การทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการเพาะชำยางชำถุง

นายสัตตะพงศ์ ชอบกตัญญู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REPLACEMENT OF FERTILIZERS WITH SLUDGE AND RUBBER LATEX LUTOID FOR NURSERING POLY-BAG RUBBER

Mr. Sattapong Chobkatanyoo

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการเพาะชำยางชำถุง
โดย	นายสัตตะพงศ์ ชอบกตัญญู
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธน ช่วยเกิด

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ)

……อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธน ช่วยเกิด)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. นิตยา นักระนาด-มิลน์)

สัตตะพงศ์ ชอบกตัญญู : การทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการเพาะชำยางชำถุง. (REPLACEMENT OF FERTILIZERS WITH SLUDGE AND RUBBER LATEX LUTOID FOR NURSERING POLY-BAG RUBBER) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตรจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธน ช่วยเกิด 132 หน้า.

การศึกษาวิจัยการทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการเพาะชำยางชำถุง เป็นการศึกษาความเป็นประโยชน์และศักยภาพการทดแทนปุ๋ยของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทำ 5 ซ้ำ หนึ่งหน่วยทดลองคือ ถุงเพาะชำขนาด 11.5×35 ซม. วัสดุที่ใช้เพื่อเพาะชำต้นยางชำถุง คือ ดินผสมวัสดุปรับปรุงดิน (กากขี้แป้ง กากตะกอนน้ำเสีย ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) ในอัตรา 3:1 โดยปริมาตร มีทั้งหมด 8 ตำรับทดลอง ดำเนินการทดลองในโรงเรือนเพาะชำ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน พ.ศ. 2551 ที่ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้วิธีติดตาเขียวต้นตอตายาง พันธุ์ RRIM 600

ผลการศึกษาพบว่า กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งสามารถทดแทนปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ได้อย่างเท่าเทียมหรือดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) และธาตุอาหารรอง (Mg) ในดินเพาะชำยางชำถุงเพียงพอต่อการเติบโตของต้นยางชำถุงเมื่อพิจารณาจากความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอด และน้ำหนักแห้งของราก อีกทั้งยังไม่จำเป็นต้องเติมปุ๋ยหินฟอสเฟตเป็นปุ๋ยรองก้นหลุม (อัตรา 170 กรัม/หลุม) เมื่อนำต้นยางชำถุงปลูกลงหลุม ตลอดจนไม่มีความกังวลใจเรื่องปริมาณโลหะหนัก (Cu, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb และ Ni) ที่ปนเปื้อนในดินเพาะชำต้นยางชำถุง เนื่องจากปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ประกอบกับการใช้กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเป็นวัสดุปรับปรุงดินในการเพาะชำต้นยางชำถุงนั้นมีต้นทุนต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีประมาณ 8 เท่า ซึ่งค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนยางเป็นค่าปุ๋ยประมาณ 40% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด

กล่าวโดยสรุปคือ กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งสามารถทดแทนปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะชำต้นยางชำถุง จึงสามารถเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารให้กับต้นยางชำถุงด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่าวิธีการเพาะชำต้นยางชำถุงที่เกษตรกรนิยมใช้ในปัจจุบัน และเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเหลือทิ้ง เพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งให้มีประโยชน์ขึ้นมาใหม่ และเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

4989203820: MAJOR INTERDISCIPLINARY PROGRAM OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEYWORDS: POLY-BAG RUBBER / SLUDGE / RUBBER LATEX LUTOID

SATTAPONG CHOBKATANYOO: REPLACEMENT OF FERTILIZERS WITH SLUDGE AND RUBBER LATEX LUTOID FOR NURSERING POLY-BAG RUBBER. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D. Sc., CO-ADVISOR: ASST. PROF. SUTHON CHUAYGUD, Ph.D. 132 pp.

Replacement of fertilizers with sludge and rubber latex lutoid for nursering poly-bag rubber were studied the adventage and latency of sludge and rubber latex lutoid for growth of poly-bag rubber. The experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) with 5 replications. One treatment unit was poly-bag size 11.5×35 centimeter. Medias for nursering were the mixed of soil and soil amendment (sludge, rubber latex lutoid, organic fertilizer and chemical fertilizer) with the ratio 3:1 by volume consisted of 8 mixing methods. The planting technique was budded stump RRIM 600. The experiment was conducted at agricultural area tambon Saikhueng, Phrasang district, Suratthani province during February-April 2008.

The result showed that chemical fertilizer and organic fertilizer could be replaced by sludge cum rubber latex lutoid equally or better off significantly. Both amendments in the media could increase organic matter content, sufficiently supplied major elements (N, P, K) and Mg for growth of poly-bag rubber (height, diameter, size of canopy and dry weight of root) and basal application of rock phosphate fertilizer (170 grams/tree) in the field was not needed. In addition, heavy metals (Cu, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb and Ni) content in the soils for nursering poly-bag rubber were within the standard of soil quality for residence and agriculture under Committee Environment Nation notice (series 25; 2004). Moreover, investment cost for nursering poly-bag rubber by using sludge and rubber latex lutoid was 8 times lower than that of organic fertilizer and chemical fertilizer which is about 40% of total rubber farming cost.

In conclusion, chemical fertilizer and organic fertilizer could be replaced by sludge and rubber latex lutoid for nursering poly-bag rubber. This replacement can be one of the best alternative for rubber replanter to increase the organic matter and nutrient source with low investment cost for nursering poly-bag rubber and can be a direction to sustain community development. Besides, reduction cost of waste treatment, increased value-added of waste, and solve the sequence problems resulted from waste as water pollution.

Field of Study : Environmental Science Student's Signature :

Academic Year : 2008 Advisor's Signature :

Co-Advisor's Signature :

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธน ช่วยเกิด ผู้ร่วมวิจัย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา (Medium Project on Rubber; MPR) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

กราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธน ช่วยเกิด อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อแนะนำ และให้โอกาสลูกศิษย์ได้ศึกษาในเรื่องที่สนใจ จนมีผลทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังกรุณาให้ข้อคิดต่างๆ และทักษะในการทำงาน ตลอดจนอบรมสั่งสอนการดำเนินชีวิตในสังคมอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง และ ดร.นิตยา นักระนาด-มิลน์ ที่กรุณาสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อคิดเห็นเสนอแนะ ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยบางส่วน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี คุณศุภมิตร ลิมปิไชย นักวิชาการเกษตรศูนย์วิจัยยางสงขลา คุณแฉล้ม พริ้มจรัส นักวิทยาศาสตร์ 5ว. หัวหน้ากลุ่มงานวิเคราะห์ดิน คุณจิราพร ชูเนตร์ นักวิทยาศาสตร์ 4 คุณสุมน เพ็ชรศิริ นักวิทยาศาสตร์ 4 และคุณกรุณา ไชยศร นักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของกลุ่มงานวิเคราะห์ดินทุกท่าน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการตลอดจนวิเคราะห์ตัวอย่าง คุณนิตย์ พันธ์รังสี คุณณรงค์ชัย คงเจริญ เกษตรกร

กราบขอบพระคุณ คุณอนุชิต จิโรจโชติชัย กรรมการผู้จัดการบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด และกรรมการผู้จัดการบริษัทสุราษฎร์ซีฟู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่อนุเคราะห์วัสดุปรับปรุงดินสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณลาภ ชอบกตัญญู และคุณเจือ ชอบกตัญญู (คุณพ่อและคุณแม่) คุณอวยพร ชอบกตัญญู (พี่ชาย) คุณอมรรัตน์ ชอบกตัญญู (พี่สาว) คุณจิตรา ชอบกตัญญู (พี่สาว) คุณสารภี ประชากูล (พี่สาว) คุณสุริยา ชอบกตัญญู (พี่ชาย) คุณรังสิมันต์ ชอบกตัญญู (พี่ชาย) คุณวันวิวาห์ ชอบกตัญญู (พี่สาว) คุณจรัญ คงระบำ (พี่เขย) คุณมานะศักดิ์ ประชากูล (พี่เขย) คุณบุญญา สุกไกรไทย (พี่เขย) คุณอำไพ ชอบกตัญญู (พี่สะใภ้) รวมทั้งหลานๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้โอกาส และสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างเป็นอย่างดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง…..... ฌ

สารบัญรูป..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ต้นยางชำถุง..... 4

2.2 กากตะกอนน้ำเสีย..... 8

2.3 กากขี้แป้ง..... 16

2.4 ยางพารา..... 24

3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย..... 45

3.1 สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย..... 45

3.2 วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 45

3.3 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย..... 46

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 49

4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 50

4.1 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง และปุ๋ย) 50

4.2 ผลของการเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในยางชำถุง ต่อลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินภายหลังการเพาะชำยางชำถุง 90 วัน…. 58

4.3 การเติบโตของต้นยางชำถุงหลังเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี..... 67

4.4 ความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง..... 77

4.5 ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง..... 85

หน้า

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 92
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 92
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 96
รายการอ้างอิง..... 97
ภาคผนวก 105
ภาคผนวก ก..... 106
ภาคผนวก ข..... 114
ภาคผนวก ค..... 118
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 132

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	การเลือกใช้คู่ต้นตอยางและตาพันธุ์ดีที่เหมาะสม	6
2-2	ส่วนประกอบของน้ำยางสด	22
2-3	พื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย ปี พ.ศ 2546	33
2-4	ศักยภาพการผลิตยางของจังหวัดสุราษฎร์ธานี	35
2-5	อัตราการใส่ปุ๋ยของต้นติดตา	42
2-6	อัตราการใส่ปุ๋ยตามสูตรปุ๋ย	44
3-1	ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัยการเพาะชำยางชำถุง	49
3-2	พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ดิน และน้ำ	50
4-1	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนเติมสิ่งทดลอง	52
4-2	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย	54
4-3	สมบัติ และองค์ประกอบทางเคมีของกากขี้แป้ง	56
4-4	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์	58
4-5	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน	60
4-6	ความสูงของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน	73
4-7	เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน	74
4-8	รัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน	75
4-9	น้ำหนักรากของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน	76
4-10	เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในสิ่งทดลองและปริมาณธาตุอาหารภายหลังการเติมสิ่งทดลอง	78
4-11	ค่าใช้จ่ายในการผลิตต้นยางชำถุง	90

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	กรรมวิธีการผลิตยางและจุดกำเนิดของเสียจากการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิม.....	18
4-1	ปริมาณสัมพัทธ์ของโลหะหนัก (%) ในสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ และดินเดิม) เทียบกับมาตรฐานโลหะหนักแต่ละธาตุ.....	68
4-2	ปริมาณสัมพัทธ์ของโลหะหนัก (%) ในดินภายหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน เทียบกับมาตรฐานโลหะหนักแต่ละธาตุ.....	68
4-3	เปรียบเทียบการเติบโตของต้นยางชำถุงในรูปความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอดและน้ำหนักแห้งของราก เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน.....	80
4-4	เปรียบเทียบความสูงของต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน.....	81
4-5	เปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน.....	82
4-6	เปรียบเทียบรัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน.	83
4-7	เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของรากต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน...	84
4-8	ปริมาณสัมพัทธ์ของธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ในดินเพาะชำต้นยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (เมื่อกำหนดให้ ปริมาณธาตุอาหารแต่ละธาตุจากตำรับทดลอง C+AF+RF+F = 100)……..	86
4-9	ปริมาณสัมพัทธ์ของอินทรียวัตถุในสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง และปุ๋ยอินทรีย์) เมื่อกำหนดให้ ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ = 100.....	88
4-10	ปริมาณสัมพัทธ์ของอินทรียวัตถุในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (เมื่อกำหนดให้ ปริมาณอินทรียวัตถุในตำรับทดลอง C+AF+RF+F = 100)	88

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางอันดับ 1 ของโลก ที่มีสัดส่วนการผลิตร้อยละ 34.30 ขณะที่อินโดนีเซียและมาเลเซีย มีสัดส่วนการผลิตร้อยละ 24.00 และร้อยละ 13.60 ตามลำดับ ทั้งนี้พันธุ์ยางแนะนำของประเทศไทยนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง (พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 สถาบันวิจัยยาง 226 BPM 24 และ RRIM 600) กลุ่มที่ 2 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง (พันธุ์ PB 235 PB 255 PB 260 และ RRIC 110) และกลุ่มที่ 3 พันธุ์ยางผลผลิตเนื้อไม้สูง (ฉะเชิงเทรา 50 AVROS 2037 และ BPM 1) (นุชนารถ กังพิศดาร, 2547ก)

ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นพืชสกุล EUPHORBIACEAE ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นสินค้าส่งออกลำดับต้นๆ ของประเทศ แต่ปริมาณผลผลิตจากพื้นที่ปลูกประมาณ 12,618,792 ไร่ ก็ยังไม่มากเท่าที่ควร การปลูกยางให้ประสบผลสำเร็จคือ เปิดกรีดได้เร็ว และเมื่อเปิดกรีดแล้วให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอนั้น เกี่ยวข้องกับปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ต้นพันธุ์ยางเจริญได้ดีและให้ผลผลิตสูง คือ ความเหมาะสมของพันธุ์ยาง ชนิดพันธุ์ยาง การจัดการสวนยางหรือการใช้เทคโนโลยีที่ถูกต้องเหมาะสม ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมและพอเพียง รวมทั้งวัสดุปลูกและต้นยางชำถุง (นุชนารถ กังพิสดาร และคณะ, 2541; โสภา โพธิวัตถุธรรม และคณะ, 2538; โสภา โพธิวัตถุธรรม และคณะ, 2535; แววตา วาสนานุกูล และคณะ, 2534) และการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร ตลอดจนการเริ่มต้นด้วยต้นตอตายางหรือต้นยางชำถุงที่มีคุณภาพ ซึ่งต้องใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารและอินทรียวัตถุ (นุชนารถ กังพิศดาร, 2547ก)

ต้นยางพันธุ์ RRIM 600 เป็นต้นพันธุ์ยางชั้น 1 เป็นพันธุ์ยางที่ให้ผลผลิตน้ำยางสูง ผลผลิตเฉลี่ย 289 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สามารถปรับตัวและให้ผลผลิตได้ดีเกือบทุกพื้นที่ ทนทานต่อการกรีดถี่ได้มากกว่าพันธุ์อื่นๆ มีจำนวนต้นที่มีเปลือกแห้งน้อย และเป็นที่นิยมปลูกมากในท้องถิ่นจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุดของประเทศไทยคือ 1,754,996 ไร่ และมีพื้นที่กรีดยาง 1,436,362 ไร่ ในขณะที่พื้นที่กรีดยางของทั้งประเทศ คือ 10,010,885 ไร่ ให้ผลผลิตยาง 2.86 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 286 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (สถาบันวิจัยยาง, 2550) โดยที่เกษตรกรชาวสวนยางจังหวัดสุราษฎร์ธานีนิยมใช้ยางชำถุงเป็นวัสดุปลูก ทั้งนี้ลักษณะของต้นยางชำถุงเป็นวัสดุปลูกที่ได้จากการนำเอาต้นตอตายาง (budded stump) ซึ่งผลิตจากต้นตอตา (stock) ติดตาด้วยตายางพันธุ์ดี (scion) แล้วมีการบำรุงรักษาประมาณ 2-3 เดือน จนได้ต้นยางชำถุงขนาด 1-2 ฉัตร จึงจะสามารถนำไปปลูกลงหลุมในสวนยางต่อไป (สถาบันวิจัยยาง, 2547; ดารุณี โกศัยเสวี, 2547)

การชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับน้ำยาง รวมทั้งสูตรปุ๋ย อัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสม ก็เป็นความจำเป็นพื้นฐานสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกยางในประเทศไทยซึ่งใช้ปุ๋ยสำหรับยางพาราเพียง 75 % ของพื้นที่ปลูกยาง ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ให้กับต้นยางเฉลี่ย 11.2 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับยางพาราตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยยาง พ.ศ. 2541 คือ 42.2 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เท่ากับว่าเกษตรกรใช้ปุ๋ยเพื่อการปลูกยางพาราเพียง 26.2 % ของปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำ (กรมวิชการเกษตร, 2548) อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยเคมีมีข้อจำกัดด้านราคาและการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินในทางที่เสื่อมลงเมื่อใช้ติดต่อกันนานๆ ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยมาใช้ในสวนยางพาราประมาณ 1,540 บาทต่อไร่ (กรมวิชการเกษตร, 2548) ดังนั้นเกษตรกรซึ่งโดยทั่วไปมีพื้นที่ปลูกยางประมาณ 50 ไร่ ต้องเตรียมงบประมาณซื้อปุ๋ยสูงถึง 77,000 บาท/ปี นับเป็นต้นทุนสูงมากในการลงทุนปลูกยางพาราของเกษตรกร

ในขณะที่ของเหลือทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการเกษตรประเภทโรงงานอาหาร (กากตะกอนน้ำเสีย) และของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น (กากขี้แป้ง) มีปริมาณธาตุปุ๋ย (N, P, K) และมีอินทรียวัตถุนั้น น่าจะสามารถทดแทนปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์สำหรับปลูกยางพารา ส่งผลให้เพิ่มศักยภาพการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้วัสดุปรับปรุงดินที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังได้รับต้นกล้ายาง รวมทั้งต้นยางที่สมบูรณ์ แข็งแรง และมีคุณภาพ

โดยที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีอุตสาหกรรมการเกษตรประเภทโรงงานอาหารมากที่สุดในภาคใต้ (บริษัท สุราษฎร์ ซีฟู้ดส์ จำกัด บริษัท แพนเอเชีย (1981) จำกัด บริษัท สุราษฎร์ธานี มารีน โปรดักส์ จำกัด บริษัท ซีฮอร์ส จำกัด (สาขาดอนสัก) บริษัท เอเชียน สุราษฎร์โปรดักส์ จำกัด บริษัท สุราษฎร์แคนนิ่ง จำกัด บริษัท เซาเทิร์น ซีฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นต้น) กระบวนการผลิตของโรงงานจะมีการปล่อยน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย เกิดกากตะกอนน้ำเสียปริมาณมาก เช่น โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง (บริษัทสุราษฎร์ซีฟู้ด จำกัด) มีกากตะกอนน้ำเสียเกิดขึ้นประมาณ 10 ตันต่อปีนั้น เป็นอินทรียสารที่มีธาตุปุ๋ย (N, P, K) โดยเฉพาะไนโตรเจน (N) สูงถึง 8.86% (Pengnoo et al., 2002) อีกทั้งการเติมกากตะกอนน้ำเสียลงสู่ดินจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญ (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529, 2536, 2541; Gillies et al., 1989) นับเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินโดยไม่มีปัญหาเรื่องการสลายตัว เพราะกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 5:1 (Pengnoo et al., 2002) จึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2541; Siriratpiriya, 1996, 1999; Chaney, R.L. 1980; Bingham et al., 1975)

เช่นเดียวกับกากขี้แป้งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น เฉพาะกรณีของบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปริมาณกากขี้แป้งเกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 1,668 กิโลกรัมต่อวัน จากกำลังผลิตน้ำยางข้น 80 ตันต่อวัน เทียบได้กับ 3.34 กิโลกรัม

กากขี้แป้งต่อตันน้ำยางข้น (ปนัดดา คำรัตน์, 2545) นั้น พบว่ามีธาตุปุ๋ย (N, P, K) คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P ในรูป P_2O_5) และโพแทสเซียม (K ในรูป K_2O) เท่ากับ 28,164.50, 3,794.10, และ 30,400.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547; สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ. 2545; วราศรี เถกประสิทธ์ 2543) และสามารถใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการปลูกพืช และเป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศ ข้าว เมื่อใช้ประโยชน์ควบคู่กับกากตะกอนน้ำเสีย (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547)

ดังนั้น จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่จะศึกษาวิจัยถึง การทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการปลูกและการเติบโตของต้นยางชำถุง นับเป็นการเพิ่มทางเลือกแหล่งธาตุอาหารเพื่อการปลูกต้นยางชำถุงให้กับเกษตรกร รวมทั้งเป็นการจัดการของเหลือทิ้งประเภทสารอินทรีย์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ

1. เพื่อศึกษาความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง
2. เพื่อศึกษาศักยภาพการทดแทนปุ๋ยของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ต้นยางชำถุง

ต้นยางชำถุง หมายถึง ต้นตอตายาง (budded stump) ซึ่งผลิตจากต้นตอยาง (stock) ติดตาด้วยตายางพันธุ์ดี (scion) แล้วมีการบำรุงรักษาในถุงจนตายางพันธุ์ดีนั้นเจริญเติบโตเป็นยอดใหม่เกิดกลุ่มใบหรือที่เรียกว่า วงฉัตรใบไม่น้อยกว่า 1 วง ต้นยางชำถุงมีวิธีการผลิตซึ่งนิยมกันแพร่หลาย 2 วิธี วิธีแรกโดยการเพาะเมล็ดหรือปลูกต้นตอยางที่มีความแข็งแรงดีลงถุง บำรุงรักษาอย่างดีจนได้ขนาดที่ต้องการแล้วทำการติดตาเปลี่ยนเป็นยางพันธุ์ดี วิธีนี้เรียกกันว่า ติดตาในถุง อีกวิธีหนึ่งคือการถอนต้นตอตายางรากเปลือยที่ติดตาเปลี่ยนเป็นยางพันธุ์ดีเรียบร้อยแล้วจากแปลงเพาะลงในถุงชำหรือที่เรียกกันว่า วิธีติดตาในแปลง ต้นยางชำถุงที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตรเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุปลูกทั้งในการปลูกสร้างสวนยางและการปลูกซ่อมแซม สามารถเติบโตได้อย่างสม่ำเสมอ (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547; สถาบันวิจัยยาง, 2547, 2550) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การเตรียมพื้นที่สำหรับเพาะชำต้นยางชำถุง

ควรเลือกพื้นที่ใกล้แหล่งน้ำ เป็นที่ราบหรือลาดเอียงเล็กน้อย มีการระบายน้ำดี การคมนาคมสะดวก

2.1.2 การสร้างโรงเรือนเพาะชำต้นกล้ายาง

โรงเรือนเพาะชำต้นกล้ายาง สร้างเพื่อป้องกันความร้อนจากแสงแดดช่วงเวลาที่ร้อนจัดและลดความแรงน้ำฝนที่จะชะดินในถุงของต้นกล้ายาง มุงด้วยตาข่ายพรางแสงหรือทางมะพร้าวให้แสงผ่านได้ประมาณ 50-70% (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547) อีกทั้งขนาดของโรงเรือนเพาะชำต้องจัดทำให้พอเหมาะกับจำนวนต้นยางที่จะชำถุง ซึ่งควรสร้างสูงประมาณ 2.0-2.5 เมตร (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547; โดยให้แนวของโรงเรือนเพาะชำหันความยาวตามทิศตะวันออกตะวันตก เพื่อให้การระบายอากาศดีและป้องกันแดดส่องจากด้านข้าง

2.1.3 การเตรียมวัสดุเพื่อใช้ชำต้นยางชำถุง

2.1.3.1 ถุงพลาสติก ควรเป็นถุงสีดำ (เพราะพลาสติกสีดำแสงผ่านไม่ได้ ทำให้รากเจริญปรกติและเมล็ดวัชพืชงอกน้อยกว่าการใช้พลาสติกใส) มีขนาดตามแนวราบประมาณ 11.5 ×35

เซนติเมตร (4.5×14 นิ้ว) เป็นอย่างน้อย เจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 แถว แต่ละแถวมีรูจำนวน 4-5 รู (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547)

2.1.3.2 ดินที่ใช้บรรจุถุง ควรมีลักษณะค่อนข้างเหนียว ใช้ดิน 3 ส่วนโดยปริมาตร ผสมวัสดุปรับปรุงดิน (ถ้าจัดหาได้ ซึ่งใช้ได้ผลดีต่างกันจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้ ขุยมะพร้าว ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักหรือขี้เถ้าแกลบ) ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งปริมาตร 1 ส่วน ในทุกส่วนผสมควรใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟตคลุกดินด้วยในปริมาณ 10 กรัมต่อถุงหรือใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต 5 กิโลกรัมต่อดิน 1 ลูกบาศก์เมตร บรรจุได้ประมาณ 500 ถุง (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547)

2.1.4 ต้นตอยาง ตายางพันธุ์ดีและต้นตอตาที่ใช้ผลิตยางชำถุง

2.1.4.1 มาตรฐานของต้นตอตายางที่สามารถจะนำไปเป็นต้นยางชำถุง (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547; นุชนารถ กังพิศดาร, 2547ก; สถาบันวิจัยยาง, 2547, 2550) มีดังนี้

2.1.4.1.1 มีรากแก้วที่สมบูรณ์มีรากเดียวไม่คดงอเปลือกหุ้มรากไม่เสียหาย

2.1.4.1.2 ความยาวของรากวัดจากโคนคอดินต้องไม่น้อยกว่า 2 ซม.

