิษฐ์วัสดุก่อสร้างที่ทำด้วยไม้ มีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดอมน้ำได้ขึ้นกับชนิดของไม้ ราคาถูก เป็นการยากที่จะจัดให้มีการเรียงตัวของม้วนขี้กบที่เป็นระเบียบ สามารถนำไปใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ของประดับตกแต่งบ้าน

ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำวัสดุเหลือทิ้งจากยางพาราเหล่านี้ มาผสมเป็นวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตเป็นวัสดุปลูกหรือภาชนะปลูก เนื่องจากวัสดุเหล่านี้สามารถช่วยเพิ่มปริมาณรูพรุนในเนื้อดิน และทำให้ดินสามารถระบายน้ำและอากาศได้ดีขึ้น

2.3 ภาชนะปลูกหรือกระถาง

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ให้ความหมายของกระถางว่า หมายถึง ภาชนะปากกว้าง มีรูปต่างๆ สำหรับปลูกต้นไม้ หรือใส่น้ำและอื่นๆ ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า pot ซึ่งให้คำจำกัดความไว้ว่า ภาชนะทำด้วยดิน (clay) หรือพลาสติกแข็ง (hard plastic) มีรูที่ก้นเพื่อระบายน้ำส่วนเกินออกไป ใช้สำหรับปลูกต้นไม้ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปากกระถางตั้งแต่ 1 3/4 - 14 นิ้ว ส่วนความสูงขึ้นอยู่กับขนาดปากกระถาง อาจมีความสูงเท่ากับความกว้างของปากกระถาง หรือมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของชนิดและความสูงของพืชที่ปลูก

2.3.1 ประเภทของภาชนะปลูกหรือกระถาง (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547)

ในปัจจุบันมีกระถางที่ผลิตขึ้นจากวัสดุหลายประเภทและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย อาทิ กระถางดินเผา กระถางเคลือบ กระถางพลาสติก วัสดุปลูกสำเร็จรูปที่อัดเป็นก้อนรูปทรงคล้ายกระถางแบบต่างๆ ที่เรียกว่า "ก้อนมหัศจรรย์" หินผุ ตอไม้ กระเช้าไม้รูปร่างต่างๆ เป็นต้น ซึ่งเป็นทางเลือกที่ช่วยเพิ่มความสวยงามให้ต้นไม้ได้มากขึ้น

ภาชนะปลูกหรือกระถางที่ต่างชนิดกันย่อมมีข้อแตกต่างกันทั้งในเรื่องราคา อายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม และวัสดุที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะมีผลต่อคุณลักษณะพิเศษในการช่วยให้ต้นไม้เจริญเติบโต

1) กระถางดินเผา

ทำจากดินเหนียว ปั้นให้มีรูปทรงต่างๆ แล้วเผาด้วยอุณหภูมิสูง รูปร่างเป็นทรงกลม นิยมใช้กันมานาน ปัจจุบันพัฒนารูปทรงได้แปลกตา มีให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม

ข้อดี

- ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี เนื่องจากมีรูพรุนรอบๆ กระถาง ทำให้รากพืชได้รับออกซิเจนเพียงพอ ต้นพืชเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะในระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโต
- อุณหภูมิของวัสดุปลูกเหมาะกับการเจริญเติบโตของรากพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน
- ทำความสะอาดกระถางด้วยการอบไอน้ำ และรมด้วยสารเคมีทุกชนิดได้โดยไม่เสียรูปทรง

ข้อเสีย

- เบราะแตกง่าย
- มีน้ำหนักมาก ขนย้ายลำบาก
- ราคาแพง
- ใช้พื้นที่เก็บรักษามาก เพราะมีขนาดไม่สม่ำเสมอกัน จึงซ้อนกันไม่ได้
- ล้างและทำความสะอาดยาก เนื่องจากมีตะไคร่และคราบเกลือบริเวณรอบๆ กระถาง ซึ่งเป็นผลเสียต่อการปลูกพืชบางชนิด
- หาซื้อค่อนข้างยาก มีแหล่งผลิตเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น
- เมื่อพืชที่ปลูกในกระถางโตเต็มที่แล้ว รากจะแผ่ขยายเต็มจนชิดและสัมผัสขอบกระถาง ต้นไม้จะเหี่ยวเฉาเพราะขาดน้ำเนื่องจากมีการระเหยน้ำมาก
- มีการสูญเสียปุ๋ยไปพร้อมกับน้ำที่ระบายออกทางก้นกระถางและการระเหยน้ำ
- มีรูปทรงให้เลือกน้อย

2) กระถางพลาสติก

ทำจากพลาสติกแข็งหรือวัสดุอื่นๆที่คล้ายคลึงกัน มีรูปร่างหลากหลายมากมาย

ข้อดี

- ราคาถูก
- น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายและขนส่งได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำความสะอาดง่าย
- ไม่มีปัญหาเรื่องตะไคร่น้ำ เนื่องจากมีผิวลื่น
- เก็บความชื้นได้ดีกว่ากระถางดินเผา ทำให้เครื่องปลูกแห้งช้า ทำให้ไม่ต้องรดน้ำบ่อยนัก

ข้อเสีย

- เนื่องจากลักษณะของกระถางทึบไม่มีรูพรุนทำให้อากาศถ่ายเทไม่สะดวก ถ้ารดน้ำมากจะทำให้น้ำขังแฉะ อาจจะทำให้รากพืชเน่าตายได้
- อุณหภูมิของเครื่องปลูกสูงมากในฤดูร้อนโดยเฉพาะกระถางพลาสติกสีดำ
- ถ้าวางตากแดดนานๆ จะกรอบและแตกหักได้ง่าย

3) กระถางเคลือบหรือเซรามิก

กระถางประเภทนี้มักมีความสวยงาม จึงนิยมใช้ประดับตกแต่ง แต่ควรมีภาชนะวางรองไว้ที่ก้นกระถางเสมอ เพื่อป้องกันน้ำจากการรดน้ำไหลเปรอะเปื้อน รวมทั้งใช้งานได้ทนทาน

ข้อดี

- ผิวเป็นมันลื่น จึงไม่มีขี้เกลือหรือตะไคร่น้ำเกาะ
- ทำความสะอาดง่าย

ข้อเสีย

- ราคาค่อนข้างแพง
- การเคลือบผิวกระถางทำให้ช่องอากาศและน้ำซึมออกจากกระถางได้น้อย

4) ถุงพลาสติกดำ

เป็นภาชนะปลูกที่ใช้สำหรับปลูกพืชในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อสะดวกในการจำหน่ายหรือเคลื่อนย้ายไปปลูกตามสถานที่ต่างๆ ในลักษณะชั่วคราวตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ในปัจจุบันมีการผลิตชนิดที่มีสีอ่อนด้านนอกและด้านในของถุงยังคงเป็นสีดำ เพื่อลดการดูดความร้อนและช่วยสะท้อนแสง ทำให้วัสดุปลูกในถุงมีอุณหภูมิต่ำลง

ข้อดี

- ราคาไม่แพง
- มีให้เลือกหลายขนาด
- สามารถพับซ้อนๆ กันได้
- น้ำหนักเบา
- สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ถ้าไม่ผุเปื่อยหรือฉีกขาดก่อน

ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อนำไปใช้งานแล้วมักไม่ค่อยคงรูป ล้มง่าย
- การระเหยของน้ำเกิดได้เฉพาะด้านบน และระบายน้ำได้เฉพาะรูที่เจาะทางด้านล่าง
- สะสมความร้อนในวัสดุปลูก ทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ไม่ดีนัก
- เปื่อยขาดได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนมากๆ
- ต้องใช้ภาชนะอื่นมาสวมทับอีกชั้นเพื่อความสวยงามในการใช้ประดับสถานที่ต่างๆ

5) แท่งปลูกสำเร็จรูป

เป็นภาชนะปลูกที่ผลิตจากสารอินทรีย์ที่มีในแต่ละท้องถิ่น อยู่ในสภาพอบแห้ง และมีให้เลือกหลายรูปแบบตามต้องการ วิธีใช้สะดวก โดยแช่ไว้ในน้ำให้ดูดน้ำจนชุ่ม แล้วจึงขุดหลุมตรงกลาง ถ้านำไปปลูกในดินก็สามารถสลายตัวได้ง่าย

ข้อดี

- เก็บความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับปลูกไม้ดอกที่ต้องการความชื้นสูง
- สังเกตการณ์เพื่อให้น้ำได้ง่าย คือเมื่อขาดน้ำ ผิวด้านนอกจะแห้ง
- เป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- ทำการย้ายปลูกได้ง่าย เพราะไม่ต้องถอดออกจากภาชนะปลูก รากจึงไม่กระทบกระเทือน
- ในกรณีที่ใช้เป็นแท่งปักชำหรือแท่งเพาะเมล็ด เมื่อย้ายปลูกลงในแปลงปลูก แท่งปลูกเหล่านี้สามารถย่อยสลายได้ง่าย

ข้อเสีย

- ราคาค่อนข้างสูง
- มีขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมอยู่ค่อนข้างมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้ปลูกไม้ดอกบางชนิดที่ต้องการธาตุอาหารสมบูรณ์
- อากาศและน้ำระบายออกทางผิวด้านข้างได้ไม่มากนัก
- ถ้าเปียกชื้นมากเกินไปจะเปื่อยยุ่ยได้ง่าย
- เกิดเชื้อราและมีตะไคร่น้ำเกาะที่ผิวนอกได้ง่าย

6) หินผุ

ในปัจจุบันใช้หินผุเป็นภาชนะปลูกน้อยลง เนื่องจากหาได้ยากขึ้นและมีราคาแพง จึงมักใช้หินผุเป็นภาชนะปลูกประดับสวนหรือตกแต่งสถานที่ให้เป็นธรรมชาติเท่านั้น

ข้อดี

- อายุการใช้งานยาวนาน
- สามารถขุดเจาะเป็นหลุมหรือแอ่งเพื่อปลูกต้นไม้ได้ โดยแช่น้ำให้ชุ่ม และขุดเจาะด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็ง

- พื้นผิวมีรูพรุน เหมาะแก่การระบายน้ำและอากาศ
- เก็บความชื้นได้ดี แม้ไม่ใช้วัสดุปลูก

ข้อเสีย

- มีราคาค่อนข้างสูง
- ปัจจุบันค่อนข้างหายาก มีจำหน่ายไม่มากนัก
- มีน้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายลำบาก

7) ตอไม้

ตอไม้ที่เป็นภาชนะปลูกมักเป็นตอไม้ขนาดใหญ่ที่สามารถขุดเป็นหลุมด้านบนเพื่อใส่วัสดุปลูกได้ สามารถใช้วางประดับ สวนหรือตกแต่งสถานที่ต่างๆ ให้ดูกลมกลืนเป็นธรรมชาติ

ข้อดี

- ให้ความรู้สึกที่ใกล้เคียงธรรมชาติ
- มีลักษณะเป็นแอ่งเพื่อใส่วัสดุสำหรับปลูกต้นไม้
- เก็บความชื้นได้ดี
- มีช่องระบายอากาศและน้ำพอสมควร

ข้อเสีย

- ค่อนข้างสิ้นเปลืองพื้นที่ในการจัดวาง
- มีราคาค่อนข้างแพง
- ถ้าตอไม้เปียกชื้นตลอดเวลาจะผุพังได้ง่าย
- เป็นสาเหตุให้เกิดเชื้อราและโรคต่างๆ ได้ง่าย

8) กระเช้าไม้รูปแบบต่างๆ

เป็นภาชนะปลูกแบบห้อยแขวนที่ทำจากไม้ระแนงไม้สัก หรือแบบที่เป็นตะกร้าไม้รูปทรงต่างๆ มีลักษณะโปร่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก

ข้อดี

- สวยงามใกล้เคียงธรรมชาติ มีให้เลือกหลายรูปแบบตามความต้องการ
- เก็บความชื้นได้ดี

ข้อเสีย

- ราคาค่อนข้างแพง
- ถ้าชื้นแฉะตลอดเวลาจะผุพังง่าย อายุการใช้งานสั้นลง
- เกิดเชื้อราและโรคต่างๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญของต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของภาชนะปลูก (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2547)

การปลูกต้นไม้ให้เจริญเติบโตงอกงามดีนั้นควรเลือกใช้ภาชนะปลูกให้เหมาะสมกับความต้องการของพันธุ์ไม้นั้นๆ โดยพิจารณาจากหลักเกณฑ์ดังนี

1) การระบายน้ำ

กระถางที่มีรูพรุนโดยรอบ เช่น กระถางดินจะระบายน้ำและอากาศได้ดี รากพืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ คือระเหยโดยตรงจากผิวหน้าดิน ดังนั้นจึงสามารถจำแนกกระถางที่มีรูระบายน้ำได้แตกต่างกันดังนี้

1.1 กระถางที่มีรูรอบกระถาง

มีการถ่ายเทอากาศและระบายน้ำได้ดี รากจึงได้รับแสงในปริมาณที่เหมาะสม

1.2 กระถางที่มีรูปานกลาง

เหมาะสำหรับพืชที่มีระบบรากกึ่งอากาศ มีระบบรากฝังตัวในวัสดุปลูกเพื่อหนีแสง แต่ต้องการการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศที่ดี

1.3 กระถางที่มีรูเฉพาะที่ก้นกระถาง

เป็นภาชนะที่ใช้ปลูกต้นไม้ทั่วๆ ไปที่ระบบรากไม่ต้องการแสง และต้องการการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม

2) การรักษาความชื้น

โดยทั่วไปความชื้นระหว่างผิวกระถางภายนอกและภายในไม่ควรมีความแตกต่างกันมากนัก เพราะจะมีผลต่ออุณหภูมิของวัสดุปลูก กระถางที่สามารถรักษาความชื้นได้เหมาะสม รากต้นไม้จะแผ่กระจายไปได้ทั่วกระถาง ในกรณีที่มีน้ำมากเกินไป น้ำก็จะสามารถระบายออกทางรูก้นกระถางและซึมออกทางด้านข้างได้

3) สีของกระถาง

มีผลต่ออุณหภูมิของวัสดุปลูก เช่น กระถางพลาสติกสีดำมีผลให้อุณหภูมิวัสดุปลูกสูงเกินระดับพอดี ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของดอก รวมทั้งการเลือกกระถางที่มีสีสะดุดตาก็อาจข่มความงามของดอกไม้ที่ปลูกได้ ดังนั้นจึงนิยมเลือกกระถางดินเผาที่มีสีแดงอิฐถึงสีน้ำตาล ซึ่งเป็นสีใกล้เคียงธรรมชาติ ไม่เด่นกว่าสีของดอกไม้ ต้นไม้ เพื่อช่วยให้ไม้ดอกโดดเด่นและสวยงามยิ่งขึ้น

4) อายุการใช้งานหรือความคงทนของกระถางหรือภาชนะปลูก

บางชนิดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้งหลังจากผ่านการทำความสะอาดแล้ว จึงจัดเป็นภาชนะปลูกที่มีอายุการใช้งานยาวนานและช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย

5) การทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระถางที่ใช้แล้วมักมีคราบตะไคร่น้ำและเชื้อโรคปนเปื้อน ในการทำความสะอาดจึงใช้ต้มอบไอน้ำ หรือรมด้วยสารเคมี ดังนั้นกระถางหรือภาชนะจึงควรคงรูปหรือไม่เสียรูปทรงเมื่อผ่านกระบวน การดังกล่าว แต่ถ้ากระถางบางชนิด เช่น กระถางพลาสติก ไม่สามารถผ่านกระบวนการได้ก็ต้องใช้แรงงานทำความสะอาด

6) ความต้องการเฉพาะของพันธุ์ไม้

ควรเลือกกระถางให้เหมาะกับพืชที่ปลูกดังนี้

6.1 พันธุ์ไม้ที่ต้องการความชื้นสูง

ภาชนะปลูกที่เหมาะสมควรเป็นกระถางดินเผาหรือหินผุ เพราะมีคุณสมบัติเก็บรักษาความชื้นได้ดี

6.2 พันธุ์ไม้ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงๆ และไม่ต้องการน้ำมาก มีอายุหลายปี สามารถปลูกในกระถางพลาสติก ซึ่งมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

6.3 พันธุ์ไม้ที่อ่อนแอต่อโรคเน่าคอดิน

ควรปลูกในภาชนะที่ระบายน้ำได้ดีและไม่แน่นเปื่อยง่ายเมื่อเปียกน้ำนานๆ เช่น กระเช้าไม้หรือแท่งปลูกสำเร็จรูป เพื่อป้องกันการสะสมของเชื้อราและโรคต่างๆ

7) วัสดุที่ใช้ผลิตภาชนะปลูก ไม่ส่งผลกระทบต่อวัสดุปลูก

เช่น ไม่ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนแปลงไป

8) รูปทรง

กระถางหรือภาชนะปลูกจะมีรูปทรงหลายแบบและหลายขนาด ควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะขนาดของทรงพุ่มต้นไม้ที่ปลูกและสภาพแวดล้อม ดังนั้นการขึ้นรูปจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณาคุณภาพของภาชนะปลูก

2.4 การขึ้นรูป

ภาชนะที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อต้องขึ้นรูปด้วยวิธีอัดแบบพิมพ์แทนการใช้ดินเหนียวอัด โดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิกซึ่งมีแรงอัดสูงเรียกการขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ว่า วิธีแรมโพรเซส (Ram Process) ระบบการทำงานของเครื่องอัดใช้แบบพิมพ์ 2 ชิ้น ยึดติดอยู่กับแท่นอัด ที่ส่วนบนและส่วนล่าง ซึ่งเป็นพิมพ์ด้านใน และด้านนอกของภาชนะตามแบบที่ออกแบบไว้ วัตถุดิบที่ใช้ในกรรมวิธีนี้ จะต้องตรวจสอบอย่างละเอียด ต้องผ่านการทดสอบ การกระจาย ตัวของอนุภาค ผลวิเคราะห์ทางเคมี และอื่นๆ ที่จำเป็นต่ออนุภาคของผลิตภัณฑ์

วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

1. ร่อนวัตถุดิบผ่านตะแกรงเพื่อแยกขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมโดยผสมวัตถุดิบต่างๆ ที่แห้ง กับตัวประสานในปริมาณที่เหมาะสม

3. นำเข้าเครื่องอัด

การอัดมีข้อดี คือ

1. แบบที่ใช้สามารถออกแบบได้ง่าย
2. สามารถใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานประยุกต์
3. เปอร์เซ็นต์การหดตัวน้อยมาก

ซึ่งในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้ตัวประสาน (Binder) เพื่อช่วยในการยึดเหนี่ยวอนุภาคของวัตถุดิบให้สามารถจับตัวกันได้ดีขึ้น

2.5 ตัวประสาน (Binder)

1) ชนิดของตัวประสาน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ตัวประสานที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ ยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ น้ำมันดิบ มูลสัตว์ ขยะเน่าเปื่อย สาหร่าย และแป้ง เป็นต้น
2. ตัวประสานที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ได้แก่ โคลน เถ้า ดินเหนียว และซีเมนต์ เป็นต้น

2) คุณสมบัติที่ดีของตัวประสาน

1. มีความสามารถในการประสานดี
2. เมื่อถูกอากาศจะต้องไม่ทำให้กระถางแตกร่วน หรือออนตัวเกินไป
3. ไม่ขัดขวางการปลดปล่อยสารอาหารของกระถาง
4. เสียค่าใช้จ่ายน้อย

จากการทดลองหาตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับแกลบ เช่น โมลาส แอลฟัสท์ แป้งเปียก ขี้ผึ้ง และปูนขาว (CaO) พบว่าโมลาสเป็นตัวประสานที่ไม่ดี เนื่องจากโมลาสดูดความชื้นได้ง่าย ทำให้การผลิตยุ่งยาก ส่วนแอสฟัสท์มีปริมาณกำมะถันสูง อาจทำให้เกิดกลิ่นได้ การอัดแกลบกับขี้ผึ้งและแป้งเปียกเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ แกลบร้อยละ 65 แป้งเปียกร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก ซึ่งแป้งสามารถหาได้ง่าย และราคาถูก จึงเป็นที่นิยมในการนำมาทำเป็นตัวประสาน

2.6 แป้ง (Starch)

มีอยู่ในพืชทุกชนิด เป็นสารประเภทพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยกลูโคส เป็นสารแขวนลอยที่รวมตัวน้ำได้ดี (hydrocolliods) แต่ไม่ละลายในน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถพบอยู่ในพืชทุกชนิด โดยพืชจะสะสมแป้งไว้ในเซลล์ เช่น ในเมล็ด เนื้อไม้ และรากพืช เป็นต้น

แป้งสามารถจะนำไปใช้เป็นส่วนผสม หรือใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น สารยึดติด สิ่งทอ กระดาษ อาหาร ยารักษาโรค และวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น ประโยชน์ของแป้งเกิดจากคุณสมบัติของความข้นเหนียว การเกิดเป็นเจล การยึดติดและการเกิดฟิล์มคุณภาพ สามารถควบคุมได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย และมีราคาถูก

2.6.1 ชนิดของแป้ง (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัว และการละลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากส่วนหัว

1) แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัว และการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัว และการละลายต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

2) แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น (pith) เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัว และการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

3) แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูง เนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงชั้นเดียว และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ รูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte)

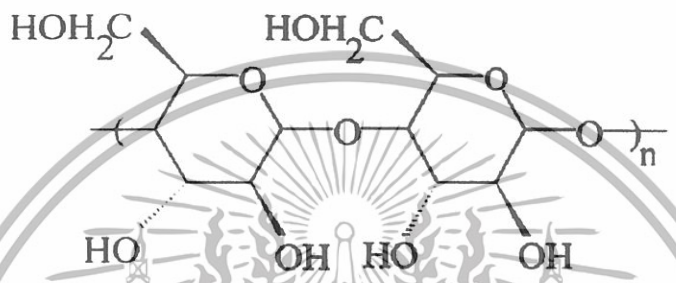
2.6.2 ส่วนประกอบและโครงสร้างทางเคมีของแป้ง (กาญจนากร เกศาราม และวิมลมาศ เมืองแก่น, 2541)

แป้งประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต แป้งเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยกลูโคส ซึ่งสามารถแสดงได้เป็นหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (AGU) เชื่อมเข้ากันด้วยพันธะโควาเลนต์ระหว่างอะตอมออกซิเจนที่ติดกับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสหนึ่ง กับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสตัวถัดไปซึ่งพันธะเชื่อมโยงระหว่างหน่วยกลูโคส เรียกว่า พันธะกลูโคซายด์ (glucoside bond) และทำให้โมเลกุลของน้ำถูกกำจัดออกไป ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์แบบควบแน่นขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (amylose) และ อะไมโลเปกติน (amylopectin)

1. <u>อะไมโลส</u> เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ประกอบด้วยหน่วยกลูโคสต่อกันด้วยพันธะแอลฟา (1,4) ขนาดของโมเลกุลนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของหน่วยกลูโคส โดย ทั่วไปอยู่ในช่วง 200-2000 หน่วย ดังแสดงในรูปที่ 2.1

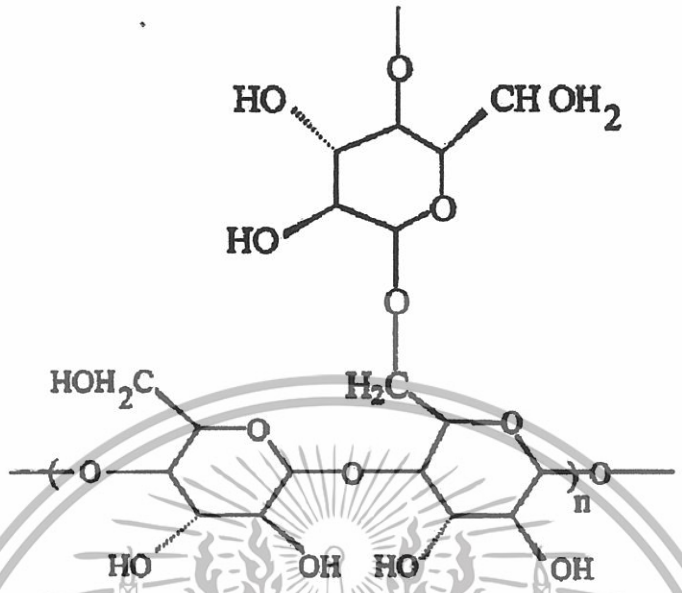


รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของ อะไมโลส

จำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จะแสดงถึงสมบัติการชอบน้ำ (hydrophilic) ของแป้ง เช่น การดูดความชื้น และการกระจายตัวในน้ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากอะไมโลส มีโครงสร้างแบบเชิงเส้น จึงมีความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ และเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลจำนวนมาก ทำให้สายโซ่ของอะไมโลสมีแนวโน้มที่จะจัดเรียงตัวในแนวขนาน และใกล้เพียงพอที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลได้ มีผลทำให้สมบัติการชอบน้ำของแป้ง และการละลายของแป้งลดลง โมเลกุลอะไมโลสสามารถก่อสารประกอบเชิงซ้อนแบบเกลียวล้อมรอบโมเลกุลของไอโอดีน (iodine) โดยสารประกอบเชิงซ้อนนี้จะมีสีน้ำเงิน จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณอะไมโลสในแป้งได้ และเนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนสามารถตกตะกอนได้ด้วยบิวทานอล (butanol) หรือสารอินทรีย์ชนิดอื่นทำให้สามารถแยกอะไมโลสออกจากอะไมโลเปกติน (amylopectin) โดยวิธีการเลือกการตกตะกอน (selective precipitation)

2. <u>อะไมโลเปกติน</u> เป็นพอลิเมอร์โซ่สาขา (branch polymer) ประกอบด้วยหน่วยของกลูโคสซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา (1,4) แต่จะเกิดสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ในแต่ละสาขาประกอบด้วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 20-30 หน่วย (รูปที่ 2.2) จากการที่โมเลกุลอะไมโลเปกตินมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลอะไมโลส และโมเลกุลอะไมโลเปกตินเป็นพอลิเมอร์โซ่สาขา ทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแป้งลดลงและขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจน สารละลายอะไมโลเปกตินในน้ำจะมีลักษณะใสและมีความเสถียรในการเป็นเจลและจะไม่ก่อสารเชิงซ้อนกับไอโอดีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเปกติน

ส่วนที่เป็นเชิงเส้นของโมเลกุลอะไมโลเปกตินจะจัดเรียงตัวแบบขนานทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้น ส่งผลทำให้เกิดผลึกแบบไมเซล (micellar crystalline) ซึ่งมีผลทำให้เกิดคุณสมบัติไบร์ฟรินเจนท์ (Birefringent) หมายถึงองศาของการจัดเรียงตัวภายในโมเลกุลลดลง

2.6.3 การเกิดเป็นเจลของแป้ง

1) การบวมตัวของการเกิดเป็นเจลของเม็ดแป้ง

อุณหภูมิในการเกิดเป็นเจลของแป้งอยู่ในช่วง 55-80 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง และความเข้มข้น โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลที่ยึดติดเม็ดแป้งไว้ด้วยกันจะอ่อนตัวลง และเม็ดแป้งก็จะเริ่มบวมตัวอย่างรวดเร็ว

อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการบวมตัวเรียกว่า อุณหภูมิการเกิดเจล เม็ดแป้งจะอุ้มน้ำไว้ และบวมตัวหลายเท่าจากปริมาตรเดิม เมื่อให้ความร้อน และปั่นกวนผสมไปด้วยพร้อมกันจะทำให้ส่วนผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ความหนืดมีค่ามากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งเกิดการรวมตัว และอุ้มน้ำไว้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นจะเกิดการแตกออกของเม็ดแป้ง ความหนืดก็จะลดลงขณะที่เม็ดแป้งที่เป็นเจลแตกออกจากกัน

เม็ดแป้งประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึก และส่วนที่เป็นอสัณฐาน ซึ่งในระหว่างเกิดการบวมตัวที่สามารถผันกลับได้นั้น น้ำจะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐาน และทำให้เกิดการบวมตัวที่บริเวณ อสัณฐานนั้น โดยส่วนที่เป็นผลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เมื่อทำให้เม็ดแป้งแห้ง น้ำที่แทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐานจะถูกกำจัดออกโดยไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อสมบัติของแป้ง เมื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนแก่น้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงเกินอุณหภูมิของการเกิดเจล น้ำที่แทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นผลึกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียรูปแบบไบร์ฟริงเจนท์ (birefringence)

2) การเกิดเป็นเจลโดยใช้ความร้อน

สมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของแป้ง คือการเกิดเป็นลักษณะแป้งเปียกที่หนืด เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้งการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อความร้อนในขณะที่ให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งเป็นค่าที่ใช้ในการทำนายสมบัติของแป้ง

การทำให้เกิดการบวมตัวเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้น เม็ดแป้งเกิดการพองตัวกระทบซึ่งกันและกัน ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดวิกฤต จากนั้นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเริ่มอ่อนตัวลงและความหนืดจะลดลง ในกรณีที่เกิดการรวมตัวกันของอะไมโลสจะทำให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

การบวมตัวในช่วงเริ่มต้นในระหว่างการเกิดเป็นเจล ในส่วนที่เป็นอสัณฐานของเม็ดแป้งจะเกิดการแตกออกของพันธะไฮโดรเจนที่อ่อนตัว และเกิดการแทรกตัวของน้ำเข้าไปในโมเลกุล ขณะที่อุณหภูมิของน้ำแป้งสูงขึ้น การแทรกตัวของน้ำเกิดมากขึ้น และพันธะไฮโดรเจนในส่วนที่เป็นผลึกก็จะเริ่มแตกออก เม็ดแป้งบวมขึ้นโดยโมเลกุลอะไมโลเปกตินถูกแทรกด้วยน้ำแต่โครงสร้างนี้ยังคงรูปอยู่ได้เนื่องจากมีบางส่วนไม่ถูกแทรกด้วยน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่ที่ยึดโครงสร้างนี้ไว้

3) ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของแป้งที่เป็นเจล

สมบัติของแป้งที่เป็นเจลจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการให้ความร้อน และสารมลทินที่ปนอยู่ในแป้ง ดังนั้นถ้าควบคุมสภาวะของการให้ความร้อนจะทำให้ได้สมบัติตามต้องการ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเข้มข้น อุณหภูมิ เวลา อัตราเร็วของการปั่นกวน pH ชนิดของสารตัวเติม และสิ่งเจือปนต่างๆ

แป้งสามารถนำมาปรับปรุงสมบัติได้ โดยผ่านกระบวนการทางเคมี ฟิสิกส์ และกระบวนการทางชีวภาพ โดยใช้เอนไซม์ เพื่อให้ได้แป้งที่มีสมบัติต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ประยุกต์ในอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง

2.6.4 คุณสมบัติของแป้งเปียก (กาญจนากร เกศาราม และวิมลมาศ เมืองแก่น, 2541)

คุณสมบัติของแป้งเปียกจากแป้งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ปริมาณแป้ง กระบวนการให้ความร้อน อุณหภูมิ ความเป็นกรดเบส เวลาในการให้ความร้อน การกวน และเครื่องมือที่ใช้

คุณสมบัติที่สำคัญของแป้งเปียก ได้แก่ ความหนืด เนื้อสัมผัส ความโปร่งใสของแป้งเปียก และความคงทนต่อแรงเฉือน (shear rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด ได้แก่ ชนิดของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน และปริมาณแป้ง แป้งเปียกของแป้งมันฝรั่งจะมีความหนืดสูงมากเนื่องจากมีกลุ่มฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ แป้งมันฝรั่งที่มีปริมาณฟอสเฟตสูงก็จะมีความหนืดสูง สำหรับแป้งจากส่วนราก (มันสำปะหลัง) และแป้งข้าวเหนียวมีความหนืดสูงกว่าแป้งจากธัญพืช (ข้าวโพด ข้าวสาลี)

ลักษณะเนื้อของแป้งจากส่วนหัว (มันฝรั่ง) แป้งจากส่วนราก (มันสำปะหลัง) และแป้งข้าวเหนียวจะมีลักษณะเป็นยาง มีความเหนียวคล้ายกาว ยืดหยุ่น และเกาะกันเป็นก้อน แต่แป้งจากส่วนราก และแป้งข้าวเหนียวจะมีความเหนียวน้อยกว่า ในขณะที่แป้งจากธัญพืช (ข้าวโพดและข้าวสาลี) จะนิ่ม ร่วน และไม่เกาะกันเป็นก้อน

ความใสของแป้งเปียกแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป แป้งจากส่วนหัว (มันฝรั่ง) แป้งจากส่วนราก (มันสำปะหลัง) และแป้งข้าวเหนียวจะใส โปร่งแสง สำหรับแป้งจากธัญพืช (ข้าวโพด ข้าวสาลี) จะขุ่นมัว ทึบแสง