2.1.4.1.3 ลำต้นสมบูรณ์ตั้งตรง เส้นผ่านศูนย์กลางวัดที่ตามีขนาด 0.9-2.5 เซนติเมตร

2.1.4.1.4 ความยาวของลำต้นโดยวัดจากโคนคอดินถึงตาต้องไม่เกิน 10 เซนติเมตร และจากตาถึงรอยตัดลำต้นไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร

2.1.4.1.5 แผ่นตาเขียวมีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.9 ซม. ความยาวไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร สภาพแผ่นตาสมบูรณ์แนบสนิทกับต้นตอไม่เป็นสีเหลืองหรือรอยแห้ง

2.1.4.1.6 ตำแหน่งของตาที่ติดมีทิศทางที่ถูกต้อง ไม่กลับหัว

2.1.4.1.7 ต้นตอตาอยู่ในสภาพที่สดสมบูรณ์ปราศจากโรคและศัตรูยาง

2.1.4.2 การเลือกใช้คู่ต้นตอยางและตาพันธุ์ดีที่เหมาะสม

การเลือกใช้ตายางพันธุ์ดีติดบนต้นตอยาง ควรเลือกพันธุ์ที่เข้ากันได้ดีจะทำให้การติดตามีผลสำเร็จสูง ต้นตอยางมีการเติบโตดี เป็นปัจจัยหนึ่งให้ได้ผลผลิตเร็วและมากขึ้น คู่ต้นตอยางและตาพันธุ์ดีที่เข้ากันได้ดี (ตารางที่ 2-1) มีรายละเอียดดังนี้

2.1.5 การชำต้นตอตาในถุง

2.1.5.1 นำดินที่เตรียมไว้ใส่ถุงอัดให้แน่นแล้วนำไปวางในโรงเรือนเพาะชำ รดน้ำให้ดินในถุงชุ่มมากที่สุด หากดินยุบเติมดินให้เต็มถุงแล้วรดน้ำให้ดินชุ่มอีกครั้ง

ตารางที่ 2-1 การเลือกใช้คู่ต้นตอยางและตาพันธุ์ดีที่เหมาะสม (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547)

ต้นตอ	ตาพันธุ์ดี
RRIM 600	RRIM 600 และ PB 235
PR 255	RRIM 600
PB 5/51	PB 235
GT 1	PB 235 และ RRIM 600

2.1.5.2 ใช้ไม้กลมปลายแหลมขนาดเล็กกว่าต้นตอตาเล็กน้อย ปักลงตรงกลางถุงให้ลึกน้อยกว่าความยาวของรากยางแล้วดึงไม้ออก นำต้นตอตาเสียบลงไปให้ระดับแผ่นตาอยู่เหนือผิวดินประมาณ 2 นิ้ว ให้รอยต่อของลำต้นและรากแก้ว (โคนคอดินอยู่ระดับผิวดินให้ลำต้นตั้งตรง หันแผ่นตาไปทิศทางเดียวกันกดดินรอบๆ ลำต้นให้แน่นรดน้ำให้ชุ่มอีกครั้ง)

2.1.6 การบำรุงรักษาต้นยางชำถุง

2.1.6.1 รดน้ำเช้าเย็นให้ดินมีความชุ่มถุงอยู่เสมอ เพื่อให้ตาที่ผลิออกไม่หยุดชะงักการเติบโต

2.1.6.2 หลังจากที่ตาผลิใส่ปุ๋ยสูตร 20-8-20 ในอัตราส่วน 5 กรัมต่อถุง กรณีที่ไม่สามารถผสมปุ๋ยสูตรที่กล่าวได้ให้ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 แทนในอัตราเดียวกัน

2.1.6.3 ถ้ามีกิ่งแขนงแตกออกจากต้นตอตาเดิม ต้องตัดทิ้งเพื่อให้ตาพันธุ์ดีงอกมาเร็วขึ้น

2.1.6.4 การกำจัดวัชพืชในถุงยาง ใช้แรงงานคนถอนหลังจากรดน้ำจนชุ่ม อาจใช้แรงงานคนสลับกับการใช้สารเคมีพ่นกำจัดวัชพืช แต่ระวังอย่าให้ละอองสารเคมีปลิวถูกยอดต้นหรือยอดใบ

2.1.7 การจัดวางแถวยาง

วางบนดินเป็นแถวโดยทำกรอบไม้เพื่อช่วยไม่ให้ถุงล้ม ควรวางเรียงเป็นหมู่แถวยางไม่เกิน 4 แถวหน้ากระดาน จัดทางเดินระหว่างหมู่แถวยางห่างกัน 75 เซนติเมตร เพื่อสะดวกแก่การเข้าปฏิบัติงาน

2.1.8 การป้องกันกำจัดโรค

โรคระบาดเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การผลิตยางชำถุงประสบผลสำเร็จต่ำ โดยเฉพาะในช่วงที่อากาศมีความชื้นสูง โรคที่พบว่ามีความเสียหายอยู่เสมอนั้นส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากเชื้อราที่สำคัญ (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547) ดังต่อไปนี้

2.1.8.1 โรคลำต้นเน่า เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* spp. ทำให้เกิดรอยแผลช้ำ กิ่งแขนงแห้งตาย เมื่อเริ่มพบโรคควรใช้สารเคมีไดเมโธมอร์ฟ 50% WP อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หรือเมธาแลกซิล 25% WP อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นบนต้นยางชำถุงทุก 5-7 วัน

2.1.8.2 โรคใบจุดนูน เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ทำให้เกิดอาการใบจุดและการตายจากยอดควรใช้สารเคมีเบโนมิล 50% WP หรือไซเนบ 80% WP อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นบนใบยางอ่อนทุก 5 วัน ประมาณ 5-6 ครั้ง

2.1.8.3 โรคราแป้ง เกิดจากเชื้อรา *Oidium heveae* ทำให้ใบยางอ่อนร่วง โดยเฉพาะในช่วงที่สภาพอากาศกลางวันค่อนข้างร้อน กลางคืนอากาศเย็น มีหมอกในตอนเช้าจึงควรใช้สารซัลเฟอร์ 80% WP ฉีดพ่นใบยางอ่อนทุกสัปดาห์ในช่วงที่เริ่มพบโรค

2.1.8.4 โรคใบจุดตานก เกิดจากเชื้อรา *Drechslera* (Helminthosporium) *heveae* พบมากในต้นกล้าที่ปลูกไว้เป็นต้นตอ ทำให้ต้นยางไม่ได้ขนาดติดตา ควรใช้สารเคมีเมนโคเซบ 80% WP หรือคลอโรธาโลนิล 75% WP อัตรา 48 กรัม ผสมน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นทั่วทั้งต้นทุก 7 วัน

2.1.9 มาตรฐานของต้นยางชำถุง (ดารุณี โกศัยเสวี, 2547; นุชนารถ กังพิศดาร, 2547ก; สถาบันวิจัยยาง, 2547, 2550) มีลักษณะดังนี้

ต้นยางชำถุง หมายถึง ต้นกล้ายางคุณภาพดีที่ติดตาด้วยยางพันธุ์ดีและบำรุงรักษาในถุงจนต้นยางที่ติดตาแล้วมีการเติบโตไม่น้อยกว่า 1 ฉัตร และเป็นต้นยางชำถุงที่มีคุณภาพดี ตรงตามมาตรฐานของกรมการวิชาการเกษตร ดังนี้

2.1.9.1 ขนาดของถุงที่ใช้ มีขนาดประมาณ 11.5 ×35 เซนติเมตร เป็นอย่างน้อย และเจาะรูรอบถุงในจำนวนที่เหมาะสมเพื่อระบายน้ำ

2.1.9.2 ดินที่ใช้บรรจุถุงจะต้องมีลักษณะค่อนข้างเหนียว เพื่อไม่ให้ดินในถุงแตกเมื่อมีการขนย้าย

2.1.9.3 ปริมาณดินที่บรรจุในถุงสูงไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร และไม่มีวัชพืชขึ้นในถุง

2.1.9.4 ต้นตอตาที่นำมาชำในถุงต้องได้มาตรฐานต้นตอตายางของกรมวิชาการเกษตร และตายางที่ดีต้องตรงตามพันธุ์ยางที่กรมวิชาการเกษตรกำหนด

2.1.9.5 ต้องเป็นยางชำถุงที่ติดตาสมบูรณ์และต้นยางปราศจากโรคยาง ทั้งใบ ลำต้น และรากมีความเจริญเติบโตไม่น้อยกว่า 1 ฉัตร และไม่เกิน 2 ฉัตร

2.1.9.6 ต้นยางชำถุงต้องมีฉัตรยอดแก่เต็มที่และมีความสูงของต้นยางจากรอยแตกตาถึงปลายยอดไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร

2.2 กากตะกอนน้ำเสีย

กากตะกอนน้ำเสีย (sludge) เป็นสิ่งสุดท้ายที่เหลืออยู่จากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งถ้าต้องการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยกำหนดคุณภาพของน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมให้ดีขึ้นเท่าไหร่ ปริมาณกากตะกอนน้ำเสียที่เหลืออยู่ก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นเท่านั้น โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง ซึ่งการที่จะเลือกระบบบำบัดน้ำเสียแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับ ความจำเป็นและความเหมาะสมของแต่ละโรงงาน ในปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge ได้ก้าวเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก เพราะใช้เนื้อที่น้อยและมีประสิทธิภาพสูงในระบบบำบัดน้ำเสีย (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2525)

กากตะกอนน้ำเสียที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นกากตะกอนน้ำเสียที่ได้มาจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge วิธีการจัดการกับกากตะกอนน้ำเสียมีทั้งการนำไปทิ้งหรือการใส่ลงในดินเพื่อการเกษตรกรรม (land application) ซึ่งวิธีการนี้เป็นที่มาของการศึกษาในงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาหาองค์ประกอบของธาตุอาหารที่มีอยู่ในกากตะกอนน้ำเสียที่จะมาทดแทนปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ หรือเป็นวัสดุปรับปรุงดิน การนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ในงานวิจัยนี้เนื่องจากกากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูง จึงนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ร่วมกับกากขี้แป้งเพื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดินในการทดลอง อย่างไรก็ตาม ต้องมีการพิจารณาผลการใช้ว่าสามารถที่จะนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ และจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลังจากการใช้กากตะกอนน้ำเสียด้วย

2.2.1 แนวทางการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

การนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ซึ่งกากตะกอนน้ำเสียเป็นของเหลือทิ้งที่ประกอบด้วยของแข็งและของเหลว จากขั้นตอนการแยกของแข็ง ของเหลวในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เช่น การตกตะกอนโดยที่กากตะกอนน้ำเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีปริมาณมากกว่ากากตะกอนน้ำเสียจากชุมชนและองค์ประกอบของกากตะกอนน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมจะแตกต่างกันอย่างมากขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของโรงงาน ความซับซ้อนของกระบวนการผลิต ระบบดักจับวัสดุเพื่อหมุนเวียนไปใช้ใหม่ ตลอดจนชนิดและระดับของกระบวนการบำบัดของเหลือทิ้งที่ใช้

การนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ทางการเกษตร โดยการใช้กากตะกอนน้ำเสียเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืชได้รับความสนใจมากขึ้น เช่น ในสหรัฐอเมริกาได้มีกฎหมายของสหพันธรัฐเพื่อควบคุมมลพิษของน้ำออกมาในปี ค.ศ.1972 สนับสนุนให้ใช้กากตะกอนน้ำเสียเพื่อประโยชน์ในทางการเกษตร (Borchard et al., 1981) จากการสำรวจในปี ค.ศ.1965 ชี้ว่ามากกว่า 1:3 ของพื้นที่ที่มีการใช้กากตะกอนน้ำเสียในการเกษตรนั้น ได้รับกากตะกอนน้ำเสียมาจากโรงงาน

อุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบันที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง นอกจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ก็มีโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และโรงงานอุตสาหกรรมนม การจัดการกากตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นปริมาณมากเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาอย่างเร่งด่วน

สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาคาดว่ามีปริมาณกากตะกอนน้ำเสีย ประมาณ 7 ล้านตันของกากตะกอนแห้งต่อปี อีกทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต (USEPA, 1983 อ้างถึงใน Chongrak Polprasert, 1989) ซึ่งในกลุ่มประเทศยุโรปได้มีการประเมินปริมาณการเกิดกากตะกอนน้ำเสียโดยกลุ่มเศรษฐกิจและการค้ายุโรป (European Economic Communities, EEC) ว่ามีปริมาณถึง 6 ล้านตันกากตะกอนแห้งต่อปี หรือปริมาณ 230 ล้านลูกบาศก์เมตรในรูปของกากตะกอนสด (wet sludge) ต่อปี

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการกากตะกอนน้ำเสียอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนน้ำเสียทางการเกษตร ซึ่งเป็นวิธีการจัดการกากตะกอนน้ำเสียวิธีหนึ่งที่น่าจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อย และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าวิธีการอื่นๆ ได้แก่ การเผาทิ้งหรือการนำไปทิ้งลงในทะเล (Webber et al., 1984; Manson, 1988) และในการประชุมนานาชาติของ Water Research Center (WRC) เมื่อปี 1989 ได้สรุปว่า การนำกากตะกอนน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรเป็นวิธีที่มีการยืดหยุ่นสูงในทางปฏิบัติ อีกทั้ง USEPA และกลุ่มประเทศยุโรปก็ยอมรับและสนับสนุนการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธีการนี้อย่างกว้างขวาง (Manson, 1988)

การใส่กากตะกอนน้ำเสียที่ย่อยสลายแล้วลงในที่นานั้น เป็นอีกหนึ่งวิธีการจัดการกับกากตะกอนน้ำเสีย เพราะองค์ประกอบของกากตะกอนน้ำเสียที่มีธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตของพืช กากตะกอนน้ำเสียประกอบไปด้วยธาตุอาหารและอินทรีย์สาร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของพืชที่ปลูกซึ่งสามารถใช้ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่น่าพอใจ แม้ว่าจะให้โพแทสเซียมในปริมาณที่ค่อนข้างน้อย นอกจากนี้การเติมกากตะกอนน้ำเสียลงดินยังเป็นการทำให้อินทรีย์สารกลับลงสู่ดินอีกครั้ง (Warman, 1986) จากการศึกษาของ Day และ Thompson (1986) ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้กากตะกอนแห้งกับปุ๋ยอินทรีย์ ในการปลูกข้าวสาลีทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา โดยพิจารณาจากการเติบโตและผลผลิตที่ได้พบว่า สามารถใช้กากตะกอนแห้งเป็นแหล่งไนโตรเจนให้แก่พืชได้เป็นอย่างดี แม้ว่าจะต้องใช้เวลานานกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเมื่อนับจากเวลาปลูกจนถึงออกรวง แต่ผลผลิตก็สูงกว่า และเมื่อมีการศึกษากับข้าวบาเล่ย์ 16 สายพันธุ์พบว่า ผลของกากตะกอนน้ำเสียที่มีต่อการเติบโตและผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ทางการค้าเมื่อให้ข้าวได้รับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจากทั้งสองอย่างในปริมาณที่เท่ากัน (Day et al., 1983) แต่ปัญหาบางอย่างที่จะต้องถูกนำขึ้นมาพิจารณาไปพร้อมๆ กันด้วยนั้นคือ การยอมรับของสังคมในเรื่องกลิ่น ทัศนียภาพ เชื้อโรคบริเวณที่ดิน ความเหมาะสมสำหรับการใส่ คุณภาพของกากตะกอนน้ำเสียที่เกี่ยวกับอินทรีย์สารที่เป็นพิษและโลหะหนัก (Borchard et al., 1981)

2.2.2 วัตถุประสงค์ในการใช้กากตะกอนน้ำเสียทางการเกษตร

แนวทางการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียโดยวิธีการเผาทิ้ง การนำไปฝังดิน ตลอดจนการขนไปทิ้งในทะเล มีแนวโน้มที่จะเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ การกำจัดกากตะกอนน้ำเสียของกลุ่มประชาคมยุโรปโดยนำไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 29 ทิ้งในพื้นที่ที่มีการควบคุมดูแลร้อยละ 45 การเผาร้อยละ 7 และการนำไปทิ้งลงในทะเลร้อยละ 19 สำหรับการนำไปทิ้งลงในทะเลนั้น อาจเป็นการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียที่ได้ผลในระยะสั้น แต่อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่องในระยะยาวได้

ในปัจจุบันการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เป็นการช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการของเหลือทิ้งที่อาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งยังสามารถมองเห็นกำไรจากการพัฒนาวิธีการนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์บนที่ดิน (land application) ในทางการเกษตรโดยมีวัตถุประสงค์หลักๆ ในการใช้กากตะกอนน้ำเสียทางการเกษตร ดังนี้

2.2.2.1 เพื่อช่วยในการปรับปรุงสมบัติของดินในทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพให้มีลักษณะที่ดีขึ้น

2.2.2.1.1 บทบาทของกากตะกอนน้ำเสียในการปรับปรุงสมบัติของดินทางกายภาพ กากตะกอนน้ำเสียสามารถปรับปรุงโครงสร้างดินโดยลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุน ช่องว่างและเพิ่มความเสถียรของการเกิดเม็ดดิน และเพิ่มความอุ้มน้ำของดิน (ปรัชญา ธัญญาดี, 2532; Guidi และ Hall, 1984; Hasit, 1986; Peterson et al., 1979; Pichtel et al., 1994 Sopper, 1993)

2.2.2.1.2 บทบาทของกากตะกอนน้ำเสียในการปรับปรุงสมบัติของดินทางเคมีเมื่อใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดิน อินทรียวัตถุของดินจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529; Gillier et al., 1989) รวมทั้งการเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ซึ่งสามารถที่จะดูดยึดประจุบวกต่างๆ ที่เป็นธาตุอาหารพืชไว้ได้ดี ทำให้การสูญเสียธาตุอาหารพืชในดินจากการชะล้าง (leaching) ของน้ำลดลง (Hasit, 1986)

2.2.2.1.3 บทบาทของกากตะกอนน้ำเสียในการปรับปรุงสมบัติของดินทางชีวภาพเมื่อใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดิน อินทรียวัตถุในกากตะกอนน้ำเสียจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ดิน ทำให้มีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เช่น การแปรสภาพธาตุอาหารพืชในดิน การตรึงไนโตรเจน เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535)

2.2.2.2 เพื่อช่วยให้มีธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้น จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเติบโตของพืชและการช่วยเพิ่มผลผลิตของพืช

2.2.2.2.1 บทบาทของกากตะกอนน้ำเสียในการปรับปรุงลักษณะสมบัติของดินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ จะส่งผลต่อเนื่องถึงการปรับปรุงทั้งโครงสร้างดินและน้ำในดิน ซึ่งมีอิทธิพลกับผลผลิตของพืชได้ (Guidi และ Hall, 1984) นั้นคือ กากตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการเกษตรทำหน้าที่ทั้งเป็นวัสดุปรับปรุง และเป็นปุ๋ยสำหรับพืช (Gillies et al., 1989) ขีดความสามารถของกากตะกอนน้ำเสียที่จะใช้เป็นปุ๋ยมีใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2541) อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพที่เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานกว่าปุ๋ยเคมี