ในการกวน หรือการผสมแป้งเปียก แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะตัดเม็ดแป้งที่พองตัวบางส่วน ทำให้ความหนืดของแป้งลดลง ดังนั้นแป้งที่มีพันธะครอสลิงจะสามารถทนต่อแรงเฉือนได้ดี เมื่อให้ความร้อนพร้อมๆ กับการกวน แป้งจากส่วนหัว ราก และแป้งข้าวเหนียวจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้มีส่วนของเม็ดแป้งที่ถูกตัดมาก สำหรับแป้งจากธัญพืชจะพองตัวอย่างช้าๆ ทำให้มีส่วนเม็ดแป้งที่ถูกตัดได้น้อยกว่า ดังนั้นแป้งข้าวโพด และแป้งสาลีจะสามารถทนต่อแรงเฉือนได้ดีกว่าแป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว ส่วนแป้งมันฝรั่งจะมีความสามารถในการทนต่อแรงเฉือนได้ในระดับปานกลาง

2.7 ธาตุอาหารของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544)

กิจกรรมสำคัญอย่างหนึ่งของสิ่งมีชีวิต คือ เซลล์สามารถรับเอาสารบางชนิดซึ่งเป็นอาหารจากสิ่งแวดล้อม เข้าไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์องค์ประกอบของเซลล์และสารที่ให้พลังงานสำหรับกระบวนการรับอาหาร ลำเลียงและใช้ที่อวัยวะต่างๆ เรียกว่า โภชนาการ (nutrition) อาหารพืชสีเขียวนั้นเป็นอนินทรียสารซึ่งประกอบด้วยธาตุต่างๆ สารเหล่านี้ได้มาจากอากาศ น้ำ และดิน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีธาตุคาร์บอนและออกซิเจน จึงเรียกเรื่องราวที่เกี่ยวกับอาหารของพืชสีเขียวให้แตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆว่า ธาตุอาหารพืช (mineral plant nutrition)

2.7.1 ธาตุอาหารที่จำเป็น (Essential nutrient elements) สำหรับพืช

มีหลักในการพิจารณา 2 ประการ ประการแรก คือ เมื่อพืชไม่อาจดำรงชีพได้โดยปราศจากธาตุนั้นโดยสิ้นเชิง ประการที่สอง ธาตุหนึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืช เมื่อพิสูจน์ได้ว่าธาตุนั้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107755

องค์ประกอบของสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช เช่น ไนโตรเจนในโปรตีนและแมกนีเซียมในคลอโรฟิลล์ ธาตุดังกล่าวต้องเกี่ยวข้องโดยตรงกับเมทาบอลิซึมของพืชในทางใดทางหนึ่ง

ธาตุอาหารของพืชชั้นสูงที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางมีอยู่ 16 ธาตุ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) ธาตุอาหารมหัพภาคหรือมหธาตุ (Macronutrients หรือ Major element) หมายถึง ธาตุที่พืชต้องการปริมาณมากและสะสมในเนื้อเยื่อพืชในความเข้มข้นสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (พืชแห้ง) มี 9 ธาตุ ได้แก่ ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถัน สำหรับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เรียกรวมกันว่า ธาตุอาหารหลัก (Primary nutrient element) หรือธาตุปุ๋ย (Fertilizer element) เนื่องจากพืชต้องการในปริมาณที่มากแต่พืชได้รับจากดินไม่เพียงพอ จึงมีการใช้ปุ๋ยที่ประกอบด้วยธาตุเหล่านี้ ส่วนแคลเซียมแมกนีเซียมและกำมะถันเรียกว่าธาตุอาหารรอง (Secondary nutrient element) เพราะไม่มีปัญหาความขาดแคลนในดินทั่วๆ ไป

หน้าที่สำคัญและอาการขาดธาตุอาหารหลัก มีดังนี้

1. ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบหลักของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโลฟีลล์ กรดนิวคลีอิกและเอนไซม์ในพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบและกิ่งก้าน

   อาการขาดธาตุ โตช้าใบล่างมีสีเหลืองซีดทั้งแผ่น ต่อมากลายเป็นสีน้ำตาลแล้วร่วงหล่นหลังจากนั้นใบบนๆ ก็มีสีเหลือง

2. ฟอสฟอรัส ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสงและการหายใจ

   อาการขาดธาตุ ใบล่างเริ่มมีสีม่วงตามแผ่นใบ ต่อมาใบเป็นสีน้ำตาลและร่วงหล่น ลำต้นแกร็น ไม่ผลิดอกออกผล

3. โพแทสเซียม ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลแป้ง และโปรตีน ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบไปยังผล ช่วยให้ผลเจริญเติบโตเร็ว พืชแข็งแรง มีความต้านทานโรคบางชนิด

   อาการขาดธาตุ ใบล่างมีอาการเหลือง แล้วกลายเป็นสีน้ำตาลตามขอบใบ แล้วลุกลามเข้ามาเป็นหย่อมๆตามแผ่นใบ อาจพบว่าแผ่นใบโค้งเล็กน้อย รากเจริญช้า ลำต้นอ่อนแอ ผลไม่เติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ธาตุอาหารจุลภาคหรือจุลธาตุอาหารหรือธาตุอาหารเสริม (Micronutrients หรือ trace element หรือ Minor element) หมายถึง ธาตุที่พืชต้องการปริมาณน้อยและสะสมในเนื้อเยื่อพืชในความเข้มข้นต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (พืชแห้ง) ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน

หน้าที่สำคัญและอาการขาดธาตุอาหารรอง มีดังนี้

1. ทองแดง ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การหายใจ การใช้โปรตีนและแป้ง กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด
   อาการขาดธาตุ ตายอดชะงักการเจริญเติบโต และกลายเป็นสีดำ ใบอ่อนเหลือง พืชทั้งต้นชะงักการเจริญเติบโต
2. เหล็ก ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงและหายใจ
   อาการขาดธาตุ ใบอ่อนมีสีซีดในขณะที่ใบแก่ยังเขียวสด
3. แมงกานีส ช่วยในการสังเคราะห์แสงและการทำงานของเอนไซม์บางชนิด
   อาการขาดธาตุ ใบอ่อนมีสีเหลืองในขณะที่เส้นใบยังเขียว ต่อมาใบที่มีอาการดังกล่าวจะเหี่ยวและร่วงหล่น

แม้ว่าพืชจะต้องการธาตุอาหารจุลภาคจากดินในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับธาตุอาหารมหัพภาค แต่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชเท่าๆ กันจะต่างกันแต่ปริมาณที่พืชต้องการเท่านั้น ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่จัดว่าเพียงพอสำหรับพืชชั้นสูงแต่ละชนิดย่อมแตกต่างกันไป แต่ค่าโดยประมาณสำหรับพืชทั่วๆ ไปแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชชั้นสูงทั่วไปและความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืชซึ่งจัดว่าเพียงพอ

ธาตุ	รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	ความเข้มข้นในเนื้อเยื่อพืช	จำนวนอะตอมเมื่อเทียบกับโมลิบดินัม
โมลิบดินัม	MoO_4^{2-}	0..1 มก./กก.	1
ทองแดง	Cu^{+},Cu^{2+}	6 มก./กก.	100
สังกะสี	ZN^{2+}	20 มก./กก.	300
แมงกานีส	Mn^{2+}	50 มก./กก.	1000
โบรอน	H_3BO_3,$B_4O_7^{2-}$	20 มก./กก.	2000
เหล็ก	Fe^{+},Fe^{2+}	100 มก./กก.	2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอรีน	Cl^-	100 มก./กก.	3000
กำมะถัน	SO_4^{2-}	0.1 %	30000
ฟอสฟอรัส	$H_2PO_4^-$,Hpo_4^{2-}	0.2 %	60000
แมกนีเซียม	Mg^{2+}	0.2 %	80000
แคลเซียม	Ca^{2+}	0.5 %	125000
โพแทสเซียม	K^+	1.0 %	250000
ไนโตรเจน	NH_4^+,NO_3^-	1.5 %	1000000
ออกซิเจน	O_2,H_2O	45 %	30000000
คาร์บอน	CO_2	45 %	35000000
ไฮโดรเจน	H_2O	6 %	60000000

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2544)

2.7.2 รูปของธาตุที่พืชนำไปใช้ประโยชน์

ธาตุอาหารมหัพภาคและจุลภาคที่พืชได้รับจากดินมี 13 ธาตุ สำหรับในรูปของแต่ละธาตุที่พืชดูดไปใช้ได้นั้นต้องเป็น ไอออน ซึ่งอยู่ในสารละลายของดิน และดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ของดิน หรือไอออนแลกเปลี่ยนได้ เนื่องจากคอลลอยด์ดินมีประจุส่วนมากเป็นลบ ดังนั้นไอออนที่ถูกดูดซับจึงมักเป็นแคตไอออน ในสารละลายดินก็จะมีแอนไอออนและมีแคตไอออนบางส่วนปะปนอยู่ด้วย รูปของธาตุต่างๆที่พืชดูดไปใช้มีดังนี้

1) ไนโตรเจน พืชใช้แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือไนเตรทไอออน (NO_3^-) เป็นหลัก ส่วนไนไตรต์ไอออน (NO_2^-) แม้พืชจะใช้ประโยชน์ได้แต่ก็มีในดินน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีการระบายอากาศ เนื่องจากถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนเตรท ซึ่งนับเป็นเรื่องที่ดี เพราะหากมีไนไตรต์สะสมในดินมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืชได้ ส่วนยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) นั้นหากมีในสารละลายดิน พืชก็ดูดไปใช้ได้เช่นกัน

2) ฟอสฟอรัส ชนิดของฟอสฟอรัสในดินขึ้นอยู่กับพีเอชของดิน กล่าวคือเมื่อดินเป็นด่างจะพบโมโนไฮโดรเจน ฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) อยู่ในสารละลายดินมาก หากเป็นกรดจัดส่วนใหญ่จะพบไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) หากเป็นกรดอ่อนจะมีทั้ง HPO_4^{2-} และ $H_2PO_4^-$ ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้เท่าเทียมกัน สำหรับสารอินทรีย์ฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้นั้นพืชไม่อาจใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ต้องสลายตัวและแปรสภาพต่อไปเป็นอนินทรียสารเสียก่อนพืชจึงดูดนำมาใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กำมะถัน พืชใช้ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งไอออนนี้เป็นผลสุดท้ายของการออกซิไดส์ธาตุกำมะถันหรือหรือไฮโดรเจนซัลไฟต์ในดินซึ่งมีการระบายอากาศดีจึงมีซัลไฟต์ไอออน (SO_3^{2-}) น้อย

4) ธาตุอื่นๆ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี โมลิบดินัมและคลอรีน ต่างก็ปรากฏเป็นไอออนธาตุและรูปแบบเดียวซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช สำหรับธาตุเหล็ก แมงกานีสและทองแดง มีลักษณะผิดแผกไปจากธาตุอื่นที่กล่าวมา คือธาตุดังกล่าวมีวาเลนซี่มากกว่าหนึ่งค่า ดังนั้นดินที่มีการระบายอากาศดีจะพบไอออนที่มีวาเลนซี่สูง แต่ถ้ามีภาวะน้ำขังซึ่งส่งเสริมให้เกิดรีดักชันก็จะพบไอออนที่มีวาเลนซี่ต่ำ การระบายอากาศของดินจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลกำหนดรูปของธาตุเหล่านี้ที่พืชจะดูดไปใช้ สำหรับโบรอนนั้นแม้ธาตุนี้จะมีวาเลนซี่เพียงค่าเดียว แต่พืชก็สามารถดูดใช้ได้คืออย่างน้อย 2 รูป คือ $B_4O_7^{2-}$ หรือ กรดบอริก (H_3BO_3)

ตารางที่ 2.2 รูปของสารประกอบของธาตุอาหารที่พบในดิน

กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	
สารที่มีองค์ประกอบซับซ้อน	สารประกอบ	ไอออนที่พืชใช้ได้
ไนโตรเจน อินทรียสารที่มีโปรตีน กรดนิวคลีอิก อะมิโนซูการ์และอื่นๆเป็นองค์ประกอบ	1. เกลือแอมโมเนียม 2. เกลือไนไตรต์ 3. เกลือไนเตรท	NH_4^+ NO_2^- NO_3^-
ฟอสฟอรัส พวกแรกเป็นอนินทรียสาร ได้แก่ แร่อะพาไทต์ สารประกอบฟอสเฟตที่มีแคลเซียม เหล็กหรืออะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบอย่างซับซ้อน พวกที่สองเป็นอินทรียสาร ได้แก่ ไฟติน กรดนิวคลีอิก เป็นต้น	1. เกลือฟอสเฟตของแคลเซียม โพแทสเซียมหรือแมกนีเซียม 2. สารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำง่าย	$H_2PO_4^-$ HPO_4^{2-}
โพแทสเซียม แร่เฟลด์สปาร์ ไมกา แร่ดินเหนียว เช่น illite	1. โพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ 2. โพแทสเซียมไอออนในสารละลายดินมักแตกตัวจากเกลือซัลเฟตคลอไรด์หรือคาร์บอเนต	K^+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียม แร่เฟลด์สปาร์ ฮอร์นเบลนด์ แคลไซด์ โดโลไมต์	1. แคลเซียมแลกเปลี่ยนได้ 2. แคลเซียมไอออนในสารละลายของดิน มักแตกตัวจากเกลือซัลเฟต คลอไรด์ ไบคาร์บอเนต	Ca^{2+}
แมกนีเซียม แร่ไมกา ฮอร์นเบลนด์ โดโลไมต์แคลไซด์และเซอร์เพนทีน แร่ดินเหนียว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง montmorillonite	1. แมกนีเซียมแลกเปลี่ยนได้ 2. แมกนีเซียมไอออนในสารละลายของดินมักแตกตัวจากเกลือซัลเฟต คลอไรด์ และไบคาร์บอเนต	Mg^{2+}
กำมะถัน พวกแรกเป็นแร่ เช่นไพไรต์และยิปซัม พวกที่สองเป็นอินทรียสารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ	เกลือซัลไฟต์และซัลเฟตของแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม เป็นต้น	SO_3^- SO_4^{2-}
เหล็ก แร่ไพรอกซีน แอมฟิโบล ไพไพต์ ไลมอไนต์ฮีมาไทต์ แมกนีไทต์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแร่ทุติยภูมิที่เป็นออกไซด์ ซัลไฟด์ และซิลิเกต สารอินทรีย์ที่ยึดจับเหล็กไว้เป็นเหล็กคีเลต	1. เหล็กแลกเปลี่ยนได้และที่อยู่ในสารละลายดิน 2. ferrosoferric hydroxides เกลือเฟอร์รัสต่างๆ	Fe^{2+} Fe^{3+}
แมงกานีส แร่ปฐมภูมิบางชนิด แร่ทุติยภูมิบางชนิด เช่นสารประกอบออกไซด์ ซิลิเกตและซัลไฟต์ สารอินทรีย์ที่จับแมงกานีสไว้เป็นแมงกานีสคีเลต	1. แมงกานีสแลกเปลี่ยนได้และที่อยู่ในสารละลายดิน 2. $MnO, MnO_2, 7H_2O$	Mn^{2+} MN^{4+}
โมลิบดินัม แร่โมลิบดิไนต์(MoS_2) เพาเวลไลต์ ($CaMoO_4$) และ วูลฟีไนต์ ($PbMoO_4$)	เกลือโมลิบเดต	MoO_4^{2-}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังกะสี แร่แมกนีไทต์ ไบโอไทต์และฮอร์นเบลนด์ แร่ทุติยภูมิบางชนิดเป็นสารประกอบออกไซด์ ซัลไฟด์ และซิลิเกต สารอินทรีย์ที่จับสังกะสีไว้เป็นสังกะสีคีเลต	1. สังกะสีแลกเปลี่ยนได้และไอออนในสารละลายดิน 2. สังกะสีไฮดรอกไซด์ เกลือที่ละลายน้ำง่ายของสังกะสี	Zn^{2+}
ทองแดง แร่คาลโคไพไรต์($CuFeS_2$) ทองแดงซัลไฟต์ และ ไฮดรอกซีคาร์บอเนต	1. ทองแดงแลกเปลี่ยนได้และที่อยู่ในสารละลายดิน 2. เกลือซัลเฟต ซัลไฟต์ หรือคลอไรด์ของทองแดง	Cu^{+} Cu^{2+}
โบรอน แร่ทัวร์มาลีน บอโรซิลิเกต เกลือโบเรตของแคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก รวมทั้งสารประกอบที่มีโมเลกุลซับซ้อนของอะลูมินัม	เกลือโบเรต กรดบอลิก	$B_4O_7^{2-}$ H_3BO_3
คลอรีน	เกลือคลอไรด์ต่างๆ	Cl^{-}