2.2.2.2.2 การใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดินเป็นการเพิ่มไนโตรเจนในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของพืช รวมทั้งอัตราการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (mineralization) จะขึ้นอยู่กับ ปริมาณอินทรียวัตถุและอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N Ratio) ในกากตะกอนน้ำเสีย (Hall และ Coker, 1983) กล่าวคือปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับหรือต่ำกว่า 10:1 จุลินทรีย์จะสามารถเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์ได้ดี ค่าขีดสูงสุดสำหรับอินทรียวัตถุที่จะสามารถเกิดกระบวนการเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์สารโดยจุลินทรีย์ คือ อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 30:1 ถ้าอัตราส่วนสูงกว่านี้ อัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุจะเป็นไปได้ช้าหรือมีการดูดดึงไนโตรเจนจากดินมาใช้ (immobilization) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535)

2.2.2.2.3 ปริมาณการเติมกากตะกอนน้ำเสียลงดินเพื่อการเกษตร จากการวิเคราะห์กากตะกอนน้ำเสียเพื่อให้ทราบถึงปริมาณธาตุอาหาร และองค์ประกอบในส่วนของกากตะกอนน้ำเสียแล้วนั้น การจะเติมกากตะกอนน้ำเสียลงดินใดๆ ยังต้องการข้อมูลอื่นๆ อีก คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) ของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ชนิดของพืชที่จะปลูก ปริมาณความต้องการธาตุอาหาร (N, P, K) ที่แนะนำสำหรับพืชที่จะปลูก

สำหรับการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็นกลางเมื่อใส่ลงในดิน จะไม่ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเปลี่ยนแปลงไปมากนัก แต่ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอาจมีความเป็นกรดมากกว่าดินที่ไม่มีการเติมกากตะกอนน้ำเสีย ซึ่งเป็นผลมาจากการแทนที่ไฮโดรเจนอิออนที่ยึดเกาะในดินของเกลืออนินทรีย์ (Kuntz et al., 1984) ตลอดจนการย่อยสลายของอินทรียวัตถุจนได้กรดอินทรีย์ การเกิดไนตริฟิเคชั่น (nitrification) ของแอมโมเนียไนโตรเจนและอินทรีย์ไนโตรเจน (Ajmal และ Khan, 1984) การเพิ่มปริมาณกากตะกอนน้ำเสียลงดินอาจทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเป็นกรดมากขึ้นได้ แต่ความเป็นกรดจะมีปริมาณมากๆ ในช่วงแรกของการใส่กากตะกอนน้ำเสียเท่านั้น

ปริมาณการใส่จะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในกากตะกอนน้ำเสียและอัตราปุ๋ยที่แนะนำสำหรับพืชที่จะปลูกหรือในกรณีที่มีแคดเมียมในกากตะกอนน้ำเสียอยู่มากพอที่จะต้องคำนึงถึง อาจจะใช้ค่าขีดจำกัดปริมาณแคดเมียมในแต่ละปี สำหรับกากตะกอนน้ำเสีย ส่วนใหญ่ปริมาณการเติมกากตะกอนน้ำเสียในแต่ละปีมักจะกำหนดโดยปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในกากตะกอนน้ำเสียมากกว่าใช้ขีดจำกัดแคดเมียมในแต่ละปี เพราะกากตะกอนน้ำเสียที่จะทำให้ปริมาณแคดเมียมมีเกิน 1.80 ปอนด์ต่อ 1 เอเคอร์ต่อปีได้นั้น แสดงว่ากากตะกอนน้ำเสียนั้นจะต้องมีแคดเมียมความเข้มข้นมากกว่า 180 ppm ถ้าหากเช่นนั้นถือว่าเป็นกากตะกอนน้ำเสียมีคุณภาพต่ำ ซึ่งไม่แนะนำให้ไปใช้ในที่ดินเพื่อการเกษตรได้ (USEPA, 1983)

อัตราการใส่ประจำปีที่ถือว่าถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์การเกษตร (agronomicate) ซึ่งจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสจากกากตะกอนน้ำเสียในอัตราที่เป็นประโยชน์แก่พืช โดยไม่เกินความต้องการธาตุไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสในแต่ละปีสำหรับพืชแต่ละชนิด การจะใส่ให้ได้ปริมาณไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชนั้น ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชปลูกเอง ในกรณีของไนโตรเจนมีคำแนะนำให้ใส่ในปริมาณที่จะให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเท่ากับปุ๋ยเคมี โดยการใช้ปริมาณไนโตรเจนเท่าที่มีอยู่ภายในขอบเขตที่พืชจะได้รับปุ๋ยตามที่กำหนดเท่านั้น ซึ่งเมื่อทำเช่นนี้จะไม่เกิดผลกระทบต่อน้ำใต้ดิน หรือผลกระทบไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยตามปกติธรรมดา (USEPA, 1983)

จากงานวิจัยของ Chaussod (1981) ได้พบว่า เมื่อใส่กากตะกอนน้ำเสียที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากกว่า 10:1 ลงดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในกากตะกอนน้ำเสียจะย่อยสลายเปลี่ยนเป็นอนินทรียสารได้ช้า และจะเกิดการดูดดึงไนโตรเจนจากดินมาใช้ชั่วคราวเป็นเวลานานถึง 2 เดือน แต่สำหรับกากตะกอนน้ำเสียจากการบำบัดน้ำเสียทั่วไปจะมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 10-12: 1 การนำกากตะกอนน้ำเสียมาใช้ในพื้นที่การเกษตร จึงไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Folett et al., 1981)

การเติบโตและการดูดดึงธาตุอาหารขึ้นไปใช้ของพืชจะได้รับอิทธิพลจากอัตราใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดิน (Sneaffer, 1979; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529) ดังที่อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2529) พบว่า การใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดินในอัตราต่างๆ เพื่อปลูกผักคะน้าและได้ผลผลิตผักคะน้าเพิ่มขึ้นตามอัตราการเติมกากตะกอนน้ำเสีย จากการศึกษาของ Mays, Terman และ Duggan (1973) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของพืชกับอัตราการใส่กากตะกอนน้ำเสียเป็นแบบเส้นโค้ง โดยผลผลิตจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการใส่กากตะกอนน้ำเสียในระดับหนึ่ง และการเพิ่มผลผลิตจะลดลงเมื่ออัตราการใส่กากตะกอนน้ำเสียสูงเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีบางอย่างในกากตะกอนน้ำเสีย ซึ่งมีปริมาณสูงจนเป็นพิษต่อพืชได้ และเป็นผล

จากปัจจัยอื่นๆ ด้วย (Dolar et al., 1972) ต่อมา Cunningham และ Ryan (1975) ได้สรุปผลการทดลองว่าผลผลิตของข้าวโพดและข้าวไรย์จะเพิ่มขึ้นตามอัตราเติมกากตะกอนน้ำเสีย และให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใช้อัตราเติมกากตะกอนน้ำเสีย 125 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ (20,000 กิโลกรัมต่อไร่) แต่ผลผลิตจะลดลงเมื่ออัตราการเติมกากตะกอนน้ำเสียเพิ่มขึ้นเป็น 502 เมตริกตันต่อเฮกตาร์ (80,320 กิโลกรัมต่อไร่)

การพิจารณาความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียต่อดินและพืชต่างๆ มักพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลักคือ N, P, K โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ทันทีนั้น การปลดปล่อยในรูปนี้จะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเวลาถ้าใส่ในอัตราต่ำ แต่ถ้าใส่ในอัตราสูง (เกินกว่าร้อยละ 2) พบว่าช่วงแรกจะมีการปลดปล่อยไนโตรเจนน้อย เพราะเกิดการหยุดชะงักของกิจกรรมจุลินทรีย์ เนื่องจากความเป็นพิษของสารบางอย่างที่เกิดขึ้น แต่เมื่อพ้นช่วงนี้ไปการสลายตัวจะเร็วขึ้นและอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจะสูงกว่าการใส่ในอัตราต่ำ (Premi, 1983)

การใช้กากตะกอนน้ำเสียเพื่อเป็นปุ๋ยมีทั้งผลดีและผลเสียต่อพืช ขึ้นอยู่กับสมบัติของกากตะกอนน้ำเสียและอัตราที่ใช้ การใช้ในอัตราที่สูงเกินไปจะเกิดผลเสียต่อพืชได้ เช่น อาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช เกิดความเป็นพิษต่อพืช หรือเกิดการสะสมของเกลือ และสารพิษจากกากตะกอนน้ำเสียซึ่งจะถ่ายทอดไปสู่ห่วงโซ่อาหารได้ (Chaney, 1983)

ธาตุอาหารสำคัญและจุลธาตุอาหารในดินนั้นจะเพิ่มขึ้นจากการสลายตัวของกากตะกอนน้ำเสียโดยเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการใส่กากตะกอนน้ำเสีย (Ajmal และ Khan, 1984) และการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สมบัติของดิน ความชื้นของอุณหภูมิ วิธีการใส่กากตะกอนน้ำเสียและองค์ประกอบของกากตะกอนน้ำเสีย (Guidi และ Hall, 1984) โดยที่อัตราการใส่กากตะกอนน้ำเสียจะมีผลต่อการเพิ่มธาตุอาหารในดินมากกว่าชนิดของกากตะกอนน้ำเสียที่ใส่ลงในดิน

2.2.3 ข้อจำกัดของการใช้ประโยชน์กากตะกอนน้ำเสียในทางการเกษตร

การนำเอากากตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงขึ้นชั่วคราวและความเสี่ยงที่เกิดขึ้นระยะยาว (Webber et al., 1984) โดยความเสี่ยงที่เกิดขึ้นชั่วคราวจะใช้ระยะเวลาไม่มากนัก เช่น กลิ่นรบกวนของกากตะกอนน้ำเสียที่จะทำให้เกิดความน่ารำคาญ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และหนอนพยาธิที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรคต่างๆ การปนเปื้อนของน้ำใต้ดินจากไนเตรทไนโตรเจน ความเป็นพิษต่อพืชจากการละลายของเกลือ เนื่องจากความไม่คงตัวของกากตะกอนน้ำเสีย Wollan และคณะ (1978) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของกากตะกอนน้ำเสียที่มีต่อพืชพบว่า แอมโมเนียที่เกิดในช่วงที่มีการย่อยสลายกากตะกอนน้ำเสีย สามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชและปัจจัยจำกัดในการเติบโตของพืชได้ และความเสี่ยงที่เกิดขึ้นถาวรจะเกิดขึ้นเป็น

ระยะเวลายาวนานนับ 10 ปี เช่น อัตราการสะสมโลหะหนักในดิน พืช และในระบบห่วงโซ่อาหาร รวมทั้งการสะสมของสารอินทรีย์ต่างๆ เป็นต้น ทั้งนี้วิธีการใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดินมีผลต่อความสามารถของเชื้อโรคที่จะก่อให้เกิดโรคต่อคน ถ้าหากว่ามีการใส่แบบพ่นให้กระจายไปในอากาศจะทำให้เชื้อโรคสามารถกลายเป็นเชื้อโรคที่ล่องลอยอยู่ในอากาศซึ่งจะแพร่กระจายไปได้ไกล

2.2.4 ผลของการเติมกากตะกอนน้ำเสียที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของดิน

การเติมกากตะกอนน้ำเสียลงดินจะมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของดินขึ้นอยู่กับชนิดลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และอัตราการใส่กากตะกอนน้ำเสียนั้น ผลที่เกิดขึ้นสามารถมีทั้งระยะสั้นและระยะยาว ผลทางบวกและทางลบต่อกัน ดังจะเห็นได้จากการศึกษาทดลองของ Epstein และคณะ (1976) ซึ่งพบว่า การใส่กากตะกอนน้ำเสียสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้เติมมากกว่า 20% ความจุของอิออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงขึ้นถึง 3 เท่า

ส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและความชุ่มชื้นของดินมีสาเหตุมาจากองค์ประกอบอินทรีย์สารในกากตะกอนน้ำเสีย จากการวิจัยพบว่า องค์ประกอบอินทรีย์สารของกากตะกอนน้ำเสียที่ใส่ลงดินจะถูกดูดซึมเข้าสู่ดินทีละน้อยโดยปฏิกิริยาทางเคมีและทางชีววิทยา ซึ่งการดูดซึมและการย่อยสลายของอินทรีย์สารเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจาก C:N ratio อุณหภูมิของดิน อัตราและวิธีการใส่กากตะกอนน้ำเสีย การใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดินอาจมีผลในทางลบคือทำให้เกิดการอุดตันรูพรุนของดิน ซึ่งการอุดตันนี้เป็นผลมาจากการสะสมอนุภาคของแข็งเล็กๆ ภายในช่องว่างของดิน ซึ่งการอุดตันนี้จะมีผลทำให้การไหลของน้ำในดินลดลง และเป็นไปได้เช่นกันในกรณีที่กากตะกอนน้ำเสียมีน้ำมันปนเปื้อนอยู่ด้วย (Younos, 1987)

2.2.5 ผลของการเติมกากตะกอนน้ำเสียที่มีต่อลักษณะทางเคมีของดินในด้านธาตุอาหารพืช

2.2.5.1 แร่ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ในกากตะกอนน้ำเสีย ดินโดยทั่วไป ปริมาณการใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดินจะขึ้นอยู่กับธาตุอาหารคือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่มีในกากตะกอนน้ำเสีย มีการคำนวณปริมาณของธาตุอาหารในกากตะกอนน้ำเสียที่พืชจะนำไปใช้ได้เพื่อให้สัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยที่แนะนำสำหรับพืชแต่ละชนิด เพราะธาตุอาหารทั้งหมดในกากตะกอนน้ำเสียจะถูกพืชนำไปใช้ได้ทันที

2.2.5.2 ไนโตรเจน (nitrogen)ในน้ำเสียประกอบด้วยอินทรีย์ไนโตรเจนและอนินทรีย์ไนโตรเจน โดยในระยะแรกจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย และไนเตรท ซึ่งเป็นรูปที่สามารถละลายน้ำ และถูกพืชดูดซึมไปใช้ได้ ส่วนอินทรีย์สารไนโตรเจนในกากตะกอนน้ำเสียนั้น อยู่ในรูปที่พืชยังใช้ประโยชน์ไม่ได้ โดยปริมาณของอินทรีย์และอนินทรีย์ไนโตรเจนที่มีอยู่ในกากตะกอนน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับ แหล่งกำเนิด กระบวนการบำบัดน้ำเสีย และการบำบัดกากตะกอนน้ำเสียเมื่อใส่กากตะกอน

น้ำเสียลงดิน อินทรีย์สารไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นอนินทรีย์สารไนโตเจนได้กระบวนการที่เรียกว่า mineralization ซึ่งมี 2 ขั้นตอนคือ ammonification และ nitrification ซึ่งจะเกิดขึ้นได้โดยแบคทีเรียในสกุล *Nitrosomonus* และ *Nitrobacter* ตามลำดับ (Younos, 1987)

ไนโตรเจนจากกากตะกอนน้ำเสียจะถูกปลดปล่อยอย่างต่อเนื่อง จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น ซึ่งจะมีผลดีต่อคุณภาพของผลผลิตที่ปลูกได้ เช่น มีการส่งผลทำให้องค์ประกอบของโปรตีนในเมล็ดข้าวสาลีนั้นเพิ่มสูงขึ้น (Utschig et al., 1986) เพื่อที่กระบวนการ nitrification จะสามารถดำเนินไปได้ ภายในดินจะต้องมีการถ่ายเทอากาศดีภายใต้สภาพแวดล้อมที่ดี ค่าของแอมโมเนียที่เปลี่ยนไปเป็นไนเตรทอยู่ในช่วง 5-50 ppmN/วัน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 24-35 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะอยู่ในช่วงเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย (Younos, 1987) หลังจากการใส่กากตะกอนน้ำเสียลงดิน อาจมีการสูญเสียไนเตรทจากขบวนการที่เรียกว่า denitrification ซึ่งเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นก๊าซไนโตรเจนและไนตรัสออกไซด์ โดยแบคทีเรียในสกุล *Pseudomonas* และอื่นๆ หรือจากกระบวนการ ammonia volatilization คือ การระเหยของแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่ง ammonia volatilization สามารถเกิดขึ้นในระหว่างการทำกากตะกอนแห้งโดยอากาศ หรืออบในตู้ซึ่งเป็นผลทำให้องค์ประกอบของแอมโมเนียไนโตรเจนในกากตะกอนน้ำเสียลดลง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาปนเปื้อนของน้ำในดินและน้ำผิวดิน ทำให้ต้องมีการพิจารณาถึงส่วนองค์ประกอบไนโตรเจนในกากตะกอนน้ำเสียที่ใช้เติมลงดิน และปริมาณไนโตรเจนที่พืชปลูกต้องการจริงๆ เนื่องจากพืชปลูกไม่สามารถใช้ไนโตรเจนให้เกิดประโยชน์ได้ทั้งหมด (Younos, 1987)

จากงานทดลองของ Warman (1986) ยืนยันค่าความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในกากตะกอนน้ำเสียมี 60% ของไนโตรเจนในกากตะกอนน้ำเสียที่พืชนำไปใช้ได้ สัดส่วนการดูดไนโตรเจนจากดินของพืชมีความแปรผันอย่างมากขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ความลึกการกระจายของราก nitrogen loading rate และรวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ซึ่งการดูดซึมไนโตรเจนของพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดฤดูกาลปลูกพืช (Younos, 1987) ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ควบคุมการเกิด mineralization คือ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน เมื่อ C:N ratio ในดินนั้นอยู่ระหว่าง 20-30 mineralization จะเกิดได้มาก ซึ่ง mineralization จะลดลงเมื่อ C:N ratio เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ลักษณะของดินมีอิทธิพลต่ออัตราการเกิด nitrogen mineralization ไนโตรเจนที่ใส่ลงดินจะสลายตัวเป็นแร่ธาตุภายใน 3 อาทิตย์ (Younos, 1987)

2.2.5.3 ฟอสฟอรัส (phosphorus) ในกากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณฟอสฟอรัสค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับปริมาณ phosphorus ในดินตามธรรมชาติ หลังจากการเติม phosphorus ลงดินมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อปริมาณของ phosphorus ในดิน เช่น ถูกพัดพาไปกับการพังทลายของดินหรือถูกทำให้ตกตะกอนในรูปองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ ซึ่งโดยปกติปริมาณของ

phosphorus ในดินจะมีอยู่ระหว่าง 0.01-0.20% ซึ่ง phosphorus ในดินนั้นอยู่ในรูปของออโธฟอสเฟส (orthophosphate) ซึ่งเป็นรูปที่เสถียรที่สุดของ phosphorus (Younos, 1987)

การเติม phosphorus ลงในดินมักจะช่วยส่งเสริมการเติบโตของพืชเสมอ แต่ถ้ามีการสะสมของ phosphorus มากเกินไปอาจจะทำให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลงได้โดยที่ available phosphorus ที่มีปริมาณมากเกินไปจะไปลดความเป็นประโยชน์ของ Cu, Fe และ Zn ในดิน (Younos, 1987) เช่นเดียวกับ nitrogen พืชสามารถนำ phosphorus บางส่วนไปใช้ให้เป็นประโยชน์ภายในปีแรกที่มีการเติมกากตะกอนน้ำเสีย ในบางครั้งในกากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณ phosphorus เป็นองค์ประกอบอยู่มาก ถ้าหากว่าใส่กากตะกอนน้ำเสียโดยอาศัยปริมาณ nitrogen เป็นหลัก อาจทำให้ได้ phosphorus มากเกินไป ในกรณีเช่นนี้สามารถลดอัตราการใส่ลงเพื่อ P_2O_5 พอเหมาะและเพิ่มเติม nitrogen ที่ต้องการโดยการใส่ปุ๋ย nitrogen เพิ่ม (Borchard et al., 1981)

2.2.5.4 โพแทสเซียม (potassium) ภายในปีแรกที่มีการคลุกกากตะกอนน้ำเสียลงดิน พืชจะสามารถนำเอาโพแทสเซียมส่วนใหญ่ที่มีในกากตะกอนน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ ส่วนมากกากตะกอนน้ำเสียมักจะขาดโพแทสเซียมคือ มีน้อยที่พืชปลูกต้องการ (USEPA, 1983) โดยทั่วไป potassium ที่พบในกากตะกอนน้ำเสียจะอยู่ในสัดส่วน N:P:K = 11:7.6:1 หรือมีน้อยกว่า 0.50% (Sommer et al., 1977) ในบางครั้งถ้าหากอัตราการเติมกากตะกอนน้ำเสียยึดเอาความต้องการ nitrogen หรือ phosphorus ทั้งหมดที่พืชต้องการเป็นหลัก อาจจำเป็นต้องมีการแนะนำให้เติมปุ๋ย K_2O นอกเหนือจากที่ได้กากตะกอนน้ำเสีย ถ้าหากว่าปริมาณ K_2O ที่พืชจะได้จากกากตะกอนน้ำเสียนั้นน้อยกว่าค่าปุ๋ยที่แนะนำมาก ซึ่งส่วนใหญ่มักจะแนะนำว่าควรมากกว่า 50 ปอนด์ต่อเอเคอร์ของ K_2O (Borchard et al., 1981)

2.3 กากขี้แป้ง

กากขี้แป้ง เป็นของเหลือทิ้งประเภทของแข็ง มีลักษณะเป็นตม โดยเป็นของแข็งที่เป็นส่วนประกอบในน้ำยางสด แล้วจะถูกแยกออกจากการปั่นในการผลิตน้ำยางข้น มีลักษณะเป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีแมกนีเซียม และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ วราศรี เถกประสิทธิ์ และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของกากขี้แป้งและอัตราการเกิดกากขี้แป้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่าจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น กระบวนการที่สำคัญ คือ การปั่น (centrifugation) ซึ่งจากกิจกรรมการปั่นนี้จะได้ของเหลือทิ้งออกมาในรูปของของแข็ง เรียกว่า ตมหรือกากขี้แป้ง โดยที่กากขี้แป้งเกิดจากของแข็งที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งในน้ำยางสด และจะถูกแยกออกในขณะทำการปั่นน้ำยางสด รวมถึงจากการตกตะกอนในถังพักน้ำยางที่รวบรวมน้ำยางสดไว้ก่อนที่จะนำไปปั่น กากขี้แป้งมีลักษณะเป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน และยังพบว่าในการผลิตน้ำยางข้น จะทำให้เกิดกากขี้แป้งประมาณ 10.7 กิโลกรัมต่อตันน้ำยางสด โดยในปัจจุบันโรงงานมักทำการกำจัดโดยการนำ

กากขี้แป้งไปถมที่ถมถนน ซึ่งเป็นการจัดการของเหลือทิ้งที่ไม่เหมาะสมและในการวิเคราะห์หาชนิดของธาตุอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในกากขี้แป้งจะพบว่า ประกอบด้วย N, P, K และ Zn สมบัติของกากขี้แป้งที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกากของเหลือทิ้งชนิดอื่นๆ ได้แก่ กากตะกอนน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสีย กรุงเทพมหานคร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันโดยที่กากตะกอนน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสีย มี N, P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 1,287 167 และ 690 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (วราศรีเถกประสิทธิ์ และคณะ, 2543)

กากขี้แป้งเป็นของเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งการผลิตน้ำยางข้นจะช่วยให้เกิดการประหยัดในการขนย้าย ซึ่งไม่ต้องทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่ใช้น้ำยางเป็นวัตถุดิบในระยะทางไกลโดยผ่านกรรมวิธีแยกของเหลวออกบางส่วน จึงส่งผลทำให้ได้น้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้นร้อยละ 60 ของเนื้อยางแห้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ทำให้ผลผลิตน้ำยางเข้มข้นที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอและดีกว่าน้ำยางสด

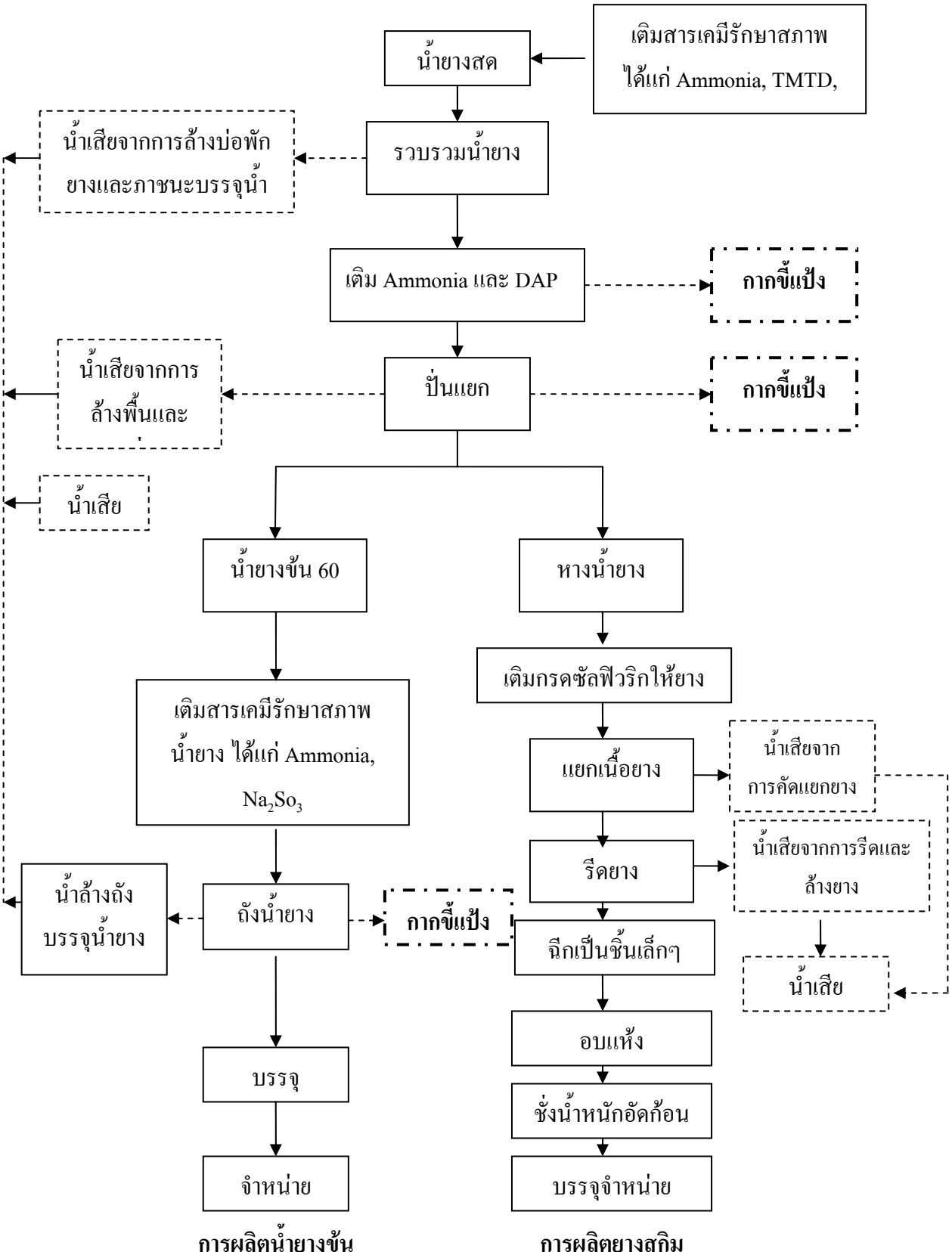
แหล่งกำเนิดของกากขี้แป้งนั้น เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น วิธีผลิตที่สำคัญคือกระบวนการปั่น โดยมีการเติมสารเคมีในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะสารเคมีที่เติมในน้ำยางสดก่อนการปั่นแยก ได้แก่ แอมโมเนียในรูปสารละลาย Tetramethyl Truram Disulfide (TMTD), Zinc Oxide และ Diammonium Phosphate (DAP) เพื่อรักษาสภาพน้ำยาง และเพื่อทำให้แมกนีเซียมตกตะกอนก่อนการปั่นโดยมีการฟอร์มแสดงดังสมการ (Guha, 1966)

$$Mg^{2+} + NH_3 + HPO^{2-}_4 \longrightarrow MgNH_4PO_4$$

2.3.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

น้ำยางสด (latex) ที่ได้จากการกรีด (tapping) ต้นยางออกมาใหม่ๆ จะอยู่ในสภาพที่เรียก colloids ซึ่งประกอบส่วนที่สำคัญดังนี้

ส่วนที่เป็นน้ำ (watery) อีกทั้งส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (medium) ของ (colloids) มีอยู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำยางบริสุทธิ์ และพบว่ามีความถ่วงจำเพาะ (s.gr) 1 (กรมวิชาการเกษตร, 2547)



รูปที่ 2-1 กรรมวิธีการผลิตยางและจุดกำเนิดของเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้นและยางสกิม (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547)

ส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง (non-rubber solid) ประกอบด้วย protein, lipids, carbohydrate และ inorganic salts มีอยู่ทั้งสิ้นประมาณ 5% โดยน้ำหนักของน้ำยาง มีทั้งที่อยู่ในรูปสารละลาย และสารแขวนลอย องค์ประกอบเหล่านี้ทำให้ส่วนที่เป็นน้ำกลายเป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ น้ำยางที่รวมเอาส่วนนี้เข้าไปด้วยเรียกว่า serum มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.02

ส่วนที่เป็นยาง (rubber hydrocarbon) เป็นส่วนที่มนุษย์เรานำไปใช้ประโยชน์ พวกยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพ หรือยางทุกรูปแบบที่ซื้อขายกันอยู่ในตลาดได้ไปจากส่วนนี้ทั้งสิ้น น้ำยางที่ยังสดอยู่ส่วนนี้จะอยู่กันเป็นเม็ดๆ เรียกว่า อนุภาคยาง (rubber particles) ซึ่งแขวนลอย (suspended) อยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว (serum) และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ (negative charges) อนุภาคยางมีความถ่วงจำเพาะ 0.92 ซึ่งเบากว่าส่วนที่เป็นตัวกลางซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 1.02 แต่ที่อนุภาคยางไม่ลอยฟ่องอยู่บนผิวของตัวกลางก็เพราะว่า แรงผลักดันซึ่งกันและกันอันเนื่องมาจากการมีประจุไฟฟ้าที่เหมือนกันทำให้อนุภาคยางเคลื่อนที่ไปมาแบบไร้ทิศทาง (brownian movement) อยู่เสมออนุภาคยางจะหยุดการเคลื่อนที่เมื่อประจุไฟฟ้ารวมของน้ำยางเป็นศูนย์ (isoelectric point) จากนั้นก็จะจับตัวกันเป็นก้อนลอยฟ่องบนผิดของ serum การทำยางแผ่น ยางแท่งหรือยางเครพ ที่เราเติมกรดลงไปก็เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้ ในทางตรงกันข้ามเวลาถนอมน้ำยาง เราจะเติม ammonia ลงไปก็เพื่อให้ประจุลบที่เกิดจาก (OH^-) ไปครอบอนุภาคยางเอาไว้ เพื่อทำหน้าที่เป็นด่านในการป้องกันประจุบวก (positive charges) ใดๆ ที่จะเข้าไปทำให้ประจุลบบนอนุภาคยางเป็นศูนย์นั่นเอง ส่วนที่เป็นยางนี้มีอยู่ในน้ำยางในปริมาณไม่แน่นอน มีตั้งแต่ 22% จนถึง 48% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุ ระบบกรีด และฤดูกาล ดังนั้นในการซื้อน้ำยางจากน้ำหนักหรือปริมาณของน้ำยางโดยตรงได้ จะต้องใช้น้ำหนักของส่วนที่เป็นยาง เรียกว่า DRC หรือ Dry Rubber Content แต่เพียงอย่างเดียว แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำยางสดจะมีส่วนเป็นยางหรือ DRC เฉลี่ยประมาณ 35% (Guha, 1966)

ดังได้กล่าวมาแล้ว น้ำยางสดซึ่งมี DRC 35% ก็สามารถที่จะเก็บไว้ใช้ประโยชน์ได้เพียงแต่เติม ammonia เพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคยางจับตัวกันก็ใช้ได้ แต่การทำเช่นนี้ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เพราะน้ำยางมีน้ำมากเกินไป ดังนั้นจึงมีการทำให้ส่วนที่เป็นน้ำพร่องออกเสียก่อน แล้วค่อยเติมสารกันบูด (preservative) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางจับตัวภายหลัง น้ำยางที่ได้นี้จึงเรียกกันว่า น้ำยางข้น (concentrated latex)

2.3.2 การรักษาสภาพน้ำยางสดที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำยางข้น

น้ำยางสดที่ได้จากสวน ถ้าไม่มีสารเคมีป้องการจับตัวกันของน้ำยาง น้ำยางจะเสื่อมสภาพคือ เกิดการจับตัวภายในเวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมง หลังจากการกรีดยางซึ่งการเสียสภาพดังกล่าวเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์กับสารต่างๆ ที่ไม่ใช่น้ำยาง ดังนั้น

การที่จะนำน้ำยางสดไปผลิตเป็นน้ำยางข้น จึงจำเป็นต้องมีการรักษาสภาพน้ำยางให้คงสถานะเป็นน้ำยางซึ่งสารเคมีที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ แอมโมเนีย เป็นต้น (นุชนาฏ ณ ระนอง, 2547)

แอมโมเนียเป็นตัวการสำคัญที่กีดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปะปนในน้ำยางปกติ สภาพน้ำยางจะพิจารณาได้จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) ซึ่งจะเป็นค่าบ่งชี้สภาวะการเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำยาง การเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ในน้ำยางขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ คือ ปริมาณแอมโมเนียที่ใช้ ช่วงระยะเวลาและการสุขาภิบาลน้ำยางสดตั้งแต่เริ่มไหลออกจากลำต้น ปริมาณแอมโมเนีย 0.3-0.7 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักยาง (กรมวิชาการเกษตร, 2531)

การใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวในการรักษาน้ำยางสดนั้น ไม่สามารถป้องกันการเพิ่มจำนวนกรดไขมันระเหยให้ระยะยาวได้ ดังนั้นการใช้สารเคมีซึ่งเป็น secondary preservative เช่น ZnO, Tetramethyl Thiuran Disulfide (TMTD) เป็นต้น ร่วมกับแอมโมเนียจะป้องกันการเพิ่มจำนวนกรดไขมันระเหยได้ดีกว่าการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว (กรมวิชาการเกษตร, 2531)

ZnO มีความสามารถสำหรับในการทำลายจุลินทรีย์ในน้ำยางได้ดี การใช้ ZnO 0.05 เปอร์เซ็นต์กับแอมโมเนีย 0.3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำยาง จะรักษาจำนวนกรดไขมันระเหยให้ได้คงที่นานถึง 2 อาทิตย์ และได้มีการทดลองพบว่ามีการใช้ ZnO ร่วมกับ TMTD/ZnO ในอัตรา 0.025 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักยางร่วมกับปริมาณแอมโมเนีย 0.2-0.35 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักยาง (กรมวิชาการเกษตร, 2531)

2.3.3 การรวบรวมน้ำยางสด

น้ำยางสดเมื่อถึงโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะผ่านการกรองผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช (mesh) ลงสู่ถังรวมและนำตัวอย่างสดไปทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง หากน้ำยางสดนั้นมีปริมาณเนื้อยางแห้งน้อยกว่าร้อยละ 25 จะไม่นำไปผลิตเป็นน้ำยางข้น เมื่อทราบปริมาณว่าเหมาะสมแล้วจึงรีบผ่านแก๊สแอมโมเนียลงสู่ยาง หลังจากนั้นจะมีการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง ซึ่งปริมาณธาตุแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะแปรปรวน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ยาง การใส่ปุ๋ยตลอดจนฤดูกาล หากทดสอบพบว่าน้ำยางมีปริมาณแมกนีเซียมสูง ก็ให้เติม DAP โดยปกติจะเติม DAP ประมาณ 1.0-1.5 กิโลกรัมต่อน้ำหนักยาง 1 ตัน (น้ำหนักยางก่อนนำไปปั่นควรมีแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm ของของแข็งทั้งหมด เมื่อปั่นข้นแล้วควรมีแมกนีเซียมไม่เกิน 20 ppm ของของแข็งทั้งหมด) แล้วปล่อยทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของแมกนีเซียมโดยที่ DAP จะทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมเกิดเป็น ammonium phosphate (ทั้งนี้ถ้าแมกนีเซียมในน้ำยางมีปริมาณมาก จะทำให้น้ำยางสูญเสียความคงตัวต่อเครื่องกลลดลง Mechanical Stability Time, MST) อันมาจากลักษณะการฟอร์ม magnesium higher fatty acid soaps ที่ไม่ละลายน้ำ และสิ่งสกปรกต่างๆ ลงสู่ก้นถัง ตะกอนเหล่านี้จะถูกแยกออกจากน้ำยาง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างน้ำยางมาทดลองหาจำนวนกรดไขมันระเหย

(เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยางได้รักษาสภาพเพียงพอที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำยางเข้มข้นได้น้ำยางที่มีการรักษาสภาพดีพอ จะต้องมีจำนวนกรดไขมันระเหยไม่น้อยกว่า 0.05 และน้ำยางที่มีจำนวนกรดไขมันระเหยสูงกว่านี้จะไม่ใช้ผลิตเป็นน้ำยางเข้มข้น) และนำไปปั่นต่อไป (สถาบันวิจัยยาง, 2536)

2.3.4 วิธีการผลิตน้ำยางข้น

วิธีการผลิตน้ำยางข้น (สถาบันวิจัยยาง, 2536) มีดังนี้คือ

วิธีระเหยน้ำ เป็นการให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนที่เป็นน้ำระเหยออกไป เรียกว่า (evaporation method) น้ำยางข้นที่ได้เรียก evaporation latex น้ำยางเข้มข้นที่ได้มีความคงสภาพเป็นน้ำยางดีมาก จึงเหมาะสำหรับการที่จะต้องขนย้ายน้ำยางไปไกลๆ และเหมาะสำหรับการนำไปผลิตวัตถุสำเร็จรูปประเภทที่ต้องใส่สารตัวเติม (filler) จำนวนมาก เช่น การผลิตกาว latex-cement

การเติมสารบางอย่าง (creaming agents) ลงไปซึ่งจะทำให้เกิดครีม โดยที่ creaming agents ได้แก่ sodium, alginate, locust bean gum, gum karaya, gum tragacanth เป็นต้น เมื่อเติม creaming agents ลงไปจะทำให้อนุภาคยางโตขึ้นและหยุดการเคลื่อนที่เรียกว่า creaming method และน้ำยางที่ได้เรียก creamed latex

การแยกเอาส่วนที่ไม่ใช่ยางซึ่งจะมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นของแข็ง (non-rubber solid) ออกจากส่วนที่เป็นยางโดยใช้แรงเหวี่ยง (centrifuging force) น้ำยางที่ได้เรียกว่า centrifuged latex วิธีนี้นิยมกันมากเพราะทำได้เร็วและน้ำยางข้นที่ได้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นด้วย

วิธีการปั่น เป็นวิธีที่มีกันใช้โดยทั่วไปอย่างกว้างขวางมากที่สุด ในการผลิตน้ำยางข้น สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันทำการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นเพียงอย่างเดียว โดยมีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2-1

ปกติน้ำยางข้นที่ได้จากเครื่องปั่นนั้นจะมีความเข้มข้นของน้ำยางประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็กๆ สามารถแยกน้ำยางสดได้ประมาณ 15 ลิตร/ชั่วโมง และเครื่องขนาดใหญ่แยกน้ำยางสดได้ 400-600 ลิตร/ชั่วโมง และปกติการเดินเครื่องปั่นจะสามารถเดินติดต่อกันได้อย่างมากครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมง เพราะต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดล้างตม (sludge) ที่ติดอยู่ในเครื่อง

2.3.5 ปริมาณและคุณภาพของน้ำยาง

น้ำยางสดจากต้นยางพาราส่วนใหญ่เป็นของเหลวสีขาวโดยมีอนุภาคยางแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นอนุภาคน้ำ อนุภาคยางมีรูปร่างกลมหรือรูปลูกแพร์ มีขนาด 0.05-5 ไมครอน

ตารางที่ 2-2 ส่วนประกอบของน้ำยางสด (กรมวิชาการเกษตร, 2546; นุชนาฏ ณ ระนอง, 2547)

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	**36**
- เนื้อยางแห้ง	33
- สารกลุ่มโปรตีนและไขมัน	1-1.2
- สารกลุ่มคาร์โบไฮเดรท	1
- เถ้า	< 1
น้ำ	**64**

ความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร อีกทั้งมีความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 6.5-7.0 และมีส่วนประกอบดังรายละอียดในตารางที่ 2-2 (นุชนาฏ ณ ระนอง, 2547)

ผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้ม (membrane) ที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน โดยแต่ละอนุภาคมีอนุมูลลบของโปรตีนอยู่รอบนอก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง ซึ่งมีผลให้น้ำยางสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ดังนั้นเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาคหรือมีการสะเทินอนุมูลลบ จะทำให้อนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางเกิดการรวมตัวจับเป็นก้อนได้

2.3.6 การเก็บน้ำยางข้น

การเก็บน้ำยางข้นไว้ในโรงงานเพื่อรอการถ่ายและการขนส่งต่อไปหรือรอทำการผลิตภัณฑ์ อาจบรรจุในถังขนาดใหญ่ 9,000-14,000 ลิตร หรือถังขนาด 200 ลิตร น้ำยางข้นที่เก็บไว้โดยที่ไม่ถูกกวนจะมีปัญหาเกิดครีมขึ้นบนหน้า เนื่องจากอนุภาคยางลอยขึ้นอยู่บนผิวหน้าทำให้น้ำยางส่วนนั้นข้นมากขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับกวนน้ำยางภายในถัง ซึ่งประกอบด้วยใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2-3/4 ของเส้นผ่านศูนย์กลางถัง การกวนจะใช้ความเร็วต่ำๆ เช่น 15-30 รอบต่อนาที ระยะเวลาและความถี่ของการกวน เพื่อให้น้ำยางคงเป็นเนื้อเดียวกันตลอดนั้น ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเก็บน้ำยาง ถ้าอุณหภูมิที่เก็บน้ำยางสูงน้ำยางจะเกิดครีมได้เร็วขึ้น (นุชนาฏ ณ ระนอง, 2547)

2.3.7 การเกิดของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น นอกเหนือจากปริมาณผลผลิตยางพารา ซึ่งเป็นผลผลิตหลักจากการผลิตแล้ว ยังมีน้ำเสียและของเหลือทิ้งต่างๆ ที่อยู่ในรูปของของแข็งเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตด้วย (ดังรูปที่ 2-1) อาจกล่าวได้ว่าจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะเกิดของเหลือทิ้ง ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ

- น้ำเสีย น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมี BOD_5 เฉลี่ย 2,390 มิลลิกรัม/ลิตร มี Suspended Solid (SS) เฉลี่ย 2,414 มิลลิกรัม/ลิตร และมี pH เฉลี่ย 8.88 ขณะที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกิมมีค่า BOD_5 เฉลี่ย 10,489 มิลลิกรัม/ลิตรมี SS เฉลี่ย 728 มิลลิกรัม/ลิตร และมี pH เฉลี่ย 4.47 (วันชัย แก้วยอด, 2540)

- ของเหลือทิ้งประเภทของแข็งที่เป็นเนื้อยางตกค้างสะสมในบ่อดักยาง (rubber trap) และในบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมักเป็นเนื้อยางที่รวมตัวกันมีความบริสุทธิ์ต่ำ เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกในน้ำเสียในปริมาณสูง

- ของเหลือทิ้งประเภทของแข็งในรูปเนื้อยางที่ตกค้างในทางระบายน้ำ และภาชนะที่ใช้ในการบรรจุยางต่างๆ ที่มีการกำจัดออกมา

- ของเหลือทิ้งประเภทของแข็งที่เรียกว่า กากขี้แป้ง ได้จากการตกตะกอนจากถังพักน้ำยางและจากการปั่นน้ำยาง ประกอบด้วยสิ่งเจือปนต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นพวกฝุ่น ทราย เปลือกไม้ และแมกนีเซียมแอมโมเนียมซัลเฟต