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2544)

ซึ่งธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชเหล่านี้มีอยู่ในปริมาณที่จำกัด ซึ่งพืชแต่ละชนิดก็ต้องสารธาตุอาหารที่แตกต่างกันไป ในปริมาณที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันจึงมาการนำธาตุอาหารเหล่านี้มาสังเคราะห์ขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่ดิน เรียกว่าปุ๋ยนั่นเอง

2.8 ปุ๋ย (Fertilizer)

ปุ๋ย หมายถึง วัตถุหรือสารที่เราใส่ลงไปในดินโดยมีความประสงค์ที่จะให้อาหารธาตุ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มเติมแก่พืช เพื่อให้พืชได้มีธาตุอาหารดังกล่าวเป็นปริมาณที่เพียงพอ และสมดุลกันตามที่พืชต้องการ และให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น ปุ๋ยตามความหมายในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ได้ให้คำจำกัดความไว้คือ เป็นสารอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ หรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่ต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำแนกประเภทของปุ๋ยสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

1. ปุ๋ยธรรมชาติ (Natural fertilizer หรือ Non-synthetic fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น guano, chile saltpeter, rock phosphate, ปุ๋ยคอก, ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

2. ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่สังเคราะห์ขึ้นโดยขบวนการทางเคมีจากวัสดุที่เป็นอนินทรียสารชนิดต่างๆ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate), ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (Super phosphate) เป็นต้น

2.9 ปุ๋ยเคมี (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2546)

ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์ หรืออนินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ และความหมายตลอดถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย แต่ไม่รวมถึงปูนขาวดินมาร์ล ปูนพลาสเตอร์ หรือยิปซัม ปุ๋ยเคมีเป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปในดินโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มเติมลงไปในดิน เพื่อให้พืชได้มีธาตุอาหารดังกล่าวเป็นปริมาณที่เพียงพอ และสมดุลกันตามที่พืชต้องการ ดังนั้น เพื่อต้องการให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพถูกต้อง เหมาะสมกับชนิดดิน และชนิดพืช จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงรายละเอียดขั้นพื้นฐาน และสมบัติทางเคมีที่สำคัญของปุ๋ยเคมีก่อนนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนี้คือ

2.9.1 สมบัติที่สำคัญบางประการของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป สมบัติเหล่านี้เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการใช้ตลอดจนมาตรการในการเก็บรักษาปุ๋ยให้คงที่ดีได้นานอีกด้วย

1. ชนิดและปริมาณของธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมี สำหรับปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลักนั้นแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนี้

1) ความสมบูรณ์ของธาตุอาหาร ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ

- มีธาตุปุ๋ยไม่สมบูรณ์ ได้แก่ ปุ๋ยเดี่ยว ซึ่งมีธาตุปุ๋ยเพียงธาตุเดียว เช่น ปุ๋ยสูตร 21-0-0 กับปุ๋ยที่มี 2 ธาตุ เช่น สูตร 16-20-0 เป็นต้น

- มีธาตุอาหารสมบูรณ์ เป็นปุ๋ยที่มีครบทั้ง 3 ธาตุ เช่น สูตร 15-15-15 และ 13-13-21 เป็นต้น

2) เรโชปุ๋ย เนื่องจากในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของพืชนั้น พืชต้องการปุ๋ยที่มีเรโชของธาตุหลักต่างๆ กัน จึงต้องพิจารณาเลือกปุ๋ยที่มีเรโชเหมาะสมแก่การใช้ในแต่ละคราว

3) รูปของธาตุอาหารในปุ๋ย ไนโตรเจนในปุ๋ยผสมได้หลายรูป เช่น แอมโมเนียมไนเตรต และยูเรีย ที่ปรากฏในปริมาณธาตุอาหารรับรอง คือ ร้อยละโดยน้ำหนักของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนทั้งหมด ดังนั้นปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในส่วนของไนโตรเจนทั้งหมดซึ่งมีอยู่ร้อยละ 15 N อาจมีรูปใดรูปหนึ่ง หรือหลายรูปก็ได้

2. ดัชนีความเค็มของปุ๋ย (salt index) เนื่องจากปุ๋ยเคมีละลายน้ำง่าย ดังนั้นถ้าใส่ปุ๋ยในดินมากเกินไปสารละลายดินบริเวณรากพืชจะเข้มข้นมากจนพืชดูดน้ำไม่ได้ หรือพืชอาจสูญเสียน้ำออกจากรากจนเป็นอันตราย ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเป็นตัวเลขเปรียบเทียบโดยถือเอาโซเดียมไนเตรตเป็นหลัก ว่าถ้าใช้ปุ๋ยชนิดอื่นน้ำหนักเท่ากันแล้วปุ๋ยใดน่าจะเป็นอันตรายต่อพืชมากกว่ากัน และกำหนดให้โซเดียมไนเตรตมีดัชนีความเค็มเท่ากับ 100

ตารางที่ 2.3 แสดงว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟตมีดัชนีความเค็ม 114 และ 69 ตามลำดับ หมายความว่าถ้าใช้ปุ๋ยน้ำหนักเท่ากัน โพแทสเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายต่อพืชมากกว่าโซเดียมไนเตรต และโซเดียมไนเตรตจะเป็นอันตรายกว่าแอมโมเนียมซัลเฟต

ตารางที่ 2.3 ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี (ทดลองด้วยสารเคมีบริสุทธิ์)

ปุ๋ย	ดัชนีความเค็ม
โซเดียมไนเตรต (16.5%N)	100
แอมโมเนียมไนเตรต (35%N)	105
แอมโมเนียมซัลเฟต (21%N)	69
โพแทสเซียมไนเตรต (14%N 46%K_2O)	74
ยูเรีย (46%N)	75
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12%N 61%P_2O_5)	30
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (21%N 53%P_2O_5)	34
ซูเปอร์ฟอสเฟต (20%P_2O_5)	8
ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (48%P_2O_5)	10
โพแทสเซียมคลอไรด์ (63%K_2O)	114
โพแทสเซียมซัลเฟต (54%K_2O)	46

ที่มา : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2546)

3. ผลตกค้างที่เป็นกรดหรือด่างของปุ๋ยเคมี เมื่อใส่ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยที่มีแอมโมเนียมเป็นองค์ประกอบลงไปในดิน การเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยเหล่านี้ในดินมีผลตกค้างเป็นกรด คือ มีแนวโน้มที่จะทำให้ pH ของดินลดลง เนื่องจากปุ๋ยแต่ละชนิดแม้ว่าจะใช้ปริมาณเท่ากัน แต่ผลตกค้างที่เป็นกรดไม่เท่ากัน จึงเปรียบเทียบด้วยน้ำหนัก (กิโลกรัม) ของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะเทินฤทธิ์กรดที่เกิดที่เกิดจากปุ๋ยนั้น 100 กิโลกรัม (ตารางที่ 2.4) แอมโมเนียเหลวมีผลตกค้างที่เป็นกรดมากที่สุด กล่าวคือฤทธิ์กรดอันเป็นผลตกค้างที่อาจเกิดจากการใส่แอมโมเนียเหลว 100 กิโลกรัม เทียบเท่ากับด่างอันเกิดจากแคลเซียมคาร์บอเนต 20.3 กิโลกรัม

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบผลตกค้างที่เป็นกรดของปุ๋ยแอมโมเนียเหลว ยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนียมชนิดต่างๆ

ปุ๋ย	น้ำหนัก (กก.) ของแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งสะเทินฤทธิ์กรดที่เกิดจากปุ๋ย 100 กก.
แอมโมเนียมเหลว	148
แอมโมเนียมคลอไรด์	140
แอมโมเนียมซัลเฟต	110
แอมโมเนียมฟอสเฟต (ซัลเฟตติมา)	85
ยูเรีย	83.4
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	65
แอมโมเนียมไนเตรต	59

ที่มา : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2546)

4. การดูดความชื้นของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีบางชนิดดูดความชื้นง่าย เช่น แคลเซียมไนเตรต เมื่อวางปุ๋ยนี้ในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 50 หลายๆ ชั่วโมง ปุ๋ยดูดความชื้นจากอากาศเข้ามาจนชื้นมาก แต่แคลเซียมซัลเฟตไม่ค่อยดูดความชื้น แม้จะอยู่ในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 ปุ๋ยก็ยังคงแห้งและไม่ดูดความชื้นเข้ามาเพิ่ม ปุ๋ยที่ชื้นและผิวเม็ดปุ๋ยละลายทำให้เม็ดปุ๋ยข้างเคียงเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่ออากาศแห้งลงปุ๋ยก็แห้งด้วย เป็นเหตุให้ปุ๋ยส่วนนั้นจับกันเป็นก้อนใหญ่ ก่อนใช้ต้องเสียแรงงานในการทุบให้แตก

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ปุ๋ยซึ่งวางอยู่เริ่มดูดความชื้นจากอากาศเข้ามามาก เรียกว่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติ (Critical relative humidity) ของปุ๋ยนั้น (ตารางที่ 2.4)

จากตารางที่ 2.4 มีข้อควรสังเกตว่า

1) เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติของปุ๋ยลดลง ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปุ๋ยนั้นจะดูดความชื้นง่ายกว่าเดิม
2) เมื่อนำปุ๋ยสองชนิดมาผสมกัน ปุ๋ยผสมจะชื้นง่ายกว่า เมื่อปุ๋ยทั้งสองต่างอยู่แยกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติของปุ๋ย ทำให้เราระมัดระวังการเก็บปุ๋ยชนิดนั้น มิให้ได้รับความชื้นจากอากาศเกินพิกัด ตลอดจนหามาตรการในการป้องกัน เช่น ใส่ปุ๋ยในถุงกันความชื้น หรือผสมสารเสริมสภาพปุ๋ย (Conditioners) เพื่อลดการดูดความชื้นจากอากาศ

ตารางที่ 2.5 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%) ที่ทำให้ปุ๋ยซึ่งวางอยู่ดูดความชื้นมาจากอากาศมาก (ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติของปุ๋ย) เปรียบเทียบเมื่ออุณหภูมิต่างกัน

ปุ๋ย	อุณหภูมิของอากาศ		
	20°C	30°C	40°C
แคลเซียมไนเตรต	54.4	46.7	35.5
แอมโมเนียมไนเตรต	66.9	59.4	52.5
ยูเรีย	80.0	72.5	68.0
แอมโมเนียมคลอไรด์	79.3	77.2	73.7
แอมโมเนียมซัลเฟต	81.1	79.2	78.2
โพแทสเซียมคลอไรด์	85.7	84.0	81.2
โพแทสเซียมไนเตรต	92.7	90.5	87.9
โพแทสเซียมซัลเฟต	98.7	96.3	95.7
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	91.7	91.6	90.3
โมโนแอมโมเนียมฟอตเฟต	96.2	92.9	92.9
โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	94.1	94.7	94.5
ยูเรีย + โพแทสเซียมไนเตรต	-	65.2	-
ยูเรีย + โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	-	65.1	-
แอมโมเนียมซัลเฟต + แอมโมเนียมไนเตรต	-	62.3	-
แอมโมเนียมไนเตรต + โพแทสเซียมไนเตรต	-	59.9	-
ยูเรีย + แอมโมเนียมคลอไรด์	-	57.9	-
ยูเรีย + แอมโมเนียมซัลเฟต	-	56.4	-
แอมโมเนียมไนเตรต + โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	-	38.6	-
แคลเซียมไนเตรต + โพแทสเซียมไนเตรต	-	31.4	-
แอมโมเนียมไนเตรต + แคลเซียมไนเตรต	-	23.5	-

ที่มา : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ประเภทของปุ๋ยเคมีและแหล่งที่มา

ปุ๋ยเคมีอาจจะจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ ได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจำแนก ถ้าจำแนกโดยจำนวนธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมีสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยเดี่ยว และปุ๋ยผสม เป็นต้น

1. ปุ๋ยเดี่ยว หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุปุ๋ยธาตุเดียว ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส หรือโพแทสเซียม ธาตุหนึ่งธาตุเดียวในปุ๋ยเคมีนั้น

2. ปุ๋ยผสม หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่ประกอบขึ้นจากการเอาแม่ปุ๋ยเดี่ยวที่มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมาผสมเข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นปุ๋ยอันเดียวกัน และมีธาตุอาหารอยู่เป็นปริมาณและสัดส่วนตามที่ต้องการปุ๋ยผสมนี้อาจจะมีธาตุอาหารเพียง 2 ธาตุ เช่น ไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส หรือไนโตรเจนกับโพแทสเซียม หรือฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียม หรือมีธาตุอาหารครบทั้ง 3 ธาตุ เช่น ไนโตรเจนกับฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียมก็ได้

ในประเทศไทยนิยมใช้ปุ๋ยเคมีในรูปของปุ๋ยผสม ซึ่งมีธาตุอาหารหลัก 2 ธาตุ หรือครบทั้ง 3 ธาตุ เช่น ปุ๋ยผสมไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม ซึ่งในกรณีครบทั้งสามตัวนี้อาจจะมีอัตราส่วนของธาตุปุ๋ยต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ เช่น 1-1-1 หรือ 1-2-2 เป็นต้น

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชิดชนก และคณะ (2541) ทำการศึกษาเศษวัสดุธรรมชาติมาประกอบเป็นกระถาง เศษวัสดุดังกล่าวได้แก่ ฟางข้าว กาบมะพร้าว และขี้เลื่อย โดยนำมาผสมในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 โดยมีแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ต่อจากนั้นนำไปศึกษาระยะเวลาการใช้งานของกระถางโดยการนำไปใช้ปลูกต้นไม้ พบว่ากระถาง นี้มีระยะเวลาการใช้งานประมาณ 12 เดือนและสามารถใช้เพาะชำต้นไม้โดยไม่ต้องย้ายพืชลงดิน สามารถฝังลงดินและย่อย สลายได้ในเวลาเพียง 7 วัน คณะผู้จัดทำยังได้ศึกษาปรับอัตราส่วนของฟางข้าว กาบมะพร้าว และขี้เลื่อยให้เหมาะสมกับการทำ เป็นถุงเพาะชำปลอดพิษ ซึ่งพบว่าการใช้ฟางข้าว : กาบมะพร้าว : ขี้เลื่อย ในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 จะเหมาะสมที่สุดเพราะมีความคงทนสูงแช่น้ำไม่ยุ่ย ปั้นง่าย และย่อยสลายได้ภายในเวลา 7 วัน

ฉันทนา และคณะ (2540) ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระถางเพาะชำย่อยสลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมและลดปริมาณขยะให้น้อยลง โดยการนำวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติรวมทั้งขยะได้แก่ กระดาษหนังสือพิมพ์ เศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง มาทำกระถางเพาะชำต้นไม้ที่สามารถย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยในดินต่อไปได้ จากการทดลองพบว่า กระถางเพาะชำที่ทำจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จะมีระยะเวลาของการเปื่อยยุ่ยช้าที่สุด ในขณะที่กระถางเพาะชำที่ทำจากหนังสือพิมพ์ผสมกับกาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวจะเปื่อยยุ่ยเร็วที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยลงในดินต้นไม้จะเจริญได้ดีในช่วงแรก แต่การใส่ปุ๋ยผสมลงในเนื้อกระถาง ต้นไม้จะเจริญเติบโตได้ดีอย่างสม่ำเสมอ และการเพาะชำต้นไม้ในกระถางเพาะชำที่ทำขึ้น ต้นไม้จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าการเพาะชำในภาชนะอื่น เนื่องจากเมื่อกระถางย่อยสลายต้นไม้จะได้ปุ๋ยจากการย่อยสลายมาใช้