2.3.8 อัตราการเกิดกากขี้แป้ง

โรงงานน้ำยางข้นมีกากขี้แป้งเกิดขึ้นระหว่าง 0.70-500 ตันต่อเดือน หรือคิดเป็นอัตราการเกิดกากขี้แป้งต่อน้ำยางข้นที่ผลิตได้ในสัดส่วนระหว่าง 0.60-50 กิโลกรัมกากขี้แป้ง/ตันน้ำยางข้น (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2545) กากขี้แป้งที่เกิดขึ้นเป็นของเหลือทิ้งที่มีความชื้นสูง ในทางปฏิบัติทางโรงงานจะนำไปทิ้ง หรือบางแห่งจะนำไปถมที่หรือฝังกลบ ในปัจจุบันได้มีบางโรงงานนำไปเป็นปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน วันชัย แก้วยอด (2540) ได้ทำการศึกษาพบว่า การผลิตน้ำยางข้นจะเกิดของเหลือทิ้งชนิดนี้ขึ้นประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเนื้อยางที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำยางข้น และเนื่องจากแต่ละโรงงานจะมีการนำน้ำยางสดจากสวนยางเพื่อผลิตน้ำยางข้นโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 39.91-157.56 ตัน/วัน ฉะนั้นทำให้สามารถคำนวณได้ว่า จะมีของเหลือทิ้งในรูปกากขี้แป้งเกิดขึ้นในแต่ละโรงงานผลิตน้ำยางข้นระหว่าง 0.39-1.58 ตันต่อวัน

2.3.9 แนวทางการใช้ประโยชน์กากขี้แป้ง

กากขี้แป้งที่เกิดขึ้นเป็นของเหลือทิ้งที่มีความชื้นสูง ในทางปฏิบัติทางโรงงานจะนำไปทิ้ง หรือบางแห่งจะนำไปถมที่หรือฝังกลบ ในปัจจุบันได้มีบางโรงงานนำไปเป็นปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน แม้ว่ากากขี้แป้งจะมีองค์ประกอบเป็นธาตุอาหารที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ แต่การใช้ประโยชน์ของกากขี้แป้ง เพื่อคุณค่าและความเป็นปุ๋ยให้กับพืชยังพบว่ามีการศึกษาน้อยมาก วราศรี เถกประสิทธิ์ (2543) ได้ศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ของกากขี้แป้ง โดยทดสอบกับการปลูกหญ้าสนาม พบว่าสามารถใช้แทนปุ๋ยเคมีได้เป็นอย่างดี แต่ในกากขี้แป้งมี Zn ปนเปื้อนอยู่ และมีเนื้อยางปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมาก การนำไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปผสมในดิน เพื่อให้เป็น

ธาตุอาหารแก่พืชนั้น เนื้อยางในกากขี้แป้งอาจทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงได้ในระยะยาว หากมีการใช้กากขี้แป้งจำนวนมาก เพราะเนื้อยางย่อยสลายได้ค่อนข้างยากและอาจเกิดการอุดตันบนผิวดินหรือระหว่างดิน ทำให้การดูดซับน้ำของดินลดน้อยลง

2.4 ยางพารา

ยางพารา หมายถึง ยางที่ได้มาจากต้นไม้ชนิดหนึ่ง เรียกว่า ต้นยางพารา (เรียกตามภาษาพฤกษศาสตร์ว่า (*Hevea brasiliensis*) สามัญชนทั่วไป เรียกว่า ยางพารา หรือ ต้นยางพารา (para rubber) ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อประมาณ 100 ปี มาแล้ว ยางชนิดที่กล่าวนี้ซื้อขายกันที่เมืองพารา ประเทศบราซิล ทวีปอเมริกาใต้เพียงแห่งเดียวเท่านั้น เพื่อสะดวกแก่การซื้อขายกันในครั้งนั้นจึงเรียกยางชนิดนี้ว่า ยางพารา ในระยะนั้นมียางที่ได้จากต้นไม้อยู่หลายชนิด เช่น ยางแคสติลลาในอเมริกันกลาง ยางพันทุเมียจากแอฟริกา และยางอินเดียรับเบอร์ในเอเชียตอนใต้ ถิ่นเดิมของต้นยางพาราอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ส่วนใหญ่อยู่ในประเทศบราซิล โดยต้นยางพาราเป็นไม้ป่าที่ขึ้นกระจัดกระจายอยู่ห่างๆ กัน ทั้งในที่ดอนและที่ลุ่มของแม่น้ำอะเมซอน จนถึงประเทศเปรูชาวพื้นเมือง คือ ชาวอินเดียนแดงในอเมริกาใต้และอเมริกากลางรู้จักยางมานานแล้ว และได้นำเอามาใช้ทำประโยชน์มาหลายร้อยปี ก่อนที่ชาวยุโรปจะไปพบโลกใหม่หรือทวีปอเมริกา ซึ่งเป็นถิ่นเดิมของต้นยางพารา ชาวอินเดียนแดงได้ใช้ยางทำลูกบอล ทำผ้ากันฝนและทำถุงเก็บน้ำปากแคบ เป็นต้น (นุชนารถ กังพิศดาร, 2547ข) ทั้งนี้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับยางพารา มีดังนี้

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไปของยางพารา

2.4.1.1 โครงสร้างของเปลือกยางและท่อน้ำยาง (พิชิต สพโชค, 2547)

การเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นยางพาราจะแตกต่างจากพืชอื่นๆ ทั่วไปโดยได้จากการกรีด ตัดส่วนของท่อน้ำยางในเปลือกยาง ทำให้น้ำยางที่มีอยู่ในท่อน้ำยางไหลทะลักออกมาชั่วระยะหนึ่งแล้วหยุด ผลผลิตยางจะได้มากหรือน้อยส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับ ช่วงระยะเวลาในการไหลของน้ำยาง กับความเข้มข้นของน้ำยาง ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้จะขึ้นอยู่กับ พันธุ์ สภาพแวดล้อม การดูแลรักษาต้นยาง และการกรีด ถึงแม้จะปลูกด้วยยางพันธุ์ดี แต่การดูแลรักษาไม่ดีหรือปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ผลผลิตที่ได้ก็จะไม่สูงเท่าที่ควร นอกจากนี้โครงสร้างของเปลือกในชั้นต่างๆ จำนวนวงของท่อน้ำยาง ตลอดจนขนาดและความหนาแน่นของท่อน้ำยางก็มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับผลผลิตและยังจะสามารถบอกถึงความสามารถจริงๆ ในการให้ผลผลิตของต้นยางนั้นๆ และสาเหตุที่ทำให้ต้นยางนั้นๆ ให้ผลผลิตไม่สูงเท่าที่ควร ซึ่งในการศึกษาโครงสร้างของเปลือกยางดังกล่าวนี้ นอกจากจะทำให้ทราบความสามารถในการให้ผลผลิตแล้ว ยังทราบถึงสุขภาพและความสมบูรณ์ของต้นยางได้อีกด้วย อีกทั้งจะทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจากต้นยางได้เต็มที่และ

ยืดระยะเวลาในการกรีดให้ยาวนานออกไปได้ นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการเก็บเกี่ยวผลผลิตยางที่สำคัญมากอีกปัจจัยหนึ่ง คือ การกรีดยางซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อผลผลิตที่จะได้รับ ถึงแม้ต้นยางจะสมบูรณ์มีจำนวนวงท่อน้ำยางมาก แต่ในการกรีดใช้มุมกรีดและความยาวรอยกรีดไม่เหมาะสม กรีดตื้นไม่ถึงเปลือกชั้นในสุด ตัดท่อน้ำยางได้ไม่มากและเอียงมุมมีดไม่ถูกต้อง ทำให้น้ำยางไหลบ่า ซึ่งปัญหาต่างๆ เหล่านี้จะมีผลทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่สูงเท่าที่ควร

2.4.1.2 โครงสร้างของเปลือกยาง

เปลือกยาง (bark) ห่อหุ้มอยู่ภายนอกต้นยาง เป็นส่วนของท่ออาหารที่เกิดจากการแบ่งตัวออกมาทางด้านนอกของเยื่อเจริญ (cambium) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชั้นบางๆ อยู่ระหว่างเนื้อไม้และเปลือกไม้ การแบ่งตัวนี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลาถ้าแบ่งตัวออกทางด้านนอกจะกลายเป็นเปลือกยาง และแบ่งตัวเข้าทางด้านในจะเป็นเนื้อไม้ ในการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตของต้นยางจะเน้นที่เปลือกยาง ซึ่งเป็นแหล่งเก็บเกี่ยวผลผลิตเท่านั้น เพราะเป็นที่อยู่ของท่อน้ำยาง ส่วนในเนื้อไม้จะไม่มีน้ำยาง เพราะไม่มีท่อน้ำยางในส่วนของเปลือกยาง เนื้อเยื่อที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ก็จะดันเนื้อเยื่อส่วนที่เกิดขึ้นก่อนออกมาทางด้านนอก ดังนั้นเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เยื่อเจริญจึงเป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นใหม่และมีความสมบูรณ์ที่สุด เมื่อต้นยางมีอายุมากขึ้น เนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นก่อนซึ่งอยู่ไกลจากเยื่อเจริญ โดยเฉพาะเซลล์พวก parenchyma บางเซลล์จะมีผนังหนาขึ้น เนื่องจากมีสารลิกนิน (lignin) มาสะสมที่ผนังเซลล์เกิดเป็น stone cell ที่มีขนาดของเซลล์ขยายใหญ่ขึ้นกว่าเดิมมาก ซึ่ง stone cell เหล่านี้เมื่อขยายรุกล้ำเข้าไปในชั้นหรือวงของท่อน้ำยาง จะทำให้ท่อน้ำยางในวงนั้นๆ ไม่สมบูรณ์ ขาดการติดต่อกัน stone cell นี้ถ้ามองด้วยตาเปล่า จะเห็นมีลักษณะคล้ายเม็ดทราย และเป็นส่วนที่ทำให้เปลือกยางแข็งมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ต้นยางที่ปลูกในที่ไม่เหมาะสมหรือการดูแลรักษาไม่ดีนอกจากจะให้ผลผลิตต่ำแล้ว เปลือกยางยังแข็ง และกรีดยากกว่าปกติ การเกิด stone cell จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ เช่น พันธุ์ยาง อายุของต้นยาง สภาพแวดล้อม ความชื้นในดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

เปลือกยาง แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ตามลักษณะของเนื้อเยื่อ และการเกิดของ stone cell ในเปลือกยาง ดังนี้คือ

1. เปลือกชั้นในสุด (soft bark zone) อยู่บริเวณที่ติดกับเยื่อเจริญหรือใกล้กับเนื้อไม้ เป็นเนื้อเยื่อและท่อน้ำยางที่สร้างขึ้นมาใหม่ จึงเป็นชั้นที่มีจำนวนวงท่อน้ำยางหนาแน่นและสมบูรณ์ที่สุด ฉะนั้นผลผลิตสูงสุดของต้นยางแต่ละต้นจะอยู่ที่บริเวณนี้ แต่ความหนาของเปลือกยางชั้นนี้ค่อนข้างบางคือ ประมาณ 20-30% ของความหนาของเปลือกทั้งหมดเท่านั้นและจะไม่มี stone cell เลย จึงทำให้เนื้อเยื่อในชั้นนี้ค่อนข้างอ่อนนุ่ม

2. เปลือกชั้นนอก (hard bark zone) อยู่ถัดจากเปลือกชั้นในสุดออกมาทางด้านนอก เป็นชั้นที่เยื่อเจริญสร้างขึ้นก่อน แล้วถูกดันออกมาทางด้านนอก เมื่อมีการสร้างเนื้อเยื่อ

ใหม่ขึ้นมาแทนที่ในชั้นนี้จะมี stone cell เกิดขึ้น ซึ่ง stone cell เหล่านี้จะทำให้เปลือกยางแข็ง ท่อน้ำยางไม่สมบูรณ์ ขาดเป็นช่วงๆ ไม่ติดต่อกัน เป็นผลให้บริเวณนี้มีผลผลิตค่อนข้างต่ำ ถึงแม้จะเป็นชั้นของเปลือกที่หนากว่าชั้นอื่นซึ่งมีความหนาถึง 70-80%

3. ชั้นของคอร์ค (cork) เป็นชั้นของเปลือกนอกสุด ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ตายแล้ว ทำหน้าที่ห่อหุ้มป้องกันและรักษาความชื้นให้แก่ส่วนของเปลือกที่อยู่ถัดเข้าไปด้านในท่อน้ำยาง (laticiferous vessel, laticifer หรือ latex vessel) เกิดจากการแบ่งตัวของเยื่อเจริญโดยที่กลุ่มเซลล์ชนิดเดียวกันมาเชื่อมต่อกัน แล้วผนังเซลล์หัวท้ายสลายตัวอาจเพียงบางส่วน หรือสลายตัวหมดกลายเป็นท่อเดียวกันจากนั้นจึงแตกสาขาและยังเชื่อมต่อกับเซลล์ชนิดเดียวกันที่อยู่ข้างเคียง โดยการสลายตัวของผนังเซลล์ด้านข้างเกิดเป็นช่องเปิดติดต่อกันได้ ทำให้มีลักษณะคล้ายร่างแหหรือเป็นลักษณะที่เรียกว่า articulated anastomosing laticifer ท่อน้ำยางจะเรียงตัวกันเป็นวงรอบลำต้น น้ำยางจึงสามารถติดต่อกันได้ทางรอยเปิดดังกล่าวภายในวงเดียวกันรอบลำต้น แต่ไม่สามารถติดต่อกันได้ระหว่างวง (ในอดีตที่ผ่านมามีรายงานว่า ท่อน้ำยางอาจมีการติดต่อระหว่างวงได้บ้างแต่น้อยมาก แต่ในปัจจุบันเมื่อมีการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแล้วพบว่า ไม่สามารถติดต่อถึงกันระหว่างวงได้) โดยระหว่างวงของท่อน้ำยางจะมีเซลล์พวก parenchyma ขนาบทั้งสองข้างเป็นชั้นๆ สลับกันซึ่งโดยทั้งสองวิธีจะเห็น parenchyma cells คั่นอยู่ระหว่างวงท่อน้ำยางแต่เมื่อตัดเปลือกยางทางด้าน tangential section ซึ่งจะตั้งฉากกับ long section แล้ว จะเห็นว่าท่อน้ำยางไม่เป็นท่อเดี่ยวๆ แต่จะประสานตัวคล้ายร่างแหมีรอยเปิดถึงกันได้ภายในวงเดียวกัน การเรียงตัวของท่อน้ำยาง ท่อน้ำยางเรียงตัวรอบลำต้นตามแนวดิ่งเป็นชั้นๆ โดยทั่วไปอยู่ในลักษณะเอียงไปทางขวาจากแนวดิ่งเล็กน้อย ประมาณ 2.1 - 2.7 องศา ในบางพันธุ์อาจพบว่าท่อน้ำยางวางตัวเอียงไปทางซ้ายจากแนวดิ่งประมาณ 3.2 - 3.8 องศา แต่มีเพียงส่วนน้อยที่มีลักษณะเช่นนี้ ดังนั้นจึงต้องกรีดยางจากซ้ายไปขวาในแนวเฉียง เพื่อให้ตัดจำนวนท่อน้ำยางได้มากกว่าทำให้การไหลน้ำยางอยู่ในอัตราความเร็วที่เหมาะสมและไหลได้นาน ซึ่งทำให้ได้รับผลผลิตสูงขึ้นตามที่ควรจะเป็น มีรายงานว่าจะสามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 8.6% เมื่อหน้ากรีดยางเฉียง 25 องศา จากแนวระดับและ 15.4% เมื่อหน้ากรีดเฉียง 45 องศา ในต้นที่ปลูกจากเมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลลายขาวคล้ายสีของเมล็ดละหุ่ง ยาวประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร หนักประมาณ 3-6 กรัม เมล็ดยางเมื่อหล่นใหม่ๆ จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงมาก แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วในสภาพปกติเมล็ดยางจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วันเท่านั้น

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนวงของท่อน้ำยาง

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนวงของท่อน้ำยาง (กรมวิชาการเกษตร, 2547) มีดังนี้

2.4.2.1 พันธุ์ยาง ต้นยางแต่ละพันธุ์จะมีจำนวนวงของท่อน้ำยางในเปลือกเฉลี่ยไม่เท่ากัน พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมักจะมีจำนวนวงของท่อน้ำยางสูง โดยเฉพาะท่อน้ำยางในชั้นของเปลือกชั้นในสุด จึงใช้จำนวนวงของท่อน้ำยางเป็นดัชนีหนึ่งประกอบการคัดเลือกพันธุ์ยาง

2.4.2.2 อายุของต้นยาง เมื่อต้นยางมีอายุมากขึ้น เยื่อเจริญจะแบ่งตัวออกทางด้านนอก ทำให้ความหนาของเปลือกเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีการสร้างท่อน้ำยางเพิ่มขึ้นควบคู่กันไปด้วย โดยทั่วๆ ไปความหนาของเปลือกและจำนวนวงของท่อน้ำยางจะเพิ่มในอัตราค่อนข้างสูงเมื่อต้นยางมีอายุน้อย เนื่องจากอยู่ในระหว่างกำลังเติบโตและหลังจาก 15 ปีไปแล้วหรือหลังจากมีการกรีดยางแล้ว อัตราการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงลำต้นจะลดลง เพราะธาตุอาหารที่ต้นยางสร้างขึ้นส่วนหนึ่งจะต้องนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ยาง

2.4.2.3 ความชื้นในดิน ความชื้นในดินจะมีผลต่อการแบ่งเซลล์ของเยื่อเจริญและความหนาของเปลือก โดยเฉพาะความหนาของเปลือกชั้นในสุดในสภาพอากาศแห้งแล้ง ความชื้นในดินต่ำมาก และถ้าติดต่อกันเป็นเวลานาน การเกิด stone cell จะเกิดขึ้นเร็วและปริมาณมาก ทำให้ความหนาของเปลือกชั้นในสุดลดลง แต่เปลือกชั้นนอกจะหนาขึ้นมาก และจำนวนวงท่อน้ำยางที่สมบูรณ์จะลดลงด้วย

2.4.2.4 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินที่ขาดธาตุอาหารจะส่งผลให้การแบ่งตัวของเยื่อเจริญไม่เป็นไปตามปกติและ stone cell จะเกิดขึ้นได้ง่ายเช่นเดียวกับการที่ความชื้นในดินต่ำ

2.4.2.5 ความสูงระดับต่างๆ บนลำต้น ต้นยางที่ปลูกจากเมล็ดจะมีจำนวนวงของท่อน้ำยางลดลงที่ระดับความสูงของลำต้นจากพื้นดินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากจำนวนวงของท่อน้ำยางมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความหนาของเปลือก (ในต้นปกติ) และต้นที่ปลูกจากเมล็ดจะมีความหนาของเปลือกลดลงที่ความสูงของลำต้นเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากลำต้นมีลักษณะเป็นรูปกรวย (cone shape) คือ ลำต้นเรียวจากโคนต้นขึ้นไปหาปลายต้น ดังนั้นการลดลงของจำนวนวงท่อน้ำยางก็เนื่องมาจากลักษณะดังกล่าวนี้ด้วยสำหรับในต้นติดตา พบว่าการที่ลำต้นของยางประเภทนี้ค่อนข้างเป็นทรงกระบอก (cylinder shape) ตรงจุดที่มีเส้นรอบวงของลำต้นใกล้เคียงกัน ทำให้ความหนาของเปลือกก็จะใกล้เคียงกันด้วย ซึ่งมีผลทำให้จำนวนวงของท่อน้ำยางไม่แตกต่างกันมากนัก

2.4.2.6 ระยะห่างของท่อน้ำยางจากเยื่อเจริญ ความหนาแน่นและจำนวนวงท่อน้ำยางเป็นลักษณะประจำพันธุ์ โดยทั่วไปพบว่า ประมาณ 40% ของวงท่อน้ำยางอยู่ระหว่าง 1 มิลลิเมตร

จากส่วนเยื่อเจริญและค่อยๆ ลดลงเป็นศูนย์ (เฉพาะวงของท่อน้ำยางที่สมบูรณ์ที่ระยะห่างประมาณ 5-8 มิลลิเมตร)

2.4.3 เปลือกยางและท่อน้ำยางที่เกี่ยวกับการกรีดและการให้ผลผลิต

โครงสร้างของเปลือกยางและท่อน้ำยาง จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการกรีดและการให้ผลผลิตของยางโดยผลผลิตจะได้มากหรือน้อยนั้นอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดังนี้

2.4.3.1 จำนวนของท่อน้ำยาง จำนวนวงของท่อน้ำยางนั้นจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับผลผลิต ผลผลิตจะสูงเมื่อจำนวนวงของท่อน้ำยางในส่วนของเปลือกชั้นในสุดมีจำนวนมาก โดยปกติจำนวนวงของท่อน้ำยางจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 1.74 - 3.14 วง/ปี แต่จะไม่เป็นจำนวนสะสม เพราะท่อน้ำยางที่สร้างขึ้นมาก่อนก็จะถูกดันร่นออกไปด้านนอกเรื่อยๆ ในที่สุดก็จะเป็นวงท่อน้ำยางที่ไม่สมบูรณ์อยู่ในเปลือกชั้นนอกซึ่งให้ผลผลิตน้อยมากหรือไม่ให้เลย

2.4.3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำยาง ท่อน้ำยางในเปลือกยาง จะมีขนาดแตกต่างกันตามพันธุ์ยาง การดูแลรักษาตลอดจนตำแหน่งภายในเปลือกยาง โดยทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายในท่อประมาณ 30 ไมครอน นอกจากจำนวนวงของท่อน้ำยางแล้ว ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อก็มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับผลผลิตเช่นเดียวกัน คือ ท่อน้ำยางขนาดใหญ่จะทำให้น้ำยางไหลได้สะดวก รวดเร็ว ปริมาณมากและไหลได้นานเนื่องจากการอุดตันเกิดขึ้นช้าลง