ชนิดา (2543) ทำการศึกษาเกี่ยวกับกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำตาลมิตรภูเวียงมาทำการศึกษาหาปริมาณจุลินทรีย์บางชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท และเชื้อรา พบว่ามีปริมาณเท่ากับ $1.0x10^5$ CFU/ml, $6.56x10^6$ CFU/ml และ $1.27x10^6$ CFU/ml ตามลำดับ และทำการศึกษาหาปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.087 ppm ปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 176.7 ppm และปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 26 ppm ซึ่งเมื่อทดสอบทางสถิติหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ และปริมาณธาตุอาหารในกากตะกอนน้ำเสีย พบว่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับปริมาณจุ ลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด และจากการเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในกากตะกอนน้ำเสียนี้กับปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก พบว่าปริมาณแบคทีเรียที่พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนปริมาณแอคติโนมัยซีทและเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p>0.05$) และจากการเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในกากตะกอนน้ำเสียกับระดับการประเมินธาตุอาหารในดินที่อุดมสมบูรณ์ พบว่าปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับปานกลาง (0.075 -0.125%) ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับที่สูงมาก (>15 ppm) ส่วนปริมาณ โพแทสเซียมนั้นอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (< 30 ppm)

Wang M.C. และ Yang C.H. (2002) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของวัสดุปรับปรุงดินอินทรีย์ในดินที่มีผลเป็นอย่างมากต่อคุณสมบัติทางกายภาพ, เคมี และชีวภาพของดิน ในภาคสนามหลังจากทำการปลูกข้าวบนที่ดอน 3-5 ปี โดยมีการใช้ปุ๋ยหลายชนิดนับแต่ปี พ.ศ. 2538 โดยใส่ปุ๋ยพืชสดเป็นสารอินทรีย์ปรับปรุงดิน, ปุ๋ยหมัก และพืชร่วมกับปุ๋ยอนินทรีย์ไนโตรเจนอัตรา 1/3 และ 2/3 ปลูกข้าวในฤดูใบไม้ร่วงหมุนเวียน หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวและข้าวโพด เก็บตัวอย่างดินจำนวน 4 ซ้ำ ในแต่ละตำรับการทดลอง ทำการวิเคราะห์ pH, EC ความชื้นที่ 1/30 Mpa ความหนาแน่นรวม ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณน้ำในดิน พบว่าการใส่วัสดุอินทรีย์สามารถป้องกันการลดลงของ pH เพิ่มปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินส่วนบนมีอนุภาคขนาด 1-2 และ 0.5-1 มม. ในดินที่ใส่วัสดุอินทรีย์มีดังนี้คือ พืช > ปุ๋ยหมัก > ปุ๋ยพืชสด หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่มีการใส่ปุ๋ยพืชสดเปรียบเทียบกับแปลงตรวจสอบ ซึ่งเป็นเพราะว่าปุ๋ยพืชสดมีอัตราการสลายตัวเร็วกว่าในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวโพด ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพบว่าปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1/30 Mpa ที่มีการใส่พืช หรือปุ๋ยหมักมีค่าสูงกว่าแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีและแปลงตรวจสอบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ามีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าในดินที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน หลังจากเก็บเกี่ยวข้าว ค่าความหนาแน่นรวมของดินบนในแปลงที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดินจะมีค่าต่ำกว่าแปลงตรวจสอบอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้ว ค่าความหนาแน่นรวมของดินบนทั้ง 7 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเป็นเพราะว่ามีการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์อย่างรวดเร็วในดินไร่ ปริมาณความชื้นในดินที่มีการใส่พืช และปุ๋ยหมักมีค่าสูงกว่าดินที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี และแปลงตรวจสอบอย่างมีนัยสำคัญ ภายหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดจะไม่พบความแตกต่างของความชื้นในดินที่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยเคมี และแปลงตรวจสอบ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าปุ๋ยพืชสดมีการย่อยสลายง่ายในสภาพแวดล้อมดินไร่ ในการรักษาสภาพที่ดีทางกายภาพ และเคมีโดยการใช้วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน จึงต้องมีการพิจารณาถึงการใช้ปุ๋ยและวิธีการเขตกรรมที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

1. วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป ได้แก่ ขี้กบ ขี้เลื่อย และฝุ่นไม้ยางพารา
2. แป้งมันสำปะหลัง (เกรดบริโภค, ตราปลามังกร)
3. ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 (ตราเรือใบไวกิ้ง)
4. โพแทสเซียมซัลเฟต (AR grade, UNIVAR)
5. กรดซัลฟูริก (AR grade, J.T. Baker)
6. ปรอทออกไซด์ (AR grade, CARLO ERBA)
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade, LAB-SCAN ASIA)
8. โซเดียมไทโอซัลเฟต (AR grade, CARLO ERBA)
9. ฟีนอล์ฟทาลีน (AR grade, CARLO ERBA)
10. เอธิลแอลกอฮอล์ (AR grade, CARLO ERBA)
11. กรดบอริก (AR grade, Fisher Scientific)
12. เมธิลเรด (AR grade, CARLO ERBA)
13. เมธิลีนบลู (AR grade, CARLO ERBA)
14. แอนติโมนีโพแทสเซียมทาเทรต (AR grade, CARLO ERBA)
15. แอมโมเนียมโมลิบเดท (AR grade, CARLO ERBA)
16. กรดแอสคอร์บิก (AR grade, CARLO ERBA)
17. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (AR grade, UNIVAR)
18. โพแทสเซียมคลอไรด์ (AR grade, CARLO ERBA)

3.1.2 อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยสลาย (Dk6, VELP SCIENTIFICA)
2. เครื่องกลั่น (Distillation Unit B-323, BUCHI)
3. เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (Model 6405 UV/VIS Spectrophotometer, JENWAY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Model AA-680, Shimadzu)
5. เครื่องอัด (A 200 – Tf Load Cell Orientec, Tinius Olsen)
6. ตู้อบ (Isotemp oven, Fisher Scientific)
7. เครื่องชั่งสาร 4 ตำแหน่ง (Model TC-254, Denver Instrument)
8. เตาให้ความร้อน
9. ชุดไทเทรต
10. โกร่งบดสาร
11. แม่พิมพ์กระถาง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.7 เซนติเมตร
12. ชามระเหย
13. เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ
14. กระดาษกรอง เบอร์ 42

3.2 การเตรียมวัตถุดิบ

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมมาจาก โรงงานแปรรูปไม้ยางพารา
2. นำวัตถุดิบมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 32 mesh เพื่อแยกฝุ่นไม้กับขี้เลื่อย
3. บดปุ๋ยด้วยโกร่งบดสาร

3.3 การศึกษาผลของวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกันต่อสมบัติของกระถาง

1. นำฝุ่นไม้ ผสมกับตัวประสาน และปุ๋ยเคมีโดยให้มีความเข้มข้นของตัวประสาน และปุ๋ยเคมี เท่ากับ 30% และ 5% โดยน้ำหนักตามลำดับ
2. ทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดที่แรงอัด 1.3 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
3. ทำการชะกระถางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อครั้ง โดยมีระยะเวลาสัมผัส 10 นาที/ครั้ง และทำการชะทั้งหมด 5 ครั้ง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติของกระถาง ดังข้อ 3.6
4. ทำซ้ำด้วยวิธีการข้างต้น แต่เปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้เป็นขี้เลื่อย และขี้กบ ตามลำดับ

3.4 การศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง

1. นำวัตถุดิบที่มีขนาดเหมาะสมจากข้อ 3.3 มาผสมกับตัวประสานที่มีความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก และกำหนดอัตราส่วนของปุ๋ยเคมีให้คงที่เท่ากับ 5% โดยน้ำหนัก
2. ทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดที่แรงอัด 1.3 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
3. ทำการชะกระถางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อครั้ง โดยมีระยะเวลาสัมผัส 10 นาที/ครั้ง และทำการชะทั้งหมด 5 ครั้ง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติของกระถาง ดังข้อ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำซ้ำด้วยวิธีการข้างต้น แต่เปลี่ยนความเข้มข้นของตัวประสานเป็น 30% และ 35% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

3.5 การศึกษาผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง

1. นำวัตถุดิบที่มีขนาดเหมาะสมจากข้อ 3.3 มาผสมกับตัวประสานที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.3 และกำหนดอัตราส่วนของปุ๋ยเคมีให้คงที่เท่ากับ 5% โดยน้ำหนัก
2. ทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดที่แรงอัด 1.3 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
3. ทำการชะกระถางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อครั้ง โดยมีระยะเวลาสัมผัส 10 นาที/ครั้ง และทำการชะทั้งหมด 5 ครั้ง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติของกระถางดังข้อ 3.6
4. ทำซ้ำด้วยวิธีการข้างต้น แต่เปลี่ยนแรงอัดเป็น 1.6, 1.9 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

3.6 การวิเคราะห์สมบัติของกระถางขึ้นรูป

กระถางขึ้นรูปที่ผลิตขึ้นในหัวข้อ 3.3, 3.4 และ 3.5 จะถูกนำมาทดสอบสมบัติของกระถางในแง่การปลดปล่อยสารอาหารจากกระถาง ความคงตัวและความเป็นรูพรุนของกระถาง โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้คือ

3.6.1 การศึกษาสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร

1. การวิเคราะห์หาปริมาณที่เคเอ็นไนโตรเจน อ้างอิงตาม วิธีวิเคราะห์มาตรฐาน Semi-Micro-Kjeldahl Method 4500-N_{org} (APHA, 1995) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 ml เจือจางให้มีปริมาตรเป็น 100 ml
2. นำตัวอย่างที่เตรียมมาเติมน้ำยาย่อยสลาย 10 ml นำไปต้มในตู้ดูดควันเพื่อดูดก๊าซพิษพวก SO_3 ออก ต้มจนสารละลายใสหรือมีสีเหลืองฟาง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
3. เติมฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 ml ผสมให้เข้ากันแล้วเติมน้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ไทโอซัลเฟต 10 ml
4. นำตัวอย่างที่ย่อยสลายแล้วต่อเข้าเครื่องกลั่นโดยให้ส่วนที่กลั่นออกมาได้จุ่มในสารละลายกรดบอริก 50 ml ที่เติมอินดิเคเตอร์ผสมแล้ว จนได้ปริมาตรรวมประมาณ 200 – 250 ml
5. นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล เมื่อถึงจุดยุติสีจะเปลี่ยนจากเขียวเป็นม่วงอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหาปริมาณออโธฟอสเฟตด้วยวิธีแอสคอบิกแอสิด อ้างอิงตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน Phosphorus by Ascorbic Acid Method 4500-P (APHA, 2005) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. เตรียมน้ำยารวม 100 ml จากกรดซัลฟูริก 5 N 50 ml, สารละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมทาเทรต 5 ml, สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท 15 ml, กรดแอสคอบิก 30 ml
2. ปิเปตตัวอย่างน้ำมา 0.5 ml เติมฟีนอล์ฟทาลีน 1 หยด ถ้าได้สีแดงให้เติมกรดซัลฟูริก 5 N ทีละหยดจนสีแดงหายไป
3. เติมน้ำยารวม 8 ml และปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
4. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับแบลงค์และกราฟมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร

3. การหาปริมาณโพแทสเซียม อ้างอิงตามวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน Potassium in Water by Atomic Absorption Spectrophotometry D4192-97 (ASTM, 2000) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. เตรียมสารละลายสต็อคโพแทสเซียม โดยนำโพแทสเซียมคลอไรด์ไปอบที่อุณหภูมิ 105 C จากนั้นชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.907 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและเจือจางให้เป็น 1 ลิตร (สารละลายนี้ 1.0 ml มีโพแทสเซียม 1.0 mg)
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม โดยนำปิเปตสารละลายสต็อคโพแทสเซียมมา 20 ml เจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 ml (สารละลายนี้ 1.0 ml มีโพแทสเซียม 0.1 mg)
3. การเตรียมกราฟมาตรฐานปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 2 mg/L จำนวน 1, 2, 3, 4 และ 5 ml เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 ml และทำแบลงค์ด้วยน้ำกลั่น
4. นำไปสารตัวอย่างไปวัดด้วยเครื่อง AAS เทียบกับแบงค์และกราฟมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 776.5 นาโนเมตร

3.6.2 การศึกษาสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. นำกระถางเข้าเครื่องอัด
2. เปิดเครื่องอัดเพื่อทำการอัดจนกระถางแตก
3. บันทึกแรงอัดที่ทำให้กระถางแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การศึกษาสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน (ภาณีพรรณ ทั่งพิทยกุล, 2540) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. วัดปริมาตรกระถาง (Media volume) แล้วใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 5000 ml
2. เติมน้ำสะอาดให้ระดับน้ำสูงกว่ากระถาง และทำเครื่องหมายที่ระดับน้ำ
3. เทของผสมออกจากบีกเกอร์ ล้างบีกเกอร์ให้สะอาด
4. ใส่น้ำสะอาดเข้าไปแทนในบีกเกอร์เดิมจนถึงระดับที่ทำเครื่องหมายในข้อ 2
5. วัดปริมาตรน้ำ โดยการเทใส่กระบอกตวง ซึ่งจะได้ปริมาตรรวมทั้งหมด (Total volume)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของกระถางที่ได้จากวัตถุดิบไม้ยางพาราและปุ๋ยเคมีโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ปัจจัย คือ ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ ความเข้มข้นของตัวประสาน และแรงอัดในการขึ้นรูป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการผลิตกระถางสำเร็จรูปจากวัตถุดิบไม้ยางพาราที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ กัน ซึ่งได้แก่ กระถางสำเร็จรูปจากฝุ่นไม้ กระถางสำเร็จรูปจากขี้เลื่อย กระถางสำเร็จรูปจากขี้กบ ผลิตกระถางสำเร็จรูปโดยใช้แป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของตัวประสาน 25%, 30% และ 35% โดยน้ำหนัก และผลิตกระถางสำเร็จรูปที่ใช้แรงอัดในการขึ้นรูป 1.3, 1.6 และ 1.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะได้กระถางสำเร็จรูปดังรูปที่ 4.1 แล้วนำกระถางสำเร็จรูปที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ซึ่งได้แก่ การปลดปล่อยสารอาหารในรูปไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียม, ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง ผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

ฝุ่นไม้ ขี้เลื่อย ขี้กบ

รูปที่ 4.1 กระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากไม้ยางพาราที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

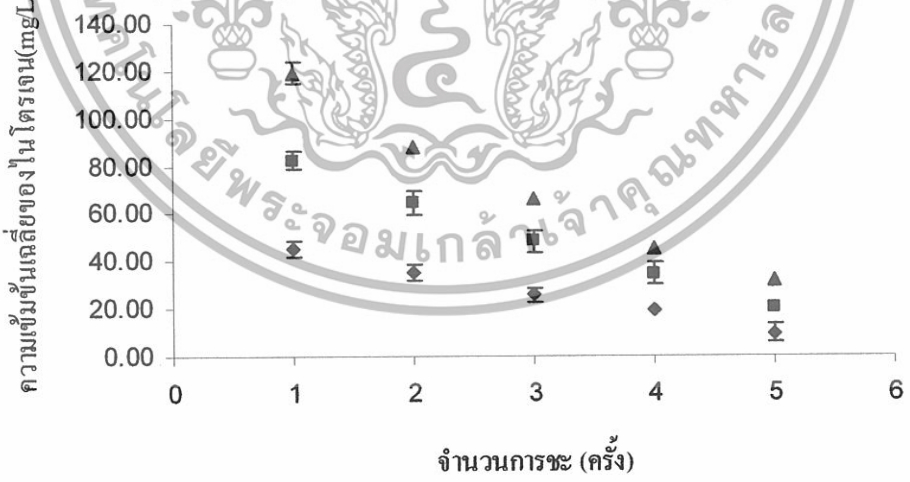
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลของขนาดวัตถุดิบต่อสมบัติของกระถาง

ในการศึกษาผลของขนาดวัตถุดิบต่อสมบัติของกระถาง ทำได้โดยนำวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน ได้แก่ ขี้เลื่อย ขี้กบ และฝุ่นที่เหลือจากการไสไม้ยางพารามาผสมกับแป้งมันสำปะหลังและปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่มีความเข้มข้นเป็น 30% และ 5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ อัดขึ้นรูปกระถางด้วยแรงอัด 1.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาสมบัติของกระถาง จากนั้นนำกระถางขึ้นรูปที่ได้ไปทดสอบสมบัติของกระถางในแง่การปลดปล่อยสารอาหารในรูปไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียม ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง ผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นดังนี้คือ

4.1.1 ผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร

ในการศึกษาผลของวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกันต่อสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหารจำพวกไนโตรเจนทั้งหมด ออโธฟอสเฟต และโพแทสเซียม ทำการทดลองโดยการนำกระถางที่ขึ้นรูปได้มาชะด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อครั้ง โดยมีระยะเวลาสัมผัส 10 นาทีต่อครั้ง และทำการชะทั้งหมด 5 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.2 ถึง 4.4



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดย ◆ ฝุ่นไม้ ■ ขี้เลื่อย ▲ ขี้กบ แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

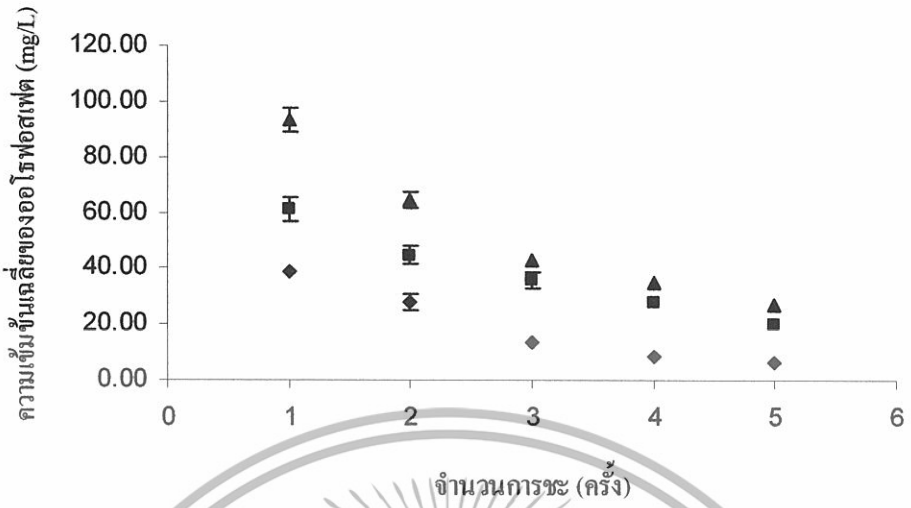
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะจากกระถางที่ขึ้นรูปจากขี้กบมีค่าลดลงจาก 119.38 ± 3.43 mg/L เหลือ 32.01 ± 3.43 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีของกระถางที่ขึ้นรูปจากขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของไนโตรเจนเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางที่ผลิตจากขี้กบ

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระถาง พบว่ากระถางที่ใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบมีความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 119.38 ± 3.43 mg/L และเมื่อวัตถุดิบมีขนาดเล็กลง ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางใช้ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบมีความเข้มข้นของไนโตรเจนเท่ากับ 82.39 ± 3.92 และ 45.27 ± 4.29 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้น พบว่าระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/pic/Titipan/Chapter%202.pdf)

สาเหตุที่กระถางที่ใช้ฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบมีการชะออกมาของปริมาณไนโตรเจนได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้และแน่นกว่าวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณไนโตรเจนออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดย ◆ ฝุ่นไม้ ■ ขี้เลื่อย ▲ ขี้กบ แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

จากรูปที่ 4.3 พบว่าขนาดวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระถางมีผลต่อความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาในทำนองเดียวกับไนโตรเจน กล่าวคือ ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลง เมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะจากกระถางที่ขึ้นรูปจากขี้กบมีค่าลดลงจาก 93.17 ± 1.98 mg/L เหลือ 27.51 ± 1.97 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีของกระถางที่ขึ้นรูปจากขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางที่ผลิตจากขี้กบ

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระถาง พบว่ากระถางที่ใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบมีความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 93.17 ± 1.98 mg/L และเมื่อวัตถุดิบมีขนาดเล็กลง ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางใช้ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบมีความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตเท่ากับ 61.15 ± 4.52 และ 38.49 ± 4.41 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่าระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/pic/Titipan/Chapter %202.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่กระถางที่ใช้ฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบมีการชะออกมาของปริมาณออโธฟอสเฟตได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้และแน่นกว่าวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณออโธฟอสเฟตออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดอื่น

รูปที่ 4.4 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดย ◆ ฝุ่นไม้ ■ ขี้เลื่อย ▲ ขี้กบ แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

อิทธิพลของขนาดของวัตถุดิบต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลของขนาดของวัตถุดิบต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนและออโธฟอสเฟต (รูปที่ 4.4) โดยพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลง เมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะจากกระถางที่ขึ้นรูปจากขี้กบมีค่าลดลงจาก 108.84 ± 2.44 mg/L เหลือ 31.66 ± 1.58 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีของกระถางที่ขึ้นรูปจากขี้เลื่อยและฝุ่นไม้ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของโพแทสเซียมเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางที่ผลิตจากขี้กบ

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระถาง พบว่ากระถางที่ใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 108.84 ± 2.44 mg/L และเมื่อวัตถุดิบมีขนาดเล็กลง ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระถางใช้ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมเท่ากับ 77.17 ± 3.28 และ 39.25 ± 3.96 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่าระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/pic/Titipan/Chapter %202.pdf)

สาเหตุที่กระถางที่ใช้ฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบมีการชะออกมาของปริมาณโพแทสเซียมได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้และแน่นกว่าวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณโพแทสเซียมออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดอื่น

4.1.2 ผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว

ในการศึกษาผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว ทำการวิเคราะห์หาความคงตัวของกระถางได้โดยนำกระถางที่อัดขึ้นรูปทดสอบด้วยเครื่องอัด (A 200 – Tf Load Cell Orientec, Tinius Olsen) ผลที่ได้แสดงดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการรับน้ำหนักของกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน โดยใช้ตัวประสาน 25% และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2

ชนิดของวัตถุดิบ	น้ำหนักถ่วง (kg)	น้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ (kg/cm^2)
ฝุ่นไม้	983.57 ± 20	15.81 ± 0.32
ขี้เลื่อย	668.80 ± 13	10.75 ± 0.21
ขี้กบ	560.83 ± 20	9.01 ± 0.32

จากตารางที่ 4.1 พบว่าขนาดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระถางมีผลต่อความคงตัวของกระถาง โดยความคงตัวของกระถางมีค่ามากขึ้น เมื่อใช้วัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก ดังจะเห็นได้จากกระถางที่ผลิตจากฝุ่นไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กสุด มีความคงตัวมากที่สุดโดยใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 986.90 ± 20 kg คิดเป็นน้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ 15.81 ± 0.32 kg/cm^2 ในขณะกระถางที่ผลิตจากขี้เลื่อย และขี้กบซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นตามลำดับ มีความคงตัวลดลงเป็น 668.80 ± 13 kg และ 560.83 ± 20 kg ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่กระถางที่ใช้ฝุ่นไม้เป็นวัตถุดิบมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้และแน่นกว่าวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ ส่งผลให้กระถางที่ผลิตจากฝุ่นไม้สามารถรองรับน้ำหนักได้มากกว่ากระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดอื่น (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf)

4.1.3 ผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน

ในการศึกษาหาความเป็นรูพรุนของวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกันต่อสมบัติของกระถาง ทำได้โดยการแทนที่น้ำ ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาตรรูพรุนของกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน โดยใช้ตัวประสาน 25% และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2

ขนาดอนุภาค	ปริมาตรรูพรุน (cm^3)
ฝุ่นไม้	11.30 ± 1.20
ขี้เลื่อย	39.16 ± 3.52
ขี้กบ	134.92 ± 1.95

จากตารางที่ 4.2 พบว่าขนาดของอนุภาควัตถุดิบมีผลต่อสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน โดยความเป็นรูพรุนของกระถางมีค่ามากขึ้น เมื่อใช้วัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ ดังจะเห็นได้จากกระถางที่ผลิตจากขี้กบซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่สุด มีค่าความเป็นรูพรุนของกระถางมากที่สุด เท่ากับ 134.92 ± 1.95 cm^3 ในขณะกระถางที่ผลิตจากขี้เลื่อยและฝุ่นไม้มีขนาดอนุภาคเล็กลง มีค่าความเป็นรูพรุน เท่ากับ 39.16 ± 3.52 cm^3 และ 11.30 ± 1.20 cm^3 ตามลำดับ ซึ่งกระถางที่มีรูพรุนโดยรอบ จะระบายน้ำและอากาศได้ดี รากพืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

จากการศึกษาพบว่าขนาดอนุภาคของวัตถุดิบมีผลต่อสมบัติของกระถาง ทั้งในแง่ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง โดยกระถางที่ทำจากขี้กบซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่สุด จะมีปริมาณสารอาหารปล่อยออกมามากที่สุด และมีความเป็นรูพรุนสูง อย่างไรก็ตามพบว่าวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่จะมีความคงตัวของกระถางต่ำกว่ากระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดเล็กกว่า ดังนั้นขนาดอนุภาคที่เหมาะสมสำหรับการอัดกระถางคือ ขี้กบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง

ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง ทำได้โดยการอัดขึ้นรูปกระถางโดยใช้ขี้กบ และปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่มีความเข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก มาผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นต่างกัน ได้แก่ 25%, 30% และ35% โดยน้ำหนัก อัดขึ้นรูปกระถางด้วยแรงอัด 1.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาสมบัติของกระถาง จากนั้นนำกระถางขึ้นรูปที่ได้ไปทดสอบสมบัติของกระถางในแง่การปลดปล่อยสารอาหารในรูปไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียม ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง ผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นดังนี้คือ

4.2.1 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร

ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง ในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหารจำพวกไนโตรเจนทั้งหมด ออโธฟอสเฟต และโพแทสเซียม ทำการทดลองโดยการนำกระถางที่ขึ้นรูปได้มาชะด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อครั้ง โดยมีระยะเวลาสัมผัส 10 นาทีต่อครั้ง และทำการชะทั้งหมด 5 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.5 ถึง 4.7

รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยตัวประสานที่มีความเข้มข้นต่างกันโดย ◆ ตัวประสาน 25% ■ ตัวประสาน 30% ▲ ตัวประสาน 35% แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

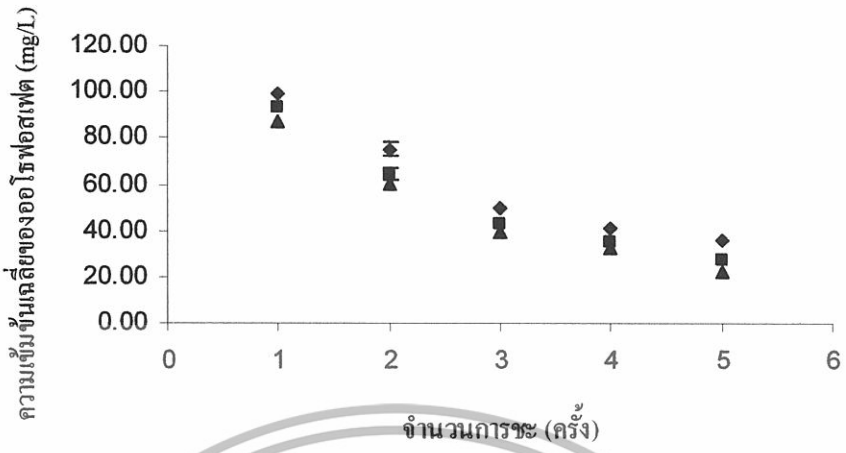
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะจากกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก มีค่าลดลงจาก 122.44 ± 2.88 mg/L เหลือ 39.86 ± 2.24 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีของกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 30% และ 35% โดยน้ำหนัก ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของไนโตรเจนเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นตัวประสาน พบว่ากระถางที่ใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก มีความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 122.44 ± 2.88 mg/L และเมื่อความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางใช้แป้งมันความเข้มข้น 30% และ 35% โดยน้ำหนัก มีความเข้มข้นของไนโตรเจนเท่ากับ 119.38 ± 3.43 และ 105.29 ± 2.59 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่า ระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/pic/Titipan/Chapter%202.pdf)

สาเหตุที่กระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก มีการชะออกมาของปริมาณไนโตรเจนได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากตัวประสานมีส่วนช่วยในการยึดเกาะกันของอนุภาค (Mattsson and Nystrom, 2001) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณไนโตรเจนออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ใช้ความเข้มข้นของตัวประสานน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยตัวประสานที่มีความเข้มข้นต่างกัน โดย ◆ ตัวประสาน 25% ■ ตัวประสาน 30% ▲ ตัวประสาน 35% แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

จากรูปที่ 4.6 พบว่าความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการผลิตกระถางมีผลต่อความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาในทำนองเดียวกับไนโตรเจน กล่าวคือความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลง เมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะจากกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก มีค่าลดลงจาก 99.19 ± 1.78 mg/L เหลือ 36.24 ± 0.84 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีของกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 30% และ 35% โดยน้ำหนัก ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นตัวประสาน พบว่ากระถางที่ใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก มีความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 99.19 ± 1.78 mg/L และเมื่อความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางใช้แป้งมันความเข้มข้น 30% และ 35% โดยน้ำหนัก มีความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตเท่ากับ 93.17 ± 1.98 และ 86.81 ± 2.13 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/pic/Titipan/ Chapter%202.pdf)

สาเหตุที่กระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก มีการชะออกมาของปริมาณออโธฟอสเฟตได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากตัวประสานมีส่วนช่วยในการยึดเกาะกันของอนุภาค (Mattsson and Nystrom, 2001) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณออโธฟอสเฟตออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ใช้ความเข้มข้นของตัวประสานน้อยกว่า

รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยตัวประสานที่มีความเข้มข้น ต่างกันโดย ◆ ตัวประสาน 25% ■ ตัวประสาน 30% ▲ ตัวประสาน 35% แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

อิทธิพลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลของความเข้มข้นของไนโตรเจนและออโธฟอสเฟต (รูปที่ 4.7) โดยพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลง เมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะจากกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก มีค่าลดลงจาก 115.73 ± 2.16 mg/L เหลือ 37.34 ± 0.75 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีของกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 30% และ 35% โดยน้ำหนัก ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของโพแทสเซียมเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นตัวประสาน พบว่ากระถางที่ใช้ความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลัง 25% โดยน้ำหนัก มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 115.73 ± 2.16 mg/L และเมื่อความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางใช้แป้งมันความเข้มข้น 30% และ 35% โดยน้ำหนัก มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมเท่ากับ 108.84 ± 2.44 และ 97.96 ± 2.05 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่าระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/pic/Titipan/Chapter %202.pdf)

สาเหตุที่กระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก มีการชะออกมาของปริมาณโพแทสเซียมได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากตัวประสานมีส่วนช่วยในการยึดเกาะกันของอนุภาค (Mattsson and Nystrom, 2001) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณโพแทสเซียมออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ใช้ความเข้มข้นของตัวประสานน้อยกว่า

4.2.2 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว

ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว ทำการวิเคราะห์หาความคงตัวของกระถางได้โดยนำกระถางที่อัดขึ้นรูปทดสอบด้วยเครื่องอัด (A200 – Tf Load Cell Orientec, Tinius Olsen) ผลที่ได้แสดงดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการรับน้ำหนักของกระถางที่มีความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2

ปริมาณตัวประสาน	น้ำหนักถ่วง (kg)	น้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ (kg/cm^2)
25%	539.47 ± 13	8.67 ± 0.20
30%	560.83 ± 20	9.01 ± 0.32
35%	586.50 ± 20	9.42 ± 0.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่าความเข้มข้นของตัวประสานที่ใช้ในการผลิตกระถางมีผลต่อความคงตัวของกระถาง โดยความคงตัวของกระถางมีค่ามากขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของตัวประสานเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากกระถางที่ผลิตโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง 35% โดยน้ำหนัก มีความคงตัวมากที่สุด โดยใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 586.50 ± 20 kg คิดเป็นน้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ 9.42 ± 0.31 kg/cm^2 ในขณะกระถางที่ผลิตโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง 30% และ 25% โดยน้ำหนักซึ่งมีความเข้มข้นลดลง มีความคงตัวลดลงเป็น 560.83 ± 20 kg และ 539.47 ± 13 kg ตามลำดับ

สาเหตุที่กระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการรับน้ำหนักมากที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากตัวประสานมีส่วนช่วยในการยึดเกาะกันของอนุภาค ส่งผลให้กระถางดังกล่าวสามารถรองรับน้ำหนักได้มากกว่ากระถางที่ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานน้อยกว่า (Mattsson and Nystrom, 2001)

4.2.3 ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน

ในการศึกษาหาความเป็นรูพรุนของกระถางที่มีความเข้มข้นของตัวประสานต่างกันต่อสมบัติของกระถาง ทำได้โดยการแทนที่น้ำ ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาตรรูพรุนของกระถางที่มีความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และแรงอัดในการขึ้นรูป 1.3 kg/cm^2