2.4.3.3 ความเข้มข้นของน้ำยางซึ่งแตกต่างกันตามพันธุ์ สภาพแวดล้อม ระบบกรีดและฤดูกาลในช่วงที่กรีดยางโดยทั่วๆ ไปน้ำยางจะมีความเข้มข้นประมาณ 35% และต้นยางที่ให้ผลผลิตสูง มักจะมีความเข้มข้นของน้ำยางต่ำกว่าต้นยางที่ให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากการให้ผลผลิตสูง หมายถึงต้นยางมีช่วงเวลาการไหลของน้ำยางนานก่อนที่จะมีการอุดตัน ดังนั้นเมื่อน้ำยางในท่อน้ำยางไหลออกมามากเซลล์ที่อยู่ข้างเคียง (parenchyma cells) ที่ไม่ใช่ท่อน้ำยางจะต้องส่งน้ำเข้าไปในเซลล์ท่อน้ำยาง เพื่อรักษาสมดุลภายในท่อน้ำยางและป้องกันไม่ให้เซลล์แฟบ ดังนั้นน้ำส่วนหนึ่งก็จะไหลออกมาพร้อมกับน้ำยางด้วย ทำให้น้ำยางเจือจางลงเช่นเดียวกับการใช้สารเคมีเร่งน้ำยางเป็นการยืดระยะเวลาการไหลของน้ำยางหรือทำให้เกิดการอุดตันช้าลงซึ่งน้ำยางจากต้นที่ทาสารเคมีเร่งน้ำยางก็จะยิ่งมีความเจือจาง แต่ผลผลิตในภาพรวมของต้นยางเหล่านี้จะสูงกว่าพวกที่มีความเข้มข้นของน้ำยางสูง ซึ่งน้ำยางที่มีความเข้มข้นสูงจะมีความหนืดสูงการไหลของน้ำยางจะช้า เกิดการอุดตันได้เร็วและระยะเวลาการไหลของน้ำยางจะสั้นผลผลิตจึงต่ำกว่า

2.4.3.4 มุมของรอยกรีด ในการกรีดยางจะกรีดในแนวเฉียง โดยให้กรีดจากด้านซ้ายมาขวาและให้ด้านซ้ายสูง ด้านขวาต่ำเอียงทำมุม 30-35 องศา กับแนวระดับ สำหรับต้นติดตาและ 25 องศา สำหรับต้นกล้ายาง นอกจากจะทำให้สามารถตัดจำนวนวงท่อน้ำยางได้มาก แล้วยังทำให้

ท่อน้ำยางไหลในอัตราความเร็วที่เหมาะสม ถ้าอัตราการไหลของน้ำยางเร็วเกินไปหรือมุมของรอยกรีดชันเกินไปจะทำให้เกิดการอุดตันเร็วขึ้น เนื่องจากในน้ำยางมีอนุภาคของ lutoid จำนวนมากแขวนลอยอยู่ lutoid นี้จะมีผนังเปราะบางและภายในประกอบด้วย กรด phosphatase ซึ่งถ้าน้ำยางไหลในอัตราที่เร็วเกินไป lutoid ก็จะแตกทำให้กรด phosphatase ภายในออกมารวมกับกรดชนิดเดียวกันนี้ที่เป็นส่วนผสมในน้ำยาง (free acid phosphatase) ทำให้เกิดสภาพเป็นกรดมากขึ้นในน้ำยาง มีผลทำให้อนุภาคของยางในท่อน้ำยางจับตัวกัน แล้วไปอุดตันปากท่อน้ำยางและน้ำยางหยุดไหลเร็วขึ้น ดังนั้นในการกรีดจึงต้องใช้ความสำคัญต่อมุมของรอยกรีดด้วย

2.4.3.5 ความยาวของรอยกรีด มีความสำคัญต่อผลผลิตมาก ถ้ารอยกรีดยาวการตัดจำนวนท่อน้ำยางจะมาก ซึ่งทำให้ท่อน้ำยางไหลได้เร็วและมากขึ้นรวมทั้งน้ำยางจากท่อน้ำยางที่ไม่ได้กรีด ซึ่งอยู่ด้านตรงกันข้ามของรอยกรีดแต่อยู่ในวงเดียวกันกับที่ถูกกรีดก็สามารถไหลออกที่หน้ากรีดได้ เนื่องจากน้ำยางภายในวงเดียวกันไหลติดต่อกันได้เป็นวงรอบต้น เพราะมีรอยเปิดถึงกันได้ดังกล่าวแล้วข้างต้นถึงแม้ว่าพันธุ์หรือระบบกรีดนั้นจะมีค่าดัชนีอุดตัน (plugging index) สูงก็ตาม ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงขนาดของลำต้นและความสิ้นเปลืองเปลือกควบคู่ไปด้วย

2.4.3.6 ความลึกของรอยกรีด ตามที่จำนวนวงของท่อน้ำยางหนาแน่น ในบริเวณเปลือกชั้นในสุดโดยเฉพาะในระยะ 1-3 มิลลิเมตร ของเยื่อเจริญ ดังนั้นในการกรีดยางควรจะกรีดให้ถึงบริเวณนี้ แต่จะต้องไม่ทำลายชั้นของเยื่อเจริญหรือเกิดบาดแผล เนื่องจากเยื่อเจริญเป็นส่วนที่สร้างเนื้อเยื่อใหม่มาทดแทน ถ้าหากถูกทำลายก็จะไม่สามารถสร้างเปลือกใหม่ในบริเวณนั้นได้หรือทำให้เปลือกงอกใหม่ไม่เรียบสม่ำเสมอเป็นรอยตะปุ่มตะป่ำ การเก็บเกี่ยวผลผลิตจากเปลือกงอกใหม่จะไม่สะดวก มีการศึกษาพบว่าโดยทั่วไป การกรีดยางมักจะเหลือส่วนของเปลือกชั้นในสุดอยู่อย่างน้อยประมาณ 1.3 มิลลิเมตร ซึ่งยังคงเหลือท่อน้ำยางไว้บนต้นยางโดยไม่ได้กรีดถึง 50% อันหมายถึง ผลผลิตอย่างน้อย 50% ยังคงตกค้างอยู่บนต้นหรืออาจจะมากกว่า เพราะท่อน้ำยางที่ยังไม่ได้รับการกรีดนี้เป็นท่อน้ำยางที่สมบูรณ์ที่สุด ถ้ากรีดเหลือ 1 มิลลิเมตร จากเยื่อเจริญจะกรีดได้ถึง 52% ของท่อน้ำยางทั้งหมดหรือถ้ากรีดเหลือ 0.5 มิลลิเมตร จากเยื่อเจริญจะตัดวงท่อน้ำยางได้ถึง 80% ทั้งนี้จะต้องระวังว่าต้องกรีดไม่ทำลายเยื่อเจริญดังกล่าวข้างต้น

2.4.3.7 การเอียงมุมมีดในการกรีด ในการกรีดยางจะต้องกรีดเปลือกให้เป็นร่องเพื่อให้น้ำยางไหลไปลงที่ถ้วยรองรับได้สะดวก ดังนั้นการวางมุมมีดก็มีความสำคัญถ้าร่องกรีดเป็นมุมป้านมากจะทำให้น้ำยางไหลไม่สะดวก

2.4.4 พันธุ์ยางในประเทศไทย

ตามปกติการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคำแนะนำพันธุ์ยางของประเทศไทย ได้กำหนดไว้ทุกๆ 4 ปี ทั้งนี้เพื่อพิจารณาพันธุ์ยางพันธุ์ใหม่ที่ผ่านการคัดเลือกตามขั้นตอนต่างๆ ใน

การปรับปรุงพันธุ์ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญบางประการมีแนวโน้มดีในอนาคต เช่น ผลผลิต การเติบโตและการต้านทานโรค เป็นต้น สำหรับคำแนะนำเกษตรกรใช้ปลูกสร้างสวนยางในพื้นที่ปลูกยางเขตต่างๆ ของประเทศต่อไป จากคำแนะนำพันธุ์ยางฉบับปี พ.ศ. 2542 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ได้แนะนำพันธุ์ยางสำหรับเกษตรกรในแหล่งปลูกยางเดิมทั้งในเขตภาคใต้และภาคตะวันออก จำนวน 3 ชั้น ดังนี้ (สถาบันวิจัยยาง, 2545, 2547, 2550)

พันธุ์ยางชั้นที่ 1 หมายถึง ยางพันธุ์ดีที่แนะนำให้เกษตรกรปลูกโดยไม่จำกัดพื้นที่ปลูก ยางพันธุ์ดีที่แนะนำในชั้นนี้อยู่ระหว่างการศึกษาลักษณะบางประการเพิ่มเติม มีจำนวนทั้งหมด 8 พันธุ์ อันได้แก่ พันธุ์ยางสงขลา 36, BPM 24, PB 260, PR 255, RRIC 110, PB 255, RRIM 600 และสถาบันวิจัยยาง 251

พันธุ์ยางชั้น 2 หมายถึง ยางพันธุ์ดีที่แนะนำให้เกษตรกรปลูกโดยจำกัดพื้นที่ปลูก ให้ปลูกได้ไม่เกินร้อยละ 30 ของพื้นที่ปลูกยางที่ถือครองแต่ละพันธุ์ควรปลูกไม่น้อยกว่า 7 ไร่ พันธุ์ยางที่แนะนำในชั้นนี้อยู่ระหว่าง การศึกษาลักษณะบางประการเพิ่มเติมมีจำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ BPM1, PB 235, RRIC 100, RRIC 101, สถาบันวิจัยยาง 250 และสถาบันวิจัยยาง 226

พันธุ์ยางชั้น 3 หมายถึง ยางพันธุ์ดีที่แนะนำให้เกษตรกรปลูกโดยจำกัดพื้นที่ปลูก ให้ปลูกได้ไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่ปลูกยางที่ถือครอง แต่ละพันธุ์ควรปลูกไม่น้อยกว่า 7 ไร่ พันธุ์ยางที่แนะนำในชั้นนี้ส่วนใหญ่อยู่ในระหว่างการทดลองและต้องศึกษาลักษณะต่างๆ เพิ่มเติม มีจำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ RRIC 121, PR 302, PR 305, สถาบันวิจัยยาง 163, สถาบันวิจัยยาง 209, สถาบันวิจัยยาง 214, สถาบันวิจัยยาง 218, สถาบันวิจัยยาง 225, และ Haiken-2

2.4.5 การเลือกพันธุ์ยาง

- เลือกพันธุ์ยางที่มีความต้านทานต่อโรคระบาดในท้องถิ่น
- เลือกพันธุ์ยางควรพิจารณาถึงลักษณะภูมิประเทศ เช่น พื้นที่ที่มีลมแรง
- เลือกพันธุ์ที่ต้านทานแรงลมได้ดี
- เลือกพันธุ์ยางให้เหมาะกับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน
- พันธุ์ยางที่ใช้ปลูกต้องเหมาะสมกับความลึกของหน้าดิน
- พันธุ์ยางที่ใช้ปลูกต้องเหมาะสมกับสภาพความลาดชันของพื้นที่
- พันธุ์ยางที่ใช้ปลูกต้องเหมาะสมกับระยะปลูก

2.4.6 การเตรียมพื้นที่ในการปลูกยางพารา

การเตรียมพื้นที่ในการปลูกยางพารา เกี่ยวข้องกับสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยาง และลักษณะดินที่เหมาะสม (กรมวิชาการเกษตร, 2545, 2549) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.6.1 สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยาง

2.4.6.1.1 เป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่ควรเกิน 600 เมตร

2.4.6.1.2 มีรากแก้วที่สมบูรณ์ มีรากเดียวไม่คดงอเปลือกหุ้มรากไม่เสียหายเป็นพื้นที่ราบหรือมีความลาดเอียงต่ำกว่า 35 องศา ถ้าความลาดเอียงเกิน 15 องศา ต้องทำขั้นบันได และปลูกพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการชะล้างหน้าดิน

2.4.6.1.3 ไม่เป็นแหล่งที่มีน้ำท่วมขัง

2.4.6.2 ลักษณะดินที่เหมาะสม

2.4.6.2.1 เป็นดินร่วนเหนียวถึงดินร่วนทราย

2.4.6.2.2 เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์

2.4.6.2.3 หน้าดินไม่น้อยกว่า 1 เมตรและไม่มีชั้นหินแข็งหรือดินดาน

2.4.6.2.4 ระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 เมตร

2.4.6.2.5 การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศดี

2.4.6.2.6 มีค่าความเป็นกรด ด่าง ที่เหมาะสมประมาณ 4.5 - 5.5

2.4.7 พื้นที่ปลูกยางของประเทศ

พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศ (ตารางที่ 2-3) กระจายอยู่ในภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางพื้นที่ของภาคเหนือจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 TM ปี 2546 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรร่วมกับสถาบันวิจัยยาง ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยาง 12,618,792 ไร่ กระจายอยู่ในภาคใต้ 10,621,131 ไร่ ภาคตะวันออกรวมภาคกลาง 1,388,979 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 590,313 ไร่ และภาคเหนือ 18,369 ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 1,754,996 ไร่ พื้นที่ปลูกยางทั้งหมดของประเทศเป็นพื้นที่กรีดยางได้แล้ว 10,010,885 ไร่ ให้ผลผลิตยาง 2.86 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 286 กิโลกรัม/ไร่/ปี ทั้งนี้ศักยภาพการผลิตยางของจังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตารางที่ 2-4) พบว่าที่อำเภอพระแสง มีศักยภาพการผลิตยางสูงสุดรวมทั้งอำเภอ คือ 384,343 กิโลกรัม/ไร่/ปี (สถาบันวิจัยยาง, 2547)

2.4.8 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับยางพารา

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับยางพารา (สถาบันวิจัยยาง, 2550) มีดังนี้คือ

2.4.8.1 ไนโตรเจน (nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นยางและผลผลิตยาง โดยทั่วไปดินปลูกยางของประเทศไทยมีระดับธาตุไนโตรเจนต่ำ การปลูกพืชคลุมดิน ตระกูลถั่วระหว่างแถวยางและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ต้นยางพาราในช่วงต้นยางอ่อน มีผลต่อการรักษาระดับธาตุไนโตรเจนในดินซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตยางพารา

2.4.8.2 ฟอสฟอรัส (phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญรองจากไนโตรเจน โดยทั่วไปดินปลูกยางพารามีธาตุฟอสฟอรัสในดินต่ำ ยางพาราต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม ถ้าใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากเกินไปจะทำให้น้ำยางลดลง

2.4.8.3 โพแทสเซียม (potassium)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักอีกธาตุหนึ่ง ซึ่งมักจะมีเพียงพอในดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูง แต่จะเกิดลักษณะขาดธาตุโพแทสเซียมในดินทราย ดินส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและดินบางส่วนในภาคตะวันออกและภาคใต้มีโพแทสเซียมในดินต่ำ สำหรับยางพาราต้องการธาตุโพแทสเซียมสูงเพื่อเพิ่มผลผลิตของยางพารา

2.4.8.4 แมกนีเซียม (magnesium)

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตยาง

2.4.9 การขยายพันธุ์ยาง

ยางพาราสามารถทำการขยายพันธุ์ได้หลายวิธี เช่น การขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด ใช้วิธีการติดตาเขียว ติดตาสีน้ำตาล เป็นต้น เฉพาะการขยายด้วยเมล็ด ปัจจุบันประเทศไทยเราไม่นิยมการขยายพันธุ์กันด้วยวิธีนี้ ทั้งนี้เพราะประเทศไทยไม่มีสวนเก็บเมล็ดโดยตรงประการหนึ่ง และอีกประการคือเมล็ดยางที่นำไปปลูกมีการกลายพันธุ์มาก แต่การใช้เมล็ดขยายพันธุ์มักจะนำไปใช้เพาะต้นกล้าเพื่อใช้ทำเป็นต้นตอสำหรับติดตาต่อไป (สถาบันวิจัยยาง, 2547)

ส่วนการขยายพันธุ์โดยวิธีการติดตา จะแบ่งออกเป็นการติดตาเขียว และการติดตาสีน้ำตาล แต่ส่วนใหญ่นิยมติดตาเขียวมากกว่าเพราะทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว มีเปอร์เซ็นต์การติดสูง

ตารางที่ 2-3 พื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2546 (สถาบันวิจัยยาง, 2547)

จังหวัด	พื้นที่ปลูกยาง (ไร่)	
	พื้นที่ปลูก	**พื้นที่กรีด**
1. กระบี่	586,302	480,358
2. ชุมพร	400,579	327,759
3. ตรัง	1,290,757	1,131,988
4. นครศรีธรรมราช	1,286,342	1,052,643
5. นราธิวาส	980,180	762,784
6. ปัตตานี	278,434	210,403
7. พังงา	639,345	559,651
8. พัทลุง	511,941	403,709
9. ภูเก็ต	109,965	98,354
10. ยะลา	1,021,284	755,012
11. ระนอง	106,693	88,970
12. สงขลา	1,387,861	1,141,730
13. สตูล	266,452	213,951
14. สุราษฎร์ธานี	1,754,996	1,436,362
รวมภาคใต้	**10,621,131**	**8,663,674**
15. ประจวบคีรีขันธ์	41,175	27,711
16. กาญจนบุรี	33,859	27,865
17. จันทบุรี	329,240	236,471
18. ฉะเชิงเทรา	76,929	28,251
19. ชลบุรี	135,133	111,065
20. ตราด	197,985	157,337
21. ปราจีนบุรี	2,551	1,091
22. ระยอง	560,402	402,587
23. ราชบุรี	1,635	1,030
24. สระแก้ว	10,070	9,766
รวมภาคตะวันออกและภาคกลาง	**1,388,979**	**1,003,174**

ตารางที่ 2-3 พื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2546 (สถาบันวิจัยยาง, 2547) (ต่อ)

จังหวัด	พื้นที่ปลูกยาง (ไร่)	
	พื้นที่ปลูก	**พื้นที่กรีด**
25. กาฬสินธุ์	20,193	12,614
26. ขอนแก่น	8,629	3,030
27. ชัยภูมิ	7,278	4,366
28. นครพนม	32,368	21,117
29. นครราชสีมา	4,978	2,903
30. บุรีรัมย์	75,967	34,404
31. มหาสารคาม	2,101	1,549
32. มุกดาหาร	27,070	11,158
33. ยโสธร	15,190	9,698
34. ร้อยเอ็ด	11,252	8,661
35. เลย	39,375	32,576
36. ศรีสะเกษ	40,950	28,043
37. สกลนคร	21,627	10,305
38. สุรินทร์	41,912	18,149
39. หนองคาย	142,905	74,973
40. หนองบัวลำภู	7,762	4,834
41. อำนาจเจริญ	5,096	1,384
42. อุดรธานี	53,034	35,844
43. อุบลราชธานี	32,626	18,126
รวมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	**590,313**	**333,734**
44. เชียงราย	910	910
45. เพชรบูรณ์	4,345	4,345
46. น่าน	1,020	426
47. พะเยา	606	606
48. พิษณุโลก	8,966	3,900
49. อุทัยธานี	2,522	116
รวมภาคเหนือ	**18,369**	**10,303**
รวมทั้งประเทศ	**12,618,792**	**10,010,885**

ตารางที่ 2-4 ศักยภาพการผลิตยางของจังหวัดสุราษฎร์ธานี (สถาบันวิจัยยาง, 2547)

อำเภอ	เนื้อที่ (ไร่) ของพื้นที่จำแนกตามศักยภาพการผลิตยาง (กก./ไร่/ปี)			
	สูงกว่า 400 กก.	250 – 400 กก.	200 – 250 กก.	รวมทั้งอำเภอ
เคียนซา	335,617	32,635	7,257	375,509
เมือง	41,887	63,409	6,180	111,476
เวียงสระ	103,135	3,342	4,666	111,143
ไชยา	174,820	47,157	209	222,186
กาญจนดิษฐ์	215,472	36,097	27,298	278,867
คีรีรัฐนิคม	139,771	102,349	22,735	264,855
ชัยบุรี	180,616	16,966	-	197,582
ดอนสัก	91,057	8,832	12,980	112,869
ท่าฉาง	168,616	33,020	2,530	204,166
ท่าชนะ	234,143	62,638	6,922	303,703
บ้านตาขุน	76,761	10,510	3,959	91,230
บ้านนาเดิม	86,476	2,192	4,569	93,237
บ้านนาสาร	183,290	2,221	11,010	196,521
พนม	196,425	8,940	5,779	211,144
พระแสง	361,429	18,283	4,631	384,343
พุนพิน	179,415	150,799	43,484	373,698
วิภาวดี (กิ่งอำเภอ)	60,756	20,684	-	81,440
รวมทั้งจังหวัด	**2,829,686**	**620,074**	**164,209**	**3,613,969**

มากกว่า 90% ซึ่งการขยายพันธุ์วิธีดังกล่าวมีวิธีการดำเนินงาน 3 ขั้นตอนคือ การสร้างแปลงกล้ายาง การสร้างแปลงกิ่งตาและวิธีการติดตาเขียว

การสร้างแปลงกล้ายางวัสดุที่จะใช้ปลูกทำแปลงกล้ายางอาจใช้วัสดุปลูกได้ 3 ชนิด คือ เมล็ดสด เมล็ดงอก และต้นกล้า 2 ใบ ในการเลือกใช้วัสดุปลูกทำแปลงกล้ายางนั้น การใช้เมล็ดสดจะดีที่สุด เนื่องจากต้นกล้ายางที่ได้โตเร็วและแข็งแรง มีระบบรากดีเป็นการประหยัดงานและเวลา ส่วนการปลูกด้วยต้นกล้า 2 ใบ นั้นปรากฏว่าต้นกล้าจะตายเป็นจำนวนมาก และมากกว่าปลูกด้วยเมล็ดถึง 2 เท่า ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน กล้ายาง 2 ใบจึงควรใช้กรณีที่หาเมล็ดไม่ได้เท่านั้น สำหรับรายละเอียดการขยายพันธุ์ยาง ประกอบด้วยเรื่องขั้นตอนและวิธีปฏิบัติในการสร้างแปลงและวิธีการ

ปลูกตลอดจนการดูแลรักษา การกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ยยางพารา วิธีการปฏิบัติการปลูกสร้างแปลง กิ่งตายาง วิธีการติดตาเขียว ตลอดจนการปลูกยาง (สถาบันวิจัยยาง, 2547; กรมวิชาการเกษตร, 2544)