ปริมาณตัวประสาน	ปริมาตรรูพรุน (cm^3)
25%	148.45 ± 1.43
30%	134.92 ± 1.95
35%	118.77 ± 1.09

จากตารางที่ 4.4 พบว่าความเข้มข้นของตัวประสานมีผลต่อคุณสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน โดยรูพรุนของกระถางมีค่ามากขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของตัวประสานลดลง ดังจะเห็นได้จากกระถางที่ใช้แป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีความเข้มข้นน้อยที่สุด มีค่าความเป็นรูพรุนของกระถางมากที่สุด เท่ากับ 148.45 ± 1.43 cm^3 ในขณะกระถางที่ใช้แป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น 30% และ 35% โดยน้ำหนัก มีค่าความเป็นรูพรุนลดลง เท่ากับ 134.92 ± 1.95 cm^3 และ 118.77 ± 1.09 cm^3 ตามลำดับ การเพิ่มตัวประสานจะช่วยในการยึดเกาะกันของอนุภาคจะทำให้มีค่าความเป็นรูพรุนลดลง ซึ่งกระถางที่มีรูพรุนโดยรอบ จะระบายน้ำและอากาศได้ดี รากพืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของตัวประสานมีผลต่อสมบัติของกระถาง ทั้งในแง่ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง โดยกระถางที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นตัวประสานที่มีความเข้มข้นน้อยที่สุด จะมีปริมาณสารอาหารปล่อยออกมามากที่สุด และมีความเป็นรูพรุนสูง อย่างไรก็ตามพบว่ากระถางที่มีความเข้มข้นของตัวประสานลดลง จะมีความคงตัวของกระถางต่ำกว่ากระถางที่มีความเข้มข้นของตัวประสานเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับการอัดกระถางคือ แป้งมันสำปะหลังเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก

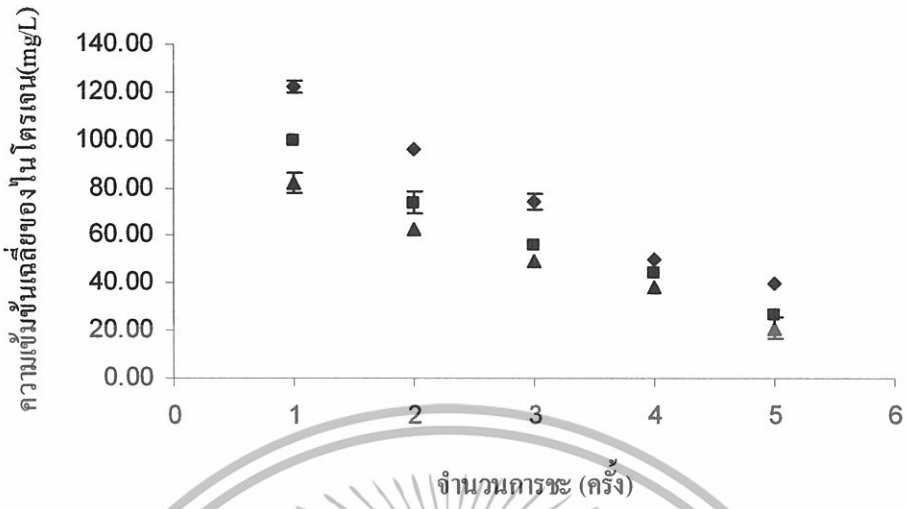
4.3 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง

ในการศึกษาผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง ทำได้โดยการอัดขึ้นรูปกระถางโดยการอัดขึ้นรูปกระถางโดยใช้ขี้กบ และปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่มีความเข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก มาผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก อัดขึ้นรูปกระถางด้วยแรงอัดต่างๆ กัน ได้แก่ 1.3, 1.6 และ 1.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาสมบัติของกระถาง จากนั้นนำกระถางขึ้นรูปที่ได้ไปทดสอบสมบัติของกระถางในแง่การปลดปล่อยสารอาหารในรูปไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียม ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง ผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นดังนี้คือ

4.3.1 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหาร

ในการศึกษาผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง ในแง่ของการปลดปล่อยสารอาหารจำพวกไนโตรเจนทั้งหมด ออโธฟอสเฟต และโพแทสเซียม ทำการทดลองโดยการนำกระถางที่ขึ้นรูปได้มาชะด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อครั้ง โดยมีระยะเวลาสัมผัส 10 นาทีต่อครั้ง และทำการชะทั้งหมด 5 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.8 ถึง 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่ต่างกันโดยแรงอัด ◆ 1.3 kg/cm^2 ■ 1.6 kg/cm^2 ▲ 1.9 kg/cm^2 แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

จากรูปที่ 4.8 พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะจากกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2 มีค่าลดลงจาก 122.44 ± 2.88 mg/L เหลือ 39.86 ± 2.24 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2 ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของไนโตรเจนเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2

เมื่อเปรียบเทียบการขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกัน พบว่ากระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2 มีความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 122.44 ± 2.88 mg/L และเมื่อเพิ่มแรงอัดในการขึ้นรูป ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2 มีความเข้มข้นของไนโตรเจนเท่ากับ 99.86 ± 2.62 และ 81.99 ± 4.09 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่า ระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources /HYDRO/ pic/Titipan/Chapter%202.pdf)

สาเหตุที่กระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.9 kg/cm^2 มีการชะออกมาของปริมาณไนโตรเจนได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดมาก อนุภาคจะสามารถจัดเรียงตัวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้และแน่นกว่ากระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อย (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณไนโตรเจนออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อยกว่า

รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่ต่างกันโดยแรงอัด ◆ 1.3 kg/cm^2 ■ 1.6 kg/cm^2 ▲ 1.9 kg/cm^2 แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

จากรูปที่ 4.9 พบว่าแรงอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางมีผลต่อความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาในทำนองเดียวกับไนโตรเจน กล่าวคือความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลง เมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะจากกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2 มีค่าลดลงจาก 99.19 ± 1.78 mg/L เหลือ 36.24 ± 0.84 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2 ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2

เมื่อเปรียบเทียบการขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกัน พบว่ากระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2 มีความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 99.19 ± 1.78 mg/L และเมื่อเพิ่มแรงอัดในการขึ้นรูป ความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2 มีความเข้มข้นของออโธฟอสเฟตเท่ากับ 86.25 ± 1.92 และ 73.05 ± 1.34 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณออโธฟอสเฟตที่ชะออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่า ระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources /HYDRO/pic/Titipan/Chapter%202.pdf)

สาเหตุที่กระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.9 kg/cm^2 มีการชะออกมาของปริมาณออโธฟอสเฟตได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดมาก อนุภาคจะสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้และแน่นกว่ากระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อย (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณออโธฟอสเฟตออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อยกว่า

รูปที่ 4.10 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่ต่างกันโดยแรงอัด ◆ 1.3 kg/cm^2 ■ 1.6 kg/cm^2 ▲ 1.9 kg/cm^2 แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏแสดงว่ามีค่าน้อยมาก

อิทธิพลของแรงอัดต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลของความเข้มข้นของไนโตรเจนและออโธฟอสเฟต (รูปที่ 4.10) โดยพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางมีแนวโน้มลดลง เมื่อจำนวนครั้งของการชะด้วยน้ำกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะจากกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2 มีค่าลดลงจาก 115.73 ± 2.16 mg/L เหลือ 37.34 ± 0.75 mg/L เมื่อจำนวนครั้งในการชะด้วยน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ครั้ง เป็น 5 ครั้ง ในกรณีกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็มีแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นของโพแทสเซียมเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2

เมื่อเปรียบเทียบการขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกัน พบว่ากระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2 มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ชะออกมาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 115.73 ± 2.16 mg/L และเมื่อเพิ่มแรงอัดในการขึ้นรูป ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ได้จากการชะมีค่าลดลงตามลำดับ โดยกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2 มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมเท่ากับ 98.93 ± 3.40 และ 84.80 ± 3.17 mg/L ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่ชะออกมาจากกระถางที่ผลิตขึ้นพบว่า ระดับปริมาณดังกล่าวมีค่าเทียบเคียงได้กับช่วงของปริมาณธาตุอาหารในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/ pic/Titipan/Chapter%202.pdf)

สาเหตุที่กระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.9 kg/cm^2 มีการชะออกมาของปริมาณโพแทสเซียมได้น้อยที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดมาก อนุภาคจะสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้และแน่นกว่ากระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อย (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf) ส่งผลให้เมื่อทำการชะสารอาหารออกจากกระถาง น้ำกลั่นจะไม่สามารถแทรกเข้าไปชะเอาปริมาณโพแทสเซียมออกมาจากกระถางได้มากเท่ากับกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อยกว่า

4.3.2 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว

ในการศึกษาผลของแรงอัดในการขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางในแง่ความคงตัว ทำการวิเคราะห์หาความคงตัวของกระถางได้โดยนำกระถางที่อัดขึ้นรูปทดสอบด้วยเครื่องอัด (A 200 – Tf Load Cell Orientec, Tinius Olsen) ผลที่ได้แสดงดังในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการรับน้ำหนักของกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และตัวประสานที่มีความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก

แรงอัดขึ้นรูป	น้ำหนักถ่วง (kg)	น้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ (kg/cm^2)
1.3 kg/cm^2	539.47 ± 13	8.67 ± 0.32
1.6 kg/cm^2	581.37 ± 16	9.34 ± 0.21
1.9 kg/cm^2	628.80 ± 14	10.10 ± 0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่าแรงอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางมีผลต่อความคงตัวของกระถาง โดยความคงตัวของกระถางมีค่ามากขึ้น เมื่อใช้แรงอัดเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากกระถางที่ผลิตโดยใช้แรงอัด 1.9 kg/cm^2 มีความคงตัวมากที่สุดโดยใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 628.80 ± 14 kg คิดเป็นน้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ 10.10 ± 0.32 kg/cm^2 ในขณะกระถางที่ผลิตโดยใช้แรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.3 kg/cm^2 ซึ่งมีแรงอัดลดลง มีความคงตัวลดลงเป็น 581.37 ± 16 kg และ 539.47 ± 13 kg ตามลำดับ

สาเหตุที่กระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.9 kg/cm^2 มีความสามารถในการรับน้ำหนักมากที่สุดอาจเป็นผลเนื่องมาจากกระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัดมาก อนุภาคจะสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้และแน่นกว่ากระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อย ส่งผลให้กระถางดังกล่าวสามารถรองรับน้ำหนักได้มากกว่ากระถางขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อยกว่า (http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf)

4.3.3 ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน

ในการศึกษาหาความเป็นรูพรุนของกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกันต่อสมบัติของกระถาง ทำได้โดยการแทนที่น้ำ ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาตรรูพรุนของกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดต่างกัน โดยใช้ขี้กบเป็นวัตถุดิบ และตัวประสานที่มีความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก

แรงอัดขึ้นรูป	ปริมาตรรูพรุน (cm^3)
1.3 kg/cm^2	148.45 ± 1.43
1.6 kg/cm^2	112.25 ± 3.16
1.9 kg/cm^2	96.15 ± 1.97

จากตารางที่ 4.6 พบว่าแรงอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางมีผลต่อคุณสมบัติของกระถางในแง่ความเป็นรูพรุน โดยรูพรุนของกระถางมีค่ามากขึ้น เมื่อใช้แรงอัดในการขึ้นรูปลดลง ดังจะเห็นได้จากกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.3 kg/cm^2 มีค่าความเป็นรูพรุนของกระถางมากที่สุด เท่ากับ 148.45 ± 1.43 cm^3 ในขณะกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัด 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2 มีค่าความเป็นรูพรุนลดลง เท่ากับ 112.25 ± 3.16 cm^3 และ 96.15 ± 1.97 cm^3 ตามลำดับ ซึ่งกระถางที่มีรูพรุนโดยรอบ จะระบายน้ำและอากาศได้ดี รากพืชได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

จากการศึกษาพบว่าแรงอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปมีผลต่อสมบัติของกระถาง ทั้งในแง่ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง โดยกระถางที่ใช้แรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 kg/cm^2 ซึ่งเป็นกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดน้อยที่สุด จะมีปริมาณสารอาหารปล่อยออกมามากที่สุด และมีความเป็นรูพรุนสูง อย่างไรก็ตามพบว่ากระถางที่มีแรงอัดในการขึ้นรูปลดลง จะมีความคงตัวของกระถางต่ำกว่ากระถางที่มีแรงอัดในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้น ดังนั้นแรงอัดที่เหมาะสมสำหรับการอัดกระถางคือ แรงอัด 1.3 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความเป็นไปได้การผลิตกระถางสำเร็จรูปจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปไม้ยางพารา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงผลของขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ ความเข้มข้นของตัวประสาน และแรงอัดต่อสมบัติของกระถาง ในแง่ความสามารถในการปลดปล่อยสารอาหารของพืช, ความคงตัว และความเป็นรูพรุนของกระถาง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ในการศึกษาผลของวัตถุดิบ 3 ชนิด ที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน ได้แก่ ฝุ่นไม้ ขี้เลื่อย และขี้กบ ต่อสมบัติของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตได้ พบว่า กระถางที่ผลิตจากขี้กบ ซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับ ขี้เลื่อยและฝุ่นไม้จะสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารของพืชได้ในปริมาณสูงสุด โดยมีความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมด ออโธฟอสเฟต และโพแทสเซียมที่ชะออกมา เท่ากับ 119.38 $\pm$ 3.43 mg/L , 93.17 $\pm$ 1.98 mg/L และ 108.84 $\pm$ 2.44 mg/L ตามลำดับ ในขณะที่วัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กลง จะสามารถปล่อยธาตุอาหารได้น้อยลง นอกจากนี้พบว่า ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบแปรผันตรงกับความเป็นรูพรุนของกระถาง แต่แปรผกผันกับความคงตัวของกระถาง โดยกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ เช่น ขี้กบจะมีความเป็นรูพรุนสูงกว่า แต่มีความคงตัวต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกระถางที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคเล็กอย่างเช่น ฝุ่นไม้ โดยกระถางจากขี้กบ มีค่าความเป็นรูพรุนและความคงตัว เท่ากับ 134.92 $\pm$ 1.95 cm^3 และ 9.01 $\pm$ 0.32 kg/cm^2 ตามลำดับ ในขณะที่ กระถางจากฝุ่นไม้ มีค่าความเป็นรูพรุนและความคงตัว เท่ากับ 11.30 $\pm$ 1.20 cm^3 และ 15.81 $\pm$ 0.32 kg/cm^2 ตามลำดับ

ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง โดยทำการแปรค่าความเข้มข้นของตัวประสานเป็น 25-35% โดยน้ำหนัก พบว่าความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารและความเป็นรูพรุนของกระถางจะมีค่าแปรผกผันกับความเข้มข้นของตัวประสาน โดยกระถางที่มีความเข้มข้นตัวประสาน เท่ากับ 25% โดยน้ำหนัก สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิดได้มากที่สุด โดยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ออโธฟอสเฟต และ โพแทสเซียม เท่ากับ 122.44 $\pm$ 2.88 mg/L ,99.19 $\pm$ 1.78 mg/L และ 115.73 $\pm$ 2.16 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้กระถางที่มีตัวประสาน 25% โดยน้ำหนัก มีความเป็นรูพรุนมากที่สุด โดยมีค่าความเป็นรูพรุน เท่ากับ 148.45 $\pm$ 1.43 cm^3 อย่างไรก็ตามพบว่า กระถางที่ใช้สัดส่วนตัวประสาน 25%โดยน้ำหนักจะมีค่าความคงตัวต่ำสุดเมื่อเทียบกับ กระถางที่ใช้สัดส่วนตัวประสาน 30% และ 35% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถางโดยทำการแปรค่าแรงอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง ให้มีค่า เท่ากับ 1.3 kg/cm^2, 1.6 kg/cm^2 และ 1.9 kg/cm^2 พบว่ากระถางที่ใช้แรงอัดในการขึ้นรูปต่ำกว่า จะสามารถปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารของพืชและมีความเป็นรูพรุนสูงกว่ากระถางที่ใช้แรงอัดในการขึ้นรูปสูงกว่า โดยกระถางที่ใช้แรงอัด 1.3 kg/cm^2 สามารถปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิดได้มากที่สุด คือ ไนโตรเจนทั้งหมด ออโธฟอสเฟต และ โพแทสเซียม เท่ากับ 122.44 ± 2.88 mg/L ,99.19 ± 1.78 mg/L และ 115.73 ± 2.16 mg/L กระถางชนิดนี้มีความเป็นรูพรุนเท่ากับ 148.45 ± 1.43 cm^3 อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่ต่ำกว่า คือ มีความคงตัวต่ำ เมื่อเทียบกับกระถางที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัดสูงๆ ส่งผลให้ความทนทานของกระถางมีค่าน้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการนำกระถางที่ผลิตได้ไปทดลองปลูกพืชชนิดต่างๆ เพื่อศึกษาความต้องการสารอาหารที่กระถางปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

2. ควรทำการทดสอบระยะเวลาในการย่อยสลายของกระถางเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในนำกระถางลงปลูกในดินพร้อมกับพืช

3. ควรเลือกใช้วัสดุเหลือทิ้งที่มีการสลายตัวของยางแล้ว เนื่องจากไม้ที่มียางอาจเป็นอันตรายต่อพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กาญจนากร เกศาราม และวิมลมาศ เมืองแก่น. 2541. **การศึกษาเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง (I).** โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนิดา ไกรขุนทศ. 2543. **การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์และธาตุอาหารในกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภาณีพรรณ ทั่งพิทยกุล. 2540. **ผลของวัสดุปลูก 5 ชนิด ต่อการเจริญเติบโตของโป๊ยเซียนพันธุ์แดงอุดม.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์. 2546. **เอกสารการสอนชุดวิชา ดิน น้ำ และปุ๋ย soil, water and fertilizers.** พิมพ์ครั้งที่ 10. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. **วัสดุปลูก ไม้ดอก ไม้ประดับ.** กรุงเทพฯ: บ้านและสวน.