2.4.9.1 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติในการสร้างแปลงและวิธีการปลูกตลอดจนการดูแลรักษา (สถาบันวิจัยยาง, 2547) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.4.9.1.1 การเลือกพื้นที่ ควรเลือกสภาพพื้นที่ราบ ดินร่วนมีความอุดมสมบูรณ์สูง มีการระบายน้ำดี อยู่ใกล้แหล่งน้ำและการคมนาคมสะดวก

2.4.9.1.2 การเตรียมดิน ควรไถพลิกดิน 2 ครั้ง หลังจากนั้นทำการไถพรวนอีก 1-2 ครั้ง แล้วแต่ความเหมาะสมเพื่อให้พื้นที่เรียบสม่ำเสมอ และในขณะเดียวกันควรเก็บเศษวัชพืชออกจากแปลงปลูกให้หมดในการไถพรวนครั้งสุดท้าย ควรหว่านปุ๋ยร๊อคฟอสเฟต 100 กิโลกรัม และแมกนีเซียมไลมัสโตน 40 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ไร่ ทั้งนี้เนื่องจากดินในประเทศไทย ถ้าปลูกกล้ายางหลายๆ ครั้งซ้ำกันในที่เดียวกัน กล้ายางมักจะแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม ส่วนแผ่นใบตรงกลางระหว่างเส้นใบจะมีสีซีดเหลืองหรือขาวโดยจะแสดงอาการหลังจากยางงอกแล้วประมาณ 2-3 เดือน ฉะนั้นการใส่แมกนีเซียมไลมัสโตนจึงมีความจำเป็นมาก โดยเฉพาะในแปลงเก่าที่เกิดอาการขาดธาตุแมกนีเซียมแล้วก่อนจะทำใหม่ต้องใส่แมกนีเซียมก่อนทุกครั้ง

2.4.9.1.3 การวางแผนผังแปลงกล้ายาง แปลงกล้ายางแต่ละแปลงย่อยไม่ควรมีพื้นที่เกิน 1 ไร่ หากเป็นการให้น้ำแบบระบบสปริงเกอร์ ควรจัดขนาดแปลงเข้ากับระบบน้ำและรอบแปลงควรวางแนวขุดคูระบายน้ำ และหากเป็นพื้นที่ลาด ควรวางแถวปลูกขวางแนวลาดชันและควรยกร่องปลูกเป็นแถวคู่ เพื่อป้องกันน้ำชะเมล็ด

2.4.9.2 วิธีการปลูก (ศุภมิตร ลิมปิไชย, 2547) มีอยู่ 3 วิธีคือ

2.4.9.2.1 การปลูกด้วยเมล็ดสด เริ่มตั้งแต่การวางแนวปลูกโดยการปักไม้ชะมบไว้ที่หัวและท้ายแปลง ระยะ 30×60 เซนติเมตร เป็นแนวยาวแล้วขึงเชือกระหว่างไม้ชะมบกับหัวท้ายแปลง ซึ่งจะเป็นแนวสำหรับเรียงเมล็ดสด จากนั้นใช้จอบลากเป็นร่องลึกประมาณ 5 เซนติเมตร ตามแนวเชือกแล้วนำเมล็ดสดวางเรียงจำนวนเมล็ดที่เรียงขึ้นอยู่กับความงอกของเมล็ด ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงให้เรียงเมล็ดห่างปกติในช่วงระยะ 1 เมตร จะวางเรียงประมาณ 18-24 เมล็ด ในการเรียงให้ด้านแบนของเมล็ดคว่ำลงแล้วกลบดิน ซึ่งจะใช้เมล็ดประมาณ 300 กิโลกรัม/ไร่

2.4.9.2.2 การปลูกด้วยเมล็ดงอก เริ่มตั้งแต่การเพาะเมล็ดยางในแปลงเพาะเมล็ด โดยยกร่องกว้าง 1 เมตร 20 เซนติเมตร ความยาวตามต้องการใช้ทรายหรือขี้เลื่อยเก่าๆ กลบบนแปลงเพาะแล้วเกลี่ยให้เรียบ รดน้ำให้ชุ่ม หลังจากนั้นอีก 1 อาทิตย์ก็จะงอก เก็บเมล็ดที่งอกไปปลูกได้ทุกวัน (ส่วนเมล็ดที่งอกหลังจาก 15 วัน คัดทิ้งหมด เพราะจะได้ต้นกล้ายางที่ไม่แข็งแรง) วิธีการปลูกโดยวางแนวปักไม้ชะมบที่หัวและท้ายแปลงที่ระยะ 30×60 เซนติเมตร แล้วขึงเชือกทำ

เครื่องหมายระยะต้นทุกระยะ 25 เซนติเมตร นำเมล็ดมาปลูกโดยใช้ไม้เสี้ยมปลายแหลมเจาะดินให้เป็นหลุมลึกประมาณ 3 เซนติเมตร ตรงตำแหน่งหลุมปลูก แล้ววางเมล็ดงอกให้ทางด้านแบนของเมล็ดคว่ำลง หรือทางปลายรากลงแล้วกลบดินพอมิด

2.4.9.2.3 การปลูกด้วยกล้ายาง 2 ใบ ขั้นตอนการปลูกโดยจัดวางแนวปักไม้ชะมบไว้ที่หัวแถวที่ระยะ 30×60 เซนติเมตร แล้วขึงเชือกซึ่งได้ทำเครื่องหมายระยะต้นไว้แล้วทุกระยะ 25 เซนติเมตร จากนั้นใช้ไม้เสี้ยมปลายแหลมหรือเหล็กปลายแหลมเจาะดินให้เป็นหลุมพอดีกับความยาวของรากนำต้นกล้ายาง 2 ใบ เลือกต้นที่แข็งแรงใบแก่และรากไม่คดงอ ตัดรากให้เหลือประมาณ 2 เซนติเมตร และตัดใบออกหมดเพื่อลดการคายน้ำหลังจากที่ปลูกแล้วต้องกดดินรอบโคนต้นให้แน่น

2.4.9.3 การกำจัดวัชพืช

ครั้งที่ 1 กำจัดวัชพืชก่อนงอก โดยทำการพ่นสารเคมีก่อนและหลังการปลูกโดยใช้ไลนูรอนอัตรา 250 กรัม/น้ำ 80 ลิตร หรือไดยูรอน อัตรา 120 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร/ไร่

ครั้งที่ 2 หลังปลูก 6-8 สัปดาห์ ถากวัชพืชออกให้หมด แล้วพ่นตามด้วยไดยูรอนอัตรา 120 กรัม/น้ำ 50 ลิตร/ไร่

ครั้งที่ 3 เมื่อต้นยางอายุ 4 เดือน ถากวัชพืชออกให้หมด แล้วพ่นตามด้วยไดยูรอนอัตรา 120 กรัม/น้ำ 50 ลิตร/ไร่

ครั้งที่ 4 ต้นฤดูฝนในระยะติดตาใช้พาราควัท อัตรา 6,000 กรัม/น้ำ 50-60 ลิตร/ไร่

2.4.9.4 การใส่ปุ๋ย เมื่อต้นกล้ายางตั้งตัวได้ ควรใส่ปุ๋ยเป็นระยะเพื่อให้ได้ต้นกล้ายางที่แข็งแรงและสมบูรณ์ติดตาได้เร็ว ปุ๋ยที่ใช้สำหรับต้นกล้ายางควรเป็นดังนี้ สำหรับดินร่วนปนทรายใช้ปุ๋ยสูตร 3 (16-8-14) สำหรับดินร่วนปนเหนียวใช้ปุ๋ยสูตร 1 (18-10-6) ระยะเวลาในการใส่โดยแบ่งใส่เป็น 4 ครั้ง คือ เมื่อต้นยางอายุ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน และก่อนติดตา 1 เดือน โดยใช้อัตรา 36 กิโลกรัม/ไร่ หรือประมาณ 15 กรัม/ช่วงระยะ 1 เมตร ในแถวคู่ สำหรับวิธีการใส่ การใส่ใน 2 ครั้งแรกโดยวิธีหว่านปุ๋ยเป็นแถบกว้างประมาณ 8 เซนติเมตร ในระหว่างแถวคู่ แล้วคราดกลบเพื่อให้ปุ๋ยคลุกเข้ากับดินและการใส่ในครั้งต่อไปควรใช้วิธีการหว่านให้ทั่วแปลงโดยระวังไม่ให้ถูกใบอ่อนต้นกล้ายาง

การสร้างแปลงกิ่งตา ปัจจุบันนิยมการทำแปลงผลิตกิ่งตาเขียวมากกว่าสีน้ำตาล เพราะประหยัดต้นทุนและทำได้สะดวกรวดเร็ว การเลี้ยงกิ่งตาสีเขียวจะใช้วิธีเลี้ยงกระโดงประมาณ 3-4 ฉัตร ตัดยอดกระโดงให้แตกกิ่งแขนงตาเขียวออกมาประมาณ 1 ฉัตร ก็สามารถตัดไปใช้ติดตาได้ ถ้ายังไม่ต้องการใช้ตาอาจจะปล่อยไว้เป็น 2 ฉัตรก็ได้ แต่ไม่ควรเกิน 3 ฉัตร เพราะจะทำให้

ลอกแผ่นตาได้ยาก อีกวิธีหนึ่งคือ การตัดกระโดงตาเขียวและเขียวปนน้ำตาลไปใช้ได้เลยแต่จะได้ตาน้อยจะต้องใช้เวลาเสียบกิ่งนานกว่า

ต้นกิ่งตาที่สมบูรณ์ตั้งแต่ปีที่ 4 ขึ้นไป จะเลี้ยงได้ 4 กระโดงๆ ละ 4-5 กิ่ง และจะได้กิ่งตาเขียวต้นละ 16-20 กิ่ง สามารถเลี้ยงได้ 3 รอบต่อไป ปีหนึ่งๆ จะได้กิ่งตาเขียวประมาณ 48-60 กิ่งต่อต้นและในกิ่งตาเขียวที่ยาวประมาณ 1 ฟุต ท่อนหนึ่งๆ จะได้ตาประมาณ 2-3 ตา

2.4.9.5 วิธีการปฏิบัติการปลูกสร้างแปลงกิ่งตายางควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

2.4.9.5.1 การเลือกพื้นที่ ควรเป็นพื้นที่ราบ ดินร่วนมีความอุดมสมบูรณ์ดี ระบายน้ำได้ดีอยู่ใกล้แหล่งน้ำและไม่มีไม้ยืนต้นอื่นปะปน

2.4.9.5.2 การเตรียมพื้นที่ปลูก พื้นที่ปลูกจะต้องทำการไถพรวน และใส่ปุ๋ยโดยจะปฏิบัติเช่นเดียวกับการเตรียมพื้นที่ทำแปลงเพาะกล้ายาง จากนั้นวางผังแปลงโดยกำหนดพันธุ์ยางที่จะปลูกปริมาณของแต่ละพันธุ์ โดยแบ่งแปลงกิ่งตาออกเป็นแปลงย่อย เว้นระยะห่างให้เห็นชัดเจน เช่น ระยะปลูกในแต่ละแปลง 1×2 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงควรเป็น3 เมตร เป็นต้น

2.4.9.5.3 ระยะปลูก การปลูกสร้างแปลงกิ่งตายางเพื่อผลิตกิ่งตาเขียวใช้ระยะปลูกดังนี้ 1 × 2 เมตร = 800 ต้นต่อไร่, 1.25 × 1.50 เมตร = 853 ต้นต่อไร่, 1.50 ×1.50 เมตร = 711 ต้นต่อไร่, 1.25×1.25 เมตร = 1,024 ต้นต่อไร่ ระยะปลูกที่นิยมกันมากคือ 1×2 เมตร เพราะได้กิ่งตาที่สมบูรณ์และสะดวกในการปฏิบัติดูแลรักษา ส่วนระยะ 1.25×1.25 เมตร เคยนิยมกันปัจจุบันเลิกไป เพราะการเลี้ยงกิ่งตาเขียวจะเบียดกันแน่นมากเมื่อกิ่งตาเขียวได้ 2 ฉัตรขึ้นไป กิ่งตาที่อยู่ด้านล่างจะลอกไม่ค่อยออก ส่วนการผลิตกิ่งตาสีน้ำตาลหรือกิ่งกระโดงเขียวปนน้ำตาลใช้ระยะปลูก 1×1 เมตร 1,600 ต้น/ไร่ สำหรับการปลูกหลังจากปักไม้ชะมบกำหนดระยะปลูกแล้วก็จะขุดหลุมข้างไม้ชะมบด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อปลูกจะได้ต้นยางเป็นแถวเดียวกัน ซึ่งมีวิธีการปลูกอยู่ 3 วิธีคือ ปลูกเมล็ดในหลุมแล้วติดตาในแปลง ปลูกด้วยต้นตอตายางและปลูกด้วยต้นยางชำถุง

2.4.9.5.4 การดูแลรักษา การใส่ปุ๋ยในช่วงแรกจะใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต 25 เปอร์เซ็นต์ 25 กรัมต่อหลุมผสมกับดินใส่รองก้นหลุม ส่วนการใส่ปุ๋ยในแปลงกิ่งตาควรใช้ปุ๋ยยางอ่อนสูตร 1 สำหรับดินเหนียว หรือสูตร 3 สำหรับดินร่วนหรืออาจใช้ปุ๋ย 15-15-6-4 หรือ 15-15-15 แทน แบ่งใส่ 4 ครั้งต่อปี ครั้งละ 36 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีหว่านรอบโคนต้น

2.4.9.5.5 การตัดแต่งเพื่อเลี้ยงกิ่งตายาง หลังจากปลูกจนต้นยางสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร หรือต้นมีเปลือกสีน้ำตาล หรือมีอายุประมาณ 1 ปี จะตัดกิ่งตาทั้งกระโดงไปใช้ได้เลย แต่ถ้าจะเลี้ยงเป็นกิ่งตาเขียว ให้ตัดยอดฉัตรบนสุดทิ้ง (ตัดเลี้ยงครั้งที่ 1) จากนั้นปล่อยให้แตกกิ่งแขนงออกมาบริเวณฉัตรยอดเลี้ยงไว้ 3-4 กิ่ง เมื่อฉัตรแก่แล้วก็ตัดไปใช้ได้พร้อมกันนี้ก็ทำการตัดเลี้ยงครั้งที่ 2 ในปีหนึ่งๆ จะตัดเลี้ยงกิ่งตาได้ 3 ครั้ง เมื่อหมดฤดูกาลติดตาแล้วจะตัดต้นล้าง

แปลง โดยให้เหลือกระโดง 1-2 กระโดง สูงจากพื้นดิน 75 เซนติเมตร เพื่อเลี้ยงกิ่งกระโดงไว้ผลิตกิ่งตาเขียวในปีที่ 2 เมื่อเลี้ยงกิ่งกระโดงได้ 3-4 ฉัตร ก็ทำเหมือนกับปีที่ 1 อีก และเมื่อเข้าปีที่ 3 ต้นกิ่งตาจะเลี้ยงกิ่งกระโดงและในปีที่ 4 เลี้ยงได้ถึง 4 กระโดง

2.4.9.6 วิธีการติดตาเขียว การติดตาเขียวจะได้ผลสำเร็จสูงหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่

2.4.9.6.1 ต้นกล้ายางต้องสมบูรณ์แข็งแรง อายุประมาณ 4 1/2-8 เดือน ขนาดของลำต้นต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร วัดที่ระดับสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร มีลำต้นตั้งตรง โคนรากไม่คดงอและลอกเปลือกได้ง่าย

2.4.9.6.2 กิ่งตาเขียวได้จากแปลงกิ่งตายาง ซึ่งได้รับการตรวจสอบแล้วว่าเป็นพันธุ์ยางที่ถูกต้อง กิ่งตาเขียวที่สมบูรณ์มีอายุ 42-49 วัน ลอกเปลือกง่ายไม่เปราะหรือมีเสี้ยนติดเนื้อไม้

2.4.9.6.3 ความชำนาญ วิธีการติดตาเขียวฝึกได้ง่ายผู้ที่มีความชำนาญแล้วจะได้รับผลสำเร็จสูงกว่าร้อยละ 90 แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย โดยทั่วไปผู้ที่มีความชำนาญจะสามารถติดได้ประมาณ 300 ต้น/วัน

2.4.9.6.4 ฤดูกาล ควรเป็นต้นฤดูฝนไปจนถึงกลางฤดูฝน ส่วนปลายฤดูฝนไม่ควรติดตา เพราะเมื่อตัดต้นให้ตาแตกจะเริ่มเข้าฤดูแล้งซึ่งจะทำให้ต้นยางตายได้ แต่หากติดตาแล้วถอนนำไปชำถุงพลาสติกก็สามารถทำได้และในแปลงกล้ายางที่สามารถให้น้ำได้ตลอดก็จะสามารถติดตาได้ตลอดทั้งปี

2.4.9.6.5 วัสดุอุปกรณ์

- กรรไกรตัดกิ่งตา
- ถุงพลาสติกใส่กิ่งตา
- แถบพลาสติกใสขนาดกว้าง 5/8 นิ้ว หนา 0.05 มม.
- หินลับมีด
- เศษผ้าสำหรับเช็ดต้นยาง

2.4.9.7 วิธีปฏิบัติ

2.4.9.7.1 เลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรง ทำความสะอาดโคนต้นกล้าด้วยเศษผ้าเช็ดสิ่งสกปรกและทรายออก

2.4.9.7.2 เปิดรอยกรีดโดยใช้ปลายมีดกรีดตามความยาวลำต้น 2 รอย ขนาดยาว 7-8 เซนติเมตร ห่างกันประมาณ 1 เซนติเมตร ให้ส่วนล่างของรอยกรีดสูงจากพื้นดินประมาณ

1-2 เซนติเมตร ใช้มีดตัดขวางรอยกรีดด้านบนให้เชื่อมกันแล้วใช้ปลายมีดหรือด้ามงาบแคะเปลือกตรงมุมแล้วลอกเปลือกลงข้างล่างจนสุด ตัดเปลือกที่ดึงออกให้เหลือลิ้นสั้นๆ ประมาณ 1-1 1/2 เซนติเมตร

2.4.9.7.3 เตรียมแผ่นตาจากกิ่งตาเขียวโดยใช้มีดคม ค่อยๆ เฉือนออก เริ่มจากด้านปลายไปหาโคนให้ติดเนื้อไม้บางๆ สม่ำเสมอตลอดแนวยาวประมาณ 8-9 เซนติเมตร ให้มีตาอยู่ตรงกลางแผ่น ความกว้างของแผ่นตาประมาณให้พอดีกับความกว้างของรอยแผลเปิดเปลือกบนต้นกล้า การเฉือนแผ่นตาหนาเกินไปจะลอกยาก เนื่องจากแผ่นตาเขียวช้ำได้ง่าย ฉะนั้นก่อนเฉือนแผ่นตาต้องแน่ใจว่ามีดคมและสะอาดพอ

2.4.9.7.4 แต่งแผ่นตาทั้ง 2 ข้างบางๆ พอให้แผ่นตาเข้ากับรอยเปิดกรีดบนต้นตอได้แล้วตัดปลายด้านล่างออก

2.4.9.7.5 ลอกแผ่นตาออกจากเนื้อไม้ โดยใช้นิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือทั้ง 2 ข้างจับปลายด้านบนของแผ่นตาใช้นิ้วกลางประคองแผ่นตาส่วนล่างแล้วค่อยๆ ลอกเนื้อไม้ออกจากเปลือกแผ่นตาพยายามอย่าให้ส่วนที่เป็นเปลือกโค้งงอหรืออีกวิธีหนึ่งการลอกด้วยปากโดยใช้มือข้างหนึ่งจับแผ่นตาไว้ แล้วหันด้านปลายแผ่นตาที่ยังไม่ตัดเข้าหาปากใช้ฟันยึดส่วนที่เป็นเนื้อไม้แล้วใช้หัวแม่มือกับนิ้วชี้ของอีกมือหนึ่งจับเปลือกด้านล่างไว้แล้วค่อยๆ ลอกเนื้อไม้ออกจากเปลือกแผ่นตา พยายามไม่ให้เปลือกโค้งงอเช่นกัน ตรวจดูแผ่นตาที่ลอกเสร็จ ถ้าแผ่นตาช้ำหรือจุดเยื่อเจริญหลุดหรือแหว่งไม่สมบูรณ์ให้ทิ้งไป ใช้เฉพาะแผ่นตาที่สมบูรณ์เท่านั้น

2.4.9.7.6 รีบสอดแผ่นตาที่ลอกเนื้อไม้ออกแล้วนี้ใส่ลงในลิ้นเปลือกต้นตอเบาๆ ขณะที่ใส่อย่าให้แผ่นตาถูกกับเนื้อไม้ เพราะจะทำให้แผ่นตาและเยื่อช้ำได้ ตัดส่วนของแผ่นตาที่เกินอยู่ข้างบนทิ้งไปหรือทิ้งไว้ตัดขณะที่พันผ้าพลาสติกก็ได้

2.4.9.7.7 พันด้วยแผ่นพลาสติกใส โดยมีขนาดความยาวประมาณ 30 เซนติเมตรจากด้านล่างขึ้นข้างบนให้แผ่นตาแนบกับแผลรอยเปิดของต้นกล้าให้ขอบพลาสติกทับกันสูงขึ้นไปเหนือรอยติดตา 2-3 รอบ ผูกพลาสติกให้แน่นโดยสอดปลายเข้าไปในพลาสติกรอบสุดท้ายแล้วดึงให้แน่น

2.4.9.7.8 ตรวจสอบความสำเร็จเรียบร้อยพร้อมทั้งปักป้ายแสดงวันที่ติด ชื่อพันธุ์ยางและจำนวนต้นไว้ หลังจากนั้นอีก 21 วันให้ตรวจดู โดยหากแผ่นตายังเขียวอยู่ แสดงว่าการติดตาประสบผลสำเร็จให้ใช้มีดกรีดพลาสติกด้านตรงข้ามเพื่อให้พลาสติกหลุดออกจากแผ่นตา แต่ถ้าแผ่นตาเปลี่ยนเป็นสีดำหรือสีน้ำตาลแสดงว่าติดตาไม่สำเร็จให้ใช้มีดกรดพลาสติกด้านหลังออกเพื่อทำการติดตาซ้ำหลังจากตรวจผลสำเร็จและเอาพลาสติกออกแล้วปล่อยให้ต้นที่ติดตาอยู่ในแปลงไม่น้อยกว่า 1 อาทิตย์ก่อนที่จะถอนไปปลูกหรือตัดต้นเดิมทิ้ง