ศิวาภรณ์ สุรจินตนาภรณ์. 2547. **การปลูกยางพารา : พืชเศรษฐกิจชุมชีวิตเกษตรกรไทย.** กรุงเทพฯ: ส่งเสริมธุรกิจ เพชรกะรัต.

American Public Health Association (APHA). 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 19th ed, Newyork : American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation.

American Public Health Association (APHA). 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 21th ed, Newyork: American Public Health Association American Water Works Association and Water Pollution Control Federation.

American Society for Testing and Materials. 2000. **Annual Book of ASTM Standard/American Society for Testing and Materials.** Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mattsson, S. and Nystrom, C. 2001. **Evaluation of critical binder properties affecting the compactibility of binary mixtures.** Sweden: Department of Pharmacy, Uppsala University

Wang M.C. and Yang C.H. 2002. **Effect of paddy-upland crop rotation with various fertilizations on soil physical and chemical properties.** Taiwan: Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University

กระถาง (Pot&container). [Online] Available: http://www.maipradab.com/saramaipradab/pot.htm

ฉันทนา ชื่นใจทับ, นันทกา รอดพูล และศิริพร สาริบุตร. 2540. **กระถางเพาะชำย่อยสลาย.** [Online] Available: http://202.29.77.139/magazine/project12.html

ชิดชนก นันทะใจ, สายฝน ดิษฐคำเหมาะ และอาทิตยา บุลย์ประมุข. 2541. **กระถางปลอดมลพิษ.** [Online] Available: http://202.29.77.139/magazine/abs34/scp34_04.html

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. **ไฮโดรโปนิกส์.** [Online] Available: http://www.kmutt.ac.th/organization/bioresources/HYDRO/pic/Titipan/Chapter%202.pdf

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. **ป่าเขตร้อนในประเทศไทย ความสำคัญของป่าเขตร้อนในประเทศไทย.** [Online] Available: http://www.seub.or.th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **สาระสำคัญของการวัดลักษณะของดิน.** [Online] Available: http://www.ipst.ac.th/globe/soil/introduction8-11.pdf

ส่วนวิชาการเกษตร สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. **เรื่องของไม้ยาง.** [Online] Available: http://www.thailandrubberthaigov.net/knowledge_1v.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร. **สถิติไม้ยางพารา.** [Online] Available: http://www.oae.go.th/statistic/export/1301PR.xls

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
ผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบต่อสมบัติของกระถาง

ตารางที่ ก.1 ผลของปริมาณไนโตรเจน (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณไนโตรเจน (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ฝุ่นไม้	1	41.50	49.93	44.38
	2	31.36	39.24	35.61
	3	23.41	28.73	25.55
	4	15.96	22.14	19.82
	5	7.11	11.90	9.87
ขี้เลื่อย	1	78.40	82.53	86.23
	2	59.36	65.83	68.88
	3	44.24	47.32	53.47
	4	30.24	34.70	39.10
	5	17.36	20.51	23.25
ขี้กบ	1	115.92	122.77	119.45
	2	91.67	88.12	85.05
	3	69.50	65.26	63.78
	4	46.87	43.52	45.52
	5	35.39	28.53	32.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ผลของปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ฝุ่นไม้	1	34.12	42.93	38.42
	2	24.71	30.82	27.94
	3	11.18	16.55	13.83
	4	6.47	10.16	8.55
	5	5.00	8.54	6.43
ขี้เลื่อย	1	56.32	61.83	65.29
	2	41.91	43.84	48.12
	3	32.79	35.93	39.14
	4	26.32	28.64	28.10
	5	18.38	19.95	22.64
ขี้กบ	1	95.15	93.18	91.18
	2	67.21	64.76	61.76
	3	44.85	41.91	41.91
	4	37.35	33.38	34.38
	5	29.71	26.91	25.91

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลของปริมาณโพแทสเซียม (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณโพแทสเซียม (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ฝุ่นไม้	1	35.20	39.41	43.13
	2	26.88	29.98	30.76
	3	18.70	20.19	21.28
	4	10.44	12.12	13.05
	5	7.52	9.24	10.49
ขี้เลื่อย	1	73.62	77.80	80.09
	2	54.92	57.52	59.22
	3	42.51	43.89	45.08
	4	26.00	29.23	30.21
	5	18.70	19.46	21.69
ขี้กบ	1	108.24	106.76	111.53
	2	66.24	64.84	67.55
	3	51.42	49.21	52.23
	4	42.29	41.06	43.35
	5	31.11	30.42	33.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ผลของค่าความคงตัวของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

ชนิดกระถาง	น้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ (kg/cm^2)		
	กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ฝุ่นไม้	9.35	8.72	8.97
ขี้เลื่อย	10.56	10.98	10.70
ขี้กบ	15.78	16.13	15.50

ตารางที่ ก.5 ปริมาตรรูพรุนของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน

ชนิดกระถาง	ปริมาตรรูพรุน (cm^3)		
	กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ฝุ่นไม้	136.70	132.84	135.22
ขี้เลื่อย	40.61	35.15	41.72
ขี้กบ	10.12	12.51	11.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
ผลของความเข้มข้นของตัวประสานต่อสมบัติของกระถาง

ตารางที่ ข.1 ผลของปริมาณไนโตรเจน (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณไนโตรเจน (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ตัวประสาน 25% โดยน้ำหนัก	1	119.56	125.32	122.45
	2	99.12	96.56	94.61
	3	71.79	74.53	78.42
	4	48.27	49.20	52.85
	5	39.48	37.84	42.27
ตัวประสาน 30% โดยน้ำหนัก	1	115.92	122.77	119.45
	2	91.67	88.12	85.05
	3	69.50	65.26	63.78
	4	46.87	43.52	45.52
	5	35.39	28.53	32.12
ตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก	1	104.16	108.25	103.45
	2	83.72	82.33	81.72
	3	65.52	61.33	62.30
	4	43.12	39.51	42.63
	5	32.48	30.93	30.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ผลของปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ตัวประสาน 25% โดยน้ำหนัก	1	97.35	100.91	99.32
	2	72.35	78.41	75.64
	3	48.24	50.65	51.65
	4	39.56	43.62	40.61
	5	35.29	36.91	36.53
ตัวประสาน 30% โดยน้ำหนัก	1	95.15	93.18	91.18
	2	67.21	64.76	61.76
	3	44.85	41.91	41.91
	4	37.35	33.38	34.38
	5	29.71	26.91	25.91
ตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก	1	87.50	88.52	84.42
	2	61.32	60.92	58.55
	3	40.00	39.64	38.44
	4	34.12	32.62	30.72
	5	22.50	21.43	23.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ผลของปริมาณโพแทสเซียม (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณโพแทสเซียม (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ตัวประสาน 25% โดยน้ำหนัก	1	117.81	115.88	113.50
	2	73.18	70.99	69.23
	3	56.60	54.96	54.31
	4	45.50	44.99	43.35
	5	38.12	37.25	36.64
ตัวประสาน 30% โดยน้ำหนัก	1	108.24	106.76	111.53
	2	66.24	64.84	67.55
	3	51.42	49.21	52.23
	4	42.29	41.06	43.35
	5	31.11	30.42	33.44
ตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก	1	99.99	98.01	95.89
	2	59.38	58.58	57.04
	3	47.77	46.66	44.09
	4	37.91	36.76	36.67
	5	26.66	27.22	25.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ผลของค่าความคงตัวของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน

ชนิดกระถาง	น้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ (kg/cm^2)		
	กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ตัวประสาน 25% โดยน้ำหนัก	8.69	8.46	8.86
ตัวประสาน 30% โดยน้ำหนัก	9.35	8.72	8.97
ตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก	9.07	9.54	9.67

ตารางที่ ข.5 ปริมาตรรูพรุนของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้ความเข้มข้นของตัวประสานต่างกัน

ชนิดกระถาง	ปริมาตรรูพรุน (cm^3)		
	กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
ตัวประสาน 25% โดยน้ำหนัก	147.23	148.09	150.03
ตัวประสาน 30% โดยน้ำหนัก	136.70	132.84	135.22
ตัวประสาน 35% โดยน้ำหนัก	120.00	118.40	117.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ข้อมูลดิบที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
ผลของแรงอัดขึ้นรูปต่อสมบัติของกระถาง

ตารางที่ ค.1 ผลของปริมาณไนโตรเจน (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณไนโตรเจน (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
แรงอัด 1.3 kg/cm^2	1	119.56	125.32	122.45
	2	99.12	96.56	94.61
	3	71.79	74.53	78.42
	4	48.27	49.20	52.85
	5	39.48	37.84	42.27
แรงอัด 1.6 kg/cm^2	1	97.05	102.23	100.31
	2	69.83	78.61	73.92
	3	55.05	55.01	58.63
	4	42.95	45.45	44.57
	5	29.12	22.36	28.77
แรงอัด 1.9 kg/cm^2	1	81.09	86.45	78.42
	2	59.47	65.62	62.74
	3	47.04	48.22	52.31
	4	39.20	35.89	41.34
	5	26.32	16.71	20.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลของปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณออโธฟอสเฟต (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
แรงอัด 1.3 kg/cm^2	1	97.35	100.91	99.32
	2	72.35	78.41	75.64
	3	48.24	50.65	51.65
	4	39.56	43.62	40.61
	5	35.29	36.91	36.53
แรงอัด 1.6 kg/cm^2	1	87.94	86.65	84.16
	2	65.74	64.62	63.23
	3	45.74	44.25	41.46
	4	36.03	36.67	38.62
	5	29.56	30.64	32.75
แรงอัด 1.9 kg/cm^2	1	74.26	73.26	71.62
	2	58.53	57.76	57.03
	3	36.76	37.28	37.92
	4	29.12	30.35	32.23
	5	24.12	25.25	27.03

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ผลของปริมาณโพแทสเซียม (mg/L) ที่ชะออกมาจากกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน

ชนิดของกระถาง	จำนวนครั้งในการชะ	ปริมาณโพแทสเซียม (mg/L)		
		กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
แรงอัด 1.3 kg/cm^2	1	117.81	115.88	113.50
	2	73.18	70.99	69.23
	3	56.60	54.96	54.31
	4	45.50	44.99	43.35
	5	38.12	37.25	36.64
แรงอัด 1.6 kg/cm^2	1	98.31	102.59	95.89
	2	62.30	64.93	60.88
	3	45.87	46.23	43.52
	4	37.47	38.25	35.84
	5	31.04	31.60	29.91
แรงอัด 1.9 kg/cm^2	1	84.50	88.11	81.78
	2	57.11	58.09	54.19
	3	38.20	39.44	36.85
	4	31.62	33.52	30.42
	5	22.35	23.23	21.44

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 ผลของค่าความคงตัวของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน

ชนิดกระถาง	น้ำหนักถ่วงต่อพื้นที่ (kg/cm^2)		
	กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
แรงอัด 1.3 kg/cm^2	8.69	8.46	8.86
แรงอัด 1.6 kg/cm^2	9.10	9.31	9.62
แรงอัด 1.9 kg/cm^2	9.89	10.08	10.35

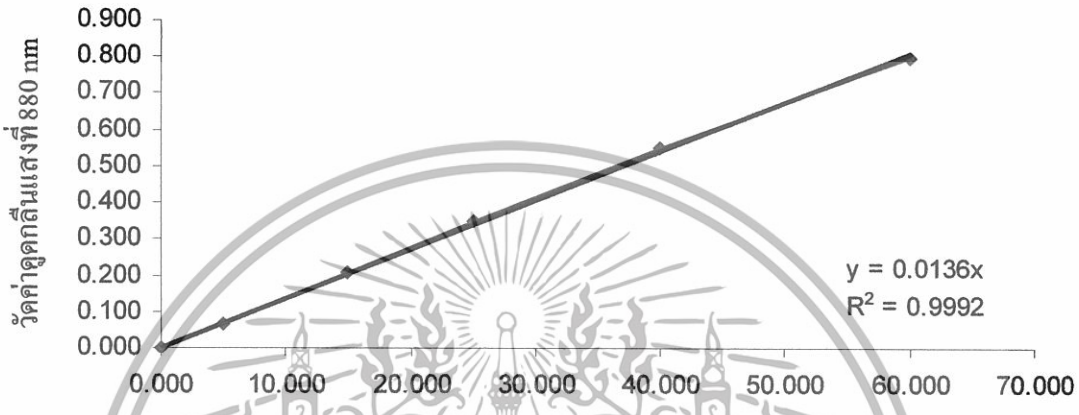
ตารางที่ ค.5 ปริมาตรรูพรุนของกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตโดยใช้แรงอัดขึ้นรูปต่างกัน

ชนิดกระถาง	ปริมาตรรูพรุน (cm^3)		
	กระถางที่ 1	กระถางที่ 2	กระถางที่ 3
แรงอัด 1.3 kg/cm^2	147.23	148.09	150.03
แรงอัด 1.6 kg/cm^2	115.60	111.82	109.32
แรงอัด 1.9 kg/cm^2	98.42	95.23	94.81

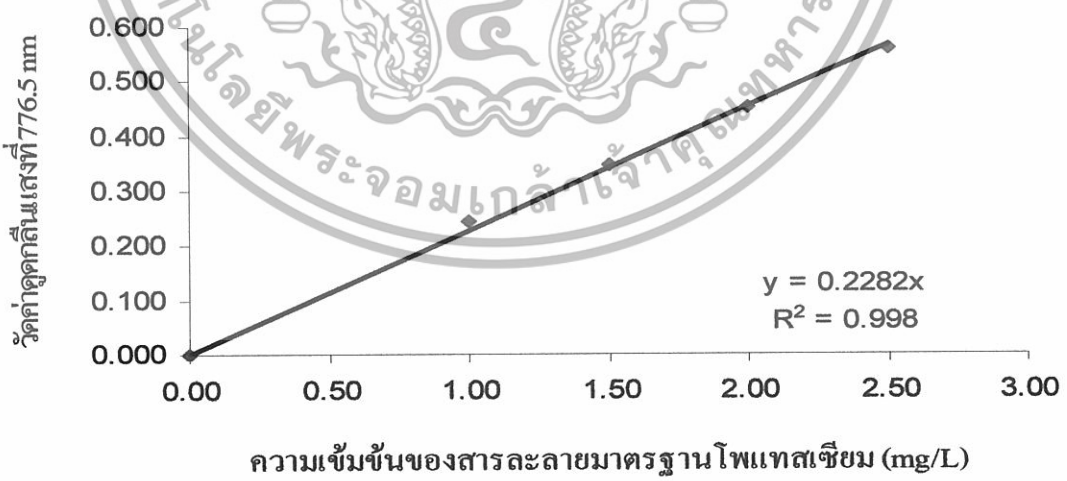
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

กราฟสารละลายมาตรฐาน



รูปที่ ง.1 กราฟสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส



รูปที่ ง.2 กราฟสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้