2.4.9.8 ข้อคำนึงในการติดตา

- ไม่ควรติดตาในเวลาที่มีอากาศร้อนจัด
- การนำกิ่งตาไปติดในแต่ละครั้งไม่ควรเกินกว่า 30 กิ่ง
- เลือกติดตาเฉพาะต้นตอที่สมบูรณ์
- มีดติดตาจะต้องคมอยู่เสมอ
- อย่าให้แผ่นตาช้ำหรือปล่อยให้น้ำเลี้ยงแห้ง
- พันแผ่นตาให้แน่นอย่าให้น้ำเข้าได้

2.4.9.9 การปลูกยาง

วัสดุที่จะใช้สำหรับปลูกยางมีหลายชนิดที่ใช้ได้ผลดีและนิยมนำมาปฏิบัติกันได้แก่ วิธีปลูกด้วยเมล็ดแล้วติดตาในแปลง การปลูกด้วยต้นตอตาและการปลูกด้วยต้นยางชำถุง ซึ่งการจะใช้วิธีการใดในการปลูกนั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยต่างๆ เช่น ความสะดวก การเติบโต ความแข็งแรงของต้นยางและเงินทุน เป็นต้น

2.4.9.9.1 การปลูกด้วยเมล็ดแล้วติดตาในแปลง การปลูกสร้างสวนยางโดยวิธีนี้จะได้ต้นยางที่ปลูกมีระบบรากที่แข็งแรงดี เจริญเติบโตสม่ำเสมอ ข้อดีของต้นยางที่ติดตาแล้วยังเหลือพอที่จะใช้ปลูกซ่อมหรืออาจจำหน่ายให้เจ้าของสวนอื่นได้อีก การปลูกแบบดังกล่าวมีวิธีการ คือ

- การเตรียมพื้นที่ โดยการไถพลิกดิน เก็บเศษวัชพืชออกให้หมดจากแปลงจากนั้นไถพรวนซ้ำ เพื่อให้ดินร่วนและทำการปักไม้ชะมบตามระยะปลูกที่กำหนด
- หลุมปลูก ขนาดของหลุมปลูกที่ใช้กว้าง ยาว และลึกเท่ากับ 50×50×50 เซนติเมตร ตากแดดทิ้งไว้ 10-15 วัน ย่อยดินชั้นบนผสมปุ๋ยหินร๊อคฟอสเฟตในอัตรา 170 กรัมต่อหลุมคลุกเคล้าลงไปในหลุม
- นำเมล็ดลงปลูก หากเป็นเมล็ดสดให้นำลงปลูกในหลุมที่เตรียมไว้หลุมละ 3 เมล็ด ระยะห่างระหว่างเมล็ด 25 เซนติเมตร การวางเมล็ดควรวางให้ด้านแบนของเมล็ดคว่ำลง หรือถ้าปลูกด้วยเมล็ดงอกก็ให้ด้านรากของเมล็ดคว่ำลง ลึกจากผิวดินประมาณ 3 เซนติเมตร
- ทำการติดตา เมื่อต้นกล้ายางมีอายุได้ 7-8 เดือนหรือมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 1-1 1/2 เซนติเมตร ก็จะทำการติดตา ตรงตำแหน่งที่ระดับสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร หลังจากนั้น 21 วัน หากการติดตาสำเร็จมากกว่า 1 ต้นให้เลือกตัดยอดต้นที่สมบูรณ์ที่สุดในระดับสูง 10-15 เซนติเมตร เอียง 45 องศา ทางด้านตรงข้ามกับแผ่นตา จากนั้นอีก 1 เดือน ถ้าหากตาของต้นที่ตัดยังไม่แตกก็พิจารณาติดต้นอื่นต่อไป

- การดูแลรักษา ก่อนทำการติดตาต้องทำการกำจัดวัชพืช พร้อมกับการใส่ปุ๋ยก่อนทุกครั้ง สูตร 1 หรือ 3 ในอัตรา 15 กรัม/ต้น หลังจากปลูกเดือนที่ 1, 2, 3 และก่อนติดตา 1 เดือน จากนั้นหลังการติดต้นเดิมไปแล้วก็จะใส่ปุ๋ยสูตร 1 (18-10-6) หรือสูตร 3 (16-18-14) สูตรใดสูตรหนึ่งตามตารางที่ 2-5, 2-6

2.4.9.9.2 การปลูกด้วยต้นตอตา ต้นตอตาก็คือ ต้นกล้ายางที่ติดตาด้วยยางพันธุ์ดีไว้เรียบร้อยแล้วแต่ตายังไม่แตกออกมา คงเห็นมีแผ่นตาและตาเป็นตุ่มติดอยู่เท่านั้น การปลูกโดยใช้ต้นตอตานี้ปัจจุบันนิยมมากที่สุด เพราะง่ายต่อการปฏิบัติและต้นยางเจริญเติบโตดี

ตารางที่ 2-5 อัตราการใส่ปุ๋ยของต้นติดตา (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2547)

อายุต้นติดตาหลังต้นเดิม (เดือน)	จำนวนปุ๋ยที่ใช้ (กรัม/ต้น)
2	60
5	60
8	90
12	120
15	120
18	120
24	190
30	190
36	190
42	190
48	400
54	400
รวม	**2,130**

ลักษณะของต้นตอยางที่ดีต้องมีส่วนของรากแก้วที่สมบูรณ์ ไม่คดงอ เมื่อความยาววัดจากโคนคอดินไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร ลำต้นตรงมีเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณที่ติดตาไม่น้อยกว่า 1 และไม่ควรโตกว่า 1.5 เซนติเมตร ระยะจากตาถึงโคนคอดินต้องไม่เกิน 8 เซนติเมตร และจากตาถึงรอยตัดไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตรเช่นกัน ขนาดของแผ่นตากว้างไม่เกิน 1.2 เซนติเมตรและยาวไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ส่วนรอยตัดเหนือแผ่นตาต้องให้ลาดเอียง 45 องศา ไปทางด้านตรงข้ามกับแผ่นตา สำหรับข้อที่ควรระวังในการปลูกด้วยต้นตอตาขณะปลูกควรให้แผ่นตาอยู่ในแนวทิศเหนือใต้ เพื่อไม่ให้แผ่นตาถูกแสงแดดมากเกินไป การปลูกต้องอัดดินให้แน่นที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้รากสัมผัสดินมากที่สุด มีขั้นตอนและวิธีปฏิบัติดังนี้

- การเตรียมพื้นที่ ไถพลิกดิน 2 ครั้ง เก็บเศษไม้และวัชพืชออกให้หมด แล้วไถพรวนซ้ำ เพื่อให้ดินร่วนซุยจากนั้นปักไม้ชะมบตามระยะปลูกที่กำหนด

- ขุดหลุมปลูกขนาด 50×50×50 เซนติเมตร ตากหลุมไว้ประมาณ 10-15 วัน ย่อยดินทุกชั้นผสมปุ๋ยหินฟอสเฟตอัตรา 170 กรัม/หลุมใส่ลงไปในหลุม (สถาบันวิจัยยาง, 2547)

- ใช้เหล็กหรือไม้ปลายแหลมแทงลงไปบนหลุม ขนาดเกือบเท่าความยาวของรากแก้ว นำต้นตอตาลงปลูกให้แผ่นตาอยู่ในแนวเหนือหรือใต้ อัดดินให้แน่นเท่าที่จะทำได้แล้วกลบดินให้แนวระดับดินอยู่ตรงส่วนรอยต่อของรากกับลำต้น และหลังปลูกเสร็จควรพูนดินบริเวณโคนต้นให้สูงขึ้นเล็กน้อย เพื่อป้องกันน้ำขัง คลุมโคนต้นด้วยเศษฟางข้าวหรือวัสดุอื่นๆ ที่พอหาได้ ในกรณีที่ฝนไม่ตกติดต่อกันหลายวันหลังจากปลูกควรใช้น้ำช่วยด้วย อัตราประมาณ 5 ลิตร/ต้น ตามความเหมาะสม การดูแลรักษาด้านอื่นๆ เช่น การใส่ปุ๋ยกำหนดสูตรปุ๋ยคือ ปุ๋ยสูตร 1= 18-10-16, ปุ๋ยสูตร 2=18-4-5 ปุ๋ยสูตร 3=16-8-14 และปุ๋ยสูตร 4=14-4-9 ตามอัตราที่จะแสดงไว้ในตาราง 2-6

2.4.10.9.3 การปลูกด้วยต้นยางชำถุง เป็นวิธีปลูกยางที่ประสบผลสำเร็จสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ต้นยางเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ลดช่วงระยะดูแลรักษาต้นยางอ่อนให้สั้นลงสามารถกรีดยางได้เร็วกว่าการปลูกด้วยต้นตอตาหรือติดตาในแปลง การนำต้นยางชำถุงมีอยู่ 2 วิธีคือ การใช้วิธีติดตาในถุง ทำโดยการปลูกต้นกล้ายางในถุงขนาด 8×10 นิ้ว เมื่อต้นกล้าอายุ 4-8 เดือน ก็ทำการติดตา อีกวิธีหนึ่งคือ การใช้ต้นตอตาเขียวมาปลูกในถุงขนาด 5×16 นิ้วและ 4×15 นิ้ว ทั้ง 2 วิธีจะมีข้อที่แตกต่างกัน คือ การชำถุงด้วยต้นตอตาเขียวจะใช้เวลาในการแตกฉัตรที่ 1, 2 นานกว่าวิธีการติดตาในถุง นั่นคือการปลูกด้วยต้นตอตาเขียวจะใช้เวลาเติบโต 7 1/2-10 สัปดาห์ แต่การติดตาในถุงจะใช้เวลา 6-7 1/2 สัปดาห์เท่านั้น แต่ความเสียหายเมื่อย้ายไปปลูกต้นยางชำถุงที่ปลูกด้วยวิธีติดตาในถุงจะเสียหายสูงกว่าการชำถุงด้วยต้นตอตาเขียว 5-6 เท่าตัว สำหรับวิธีการปลูกด้วยต้นยางชำถุงจะมีขั้นตอนและวิธีปฏิบัติดังนี้

เตรียมต้นยางชำถุงโดยใช้ต้นตอตาเขียว เริ่มตั้งแต่การนำดินกรอกใส่ถุงขนาด 4×15 นิ้ว ใช้ดินร่วนผสมปุ๋ยหินฟอสเฟตอัตรา 7-10 กรัม/ถุง แล้วนำอัดใส่ถุงให้แน่น ใช้ไม้ปลายแหลมปักลงกลางถุงให้เป็นรู ใช้ต้นตอตาปลูกให้ตาอยู่สูงจากดินในถุงประมาณ 2 นิ้ว อัดดินให้แน่นยกนำไปเรียงไว้ในที่ร่มรำไรระยะแถวกว้าง 10 ถุง และเมื่อตาแตกออก จึงจัดขยายเป็น 4 ถุงต่อความกว้างของแถง การบำรุงรักษาหลังตางอกแล้ว 2-3 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยสูตร 1 และครั้งต่อไปทุก 2-4 สัปดาห์ ในอัตรา 5 กรัม/ถุง จนกว่าต้นตาโต 1-2 ฉัตร มีใบแก่เต็มที่ (สังเกตยอดของฉัตรเริ่มผลิตยอดอ่อนเป็นปุ่มขึ้นมา) ก็พร้อมที่จะย้ายนำไปปลูกในแปลงได้

ตารางที่ 2-6 อัตราการใส่ปุ๋ยตามสูตรปุ๋ย (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2547)

อายุต้นยางหลังจากปลูก	ปุ๋ยสำหรับยางก่อนเปิดกรีด		ปริมาณปุ๋ยที่ใช้
(เดือน)	ดินร่วน	ดินทราย	(กรัม/ต้น)
2	ปุ๋ยสูตร 1	ปุ๋ยสูตร 3	60
5	”	”	60
8	”	”	90
12	”	”	120
15	”	”	120
18	”	”	120
24	”	”	190
30	”	”	190
36	”	”	190
42	ปุ๋ยสูตร 2	ปุ๋ยสูตร 4	190
48	”	”	400
54	”	”	400
60	”	”	400
66	”	”	400

การปลูก เริ่มตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ การเตรียมหลุมปลูก ซึ่งจะเหมือนกันกับการปลูกด้วยต้นตอตา ส่วนวิธีการปลูกใช้มีดคมๆ กรีดเอาก้นถุงออก กรณีที่มีรากม้วนอยู่ก้นถุงให้ตัดออกด้วย นำถุงหย่อนลงไปในหลุม แล้วใช้มีดกรีดถุงอีกครั้งจากก้นจนถึงปากถุงทั้ง 2 ข้าง นำดินกลบพอหลวมแล้วดึงเอาถุงพลาสติกออก กลบดินเพิ่มและกดให้แน่นจนได้ระดับบริเวณโคนต้นสูงระดับเดียวกับที่ปลูกในถุง ส่วนการดูแลรักษาโดยเฉพาะการใส่ปุ๋ย ชนิดของปุ๋ยและปริมาณที่ใส่ก็จะกระทำเหมือนกันกับการปลูกด้วยต้นตอตา ซึ่งได้แสดงเอาไว้แล้วในตารางที่ 2-5, 2-6

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศึกษาการเติบโตของต้นยางชำถุง ด้วยของเหลือทิ้งประเภทสารอินทรีย์ 2 ชนิด คือ กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรและกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้น มาใช้ทดแทนปุ๋ย (ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) เพื่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุงตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร

3.1 สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย

3.1.1 ภาคสนาม

พื้นที่สวนยางพารา ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราในเขตปลูกยางเดิม

3.1.2 ห้องปฏิบัติการ

การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมีและทางกายภาพของดิน กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ได้ดำเนินการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี และห้องปฏิบัติการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในภาคสนาม ได้แก่

3.2.1.1 กากตะกอนน้ำเสียจากบริษัทสุราษฎร์ซีฟู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.2.1.2 กากขี้แป้งจากบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.2.1.3 ต้นตอตายาง พันธุ์ RRIM 600

3.2.1.4 ตายางพันธุ์ RRIM 600 จากแปลงกิ่งตายางซึ่งได้มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร นำมาติดตาต้นกล้าด้วยวิธีติดตาเขียว

3.2.1.5 ปุ๋ย ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี (20-8-20) และปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0)

3.2.1.6 ถุงพลาสติกสีดำ ขนาด 11.5×35 เซนติเมตร สำหรับทำถุงเพาะชำ

3.2.1.7 วัสดุและอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างในภาคสนาม ได้แก่ ถังน้ำ ถุงพลาสติก ยางรัด เสียม พลั่ว จอบ เป็นต้น

3.2.1.8 วัสดุและอุปกรณ์อื่นๆ

วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างโรงเรือนเพาะชำ ได้แก่ ไม้ไผ่ ตาข่ายพรางแสง ค้อน ตะปู ไม้เมตร ไม้บรรทัด สายวัด เชือกฟาง วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการวัดการเติบโตของต้นยางชำถุง ได้แก่ เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ตลับเมตร วัสดุและอุปกรณ์ในการเตรียมวัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ ตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร รถเข็น ท่อปูนซีเมนต์ ผ้าใบพลาสติก ถ้วยตวง และเครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

3.2.2.1 ภาชนะใส่ตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติก ขวดแก้ว และขวดพลาสติก สำหรับใส่ตัวอย่างที่เป็นของเหลว

3.2.2.2 เครื่องมือสำหรับการเตรียมและการวิเคราะห์ตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด (analytical balance) เครื่องเขย่า (shaker) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) เครื่องกลั่นไนโตรเจน เครื่องย่อยตัวอย่าง เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เตาแผ่นความร้อน (hot plate) เตาอบ (oven) และเตาเผา (muffle furnace)

3.2.2.3 เครื่องแก้วชนิดต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปิเปต บิวเรต บีกเกอร์ กระบอกตวง ขวดปรับปริมาตร ขวดลูกชมพู่ แท่งแก้ว กรวย และกระจกนาฬิกา

3.3 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

3.3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.3.1.1 รวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เช่น ข้อมูลเบื้องต้นของยางพารา การผลิตยางชำถุงตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ย ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ดินสำหรับการปลูกยางพารา และการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้ง (กากตะกอนน้ำเสีย และกากขี้แป้ง)

3.3.1.2 สำรวจภาคสนามและกำหนดพื้นที่ศึกษาวิจัย

สำรวจภาคสนามบริเวณพื้นที่สวนยาง อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นอำเภอที่มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดของประเทศไทย และกำหนดพื้นที่ศึกษาวิจัยคือ พื้นที่สวนยาง ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นเขตปลูกยางเดิม ลักษณะดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายเหมาะสำหรับการปลูกยางพารา

3.3.2 การวางแผนการศึกษาวิจัย

วางแผนการศึกษาวิจัยแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 5 ซ้ำ (replication) มี 8 ตำรับทดลอง (ตารางที่ 3-1) จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมดมี 40 หน่วยทดลอง ซึ่งหนึ่งหน่วยทดลองคือ ถุงเพาะชำขนาด 11.5 × 35 เซนติเมตร

3.3.3 การเตรียมการศึกษาวิจัย

3.3.3.1 การเตรียมตัวอย่างดิน กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยหินฟอสเฟต

3.3.3.1.1 สุ่มเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่สวนยาง ผึ่งลม ทุบร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

3.3.3.1.2 นำกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ผึ่งแดดจัดอย่างน้อย 7 วัน ทุบร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

3.3.3.1.3 ชั่งปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ และปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

3.3.3.1.4 สำรวจแหล่งน้ำสำหรับใช้รดต้นยางชำถุง และตัดสินใจใช้น้ำจากบ่อน้ำตื้นบริเวณสวนยาง

3.3.4 การดำเนินการศึกษาวิจัย

3.3.4.1 สุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง และน้ำจากบ่อน้ำตื้น ตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3-2

3.3.4.2 คลุกเคล้าดินกับวัสดุปรับปรุงดิน (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหินฟอสเฟต) ในอัตราส่วน 3: 1 โดยปริมาตร และใช้วัสดุปรับปรุงดินตามตำรับทดลองที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3-1 จากนั้นจึงบรรจุลงในถุงเพาะชำ

3.3.4.3 นำต้นกล้ายางที่ติดตาเขียว พันธุ์ RRIM 600 ไปปักชำในถุงเพาะชำในข้อ 3.3.4.2

3.3.4.4 บำรุงดูแลรักษา รดน้ำและกำจัดวัชพืชตลอดระยะเวลา 90 วัน

3.3.4.5 การวัดการเติบโตของต้นยางชำถุง

3.3.4.5.1 วัดความสูงทุกเดือน โดยใช้ตลับเมตร

3.3.4.5.2 วัดเส้นผ่านศูนย์กลางทุกเดือน โดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์

3.3.4.5.3 วัดรัศมีเรือนยอดเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน โดยใช้ตลับเมตร

3.3.4.5.4 ชั่งน้ำหนักราก เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน โดยเครื่องชั่งน้ำหนัก

3.3.4.5.5 การเก็บตัวอย่าง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน

3.3.4.5.6 เก็บตัวอย่างดินเพาะชำยางชำถุง และนำไปผึ่งลม ทุบ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วจึงทำการวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3-2

3.3.4.5.7 เก็บตัวอย่างราก โดยล้างรากและนำรากไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้งของราก

ตารางที่ 3-1 ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัยการเพาะชำยางชำถุง

ตำรับที่	ตำรับทดลองการเพาะชำยางชำถุง พันธุ์ RRIM 600
1	ดินเดิม
2	ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20)
3	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)
4	ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)
5	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)
6	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20)
7	ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20)
8	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20)

หมายเหตุ: ตำรับทดลองที่ 2 เป็นวิธีการเพาะชำยางชำถุงของเกษตรกรโดยทั่วไป
ถุงเพาะชำ หมายถึง ถุงเพาะชำขนาด 11.5 × 35 ซม.
ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตราเติม 10 กรัม/ถุงเพาะชำ
ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตราเติม 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

3.3.5 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตัวอย่างดิน กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งทั้งก่อนและหลังใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน รวมทั้งน้ำจากบ่อน้ำตื้นที่ใช้สำหรับรดต้นยางชำถุง ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ดิน และน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	กากตะกอนน้ำเสีย	กากขี้แป้ง	ดิน	น้ำ
pH	pH meter	+	+	+	+
อินทรียวัตถุ	Walkley and Black	+	+	+	-
คาร์บอน (C)		+	+	+	-
C.E.C.	Titrimetric method (AOAC)	-	-	+	-
ไนโตรเจน (N)	Macro-Kjeldahl Method (ปริมาณทั้งหมด)	+	+	+	-
ฟอสฟอรัส (P)	Bray II (ปริมาณที่เป็นประโยชน์)	+	+	+	-
โพแทสเซียม (K)	1 N NH_4 OAc pH 7.0 (ปริมาณที่แลกเปลี่ยนได้)	+	+	+	-
แมกนีเซียม (Mg)	Atomic Absorption Spectrophotometer	+	+	+	-
<u>โลหะหนักที่เป็นธาตุพิษ (toxic element)</u>					
- แคดเมียม (Cd)	Atomic Absorption Spectrophotometer	+	+	+	-
- ตะกั่ว (Pb)		+	+	+	-
- นิเกิล (Ni)		+	+	+	-
<u>โลหะหนักที่เป็นธาตุที่จำเป็น (essential element)</u>					
- ทองแดง (Cu)	Atomic Absorption Spectrophotometer	+	+	+	-
- แมงกานีส (Mn)		+	+	+	-
- เหล็ก (Fe)		+	+	+	-
- สังกะสี (Zn)		+	+	+	-

หมายเหตุ: (+) หมายถึง ทำการวิเคราะห์ (-) หมายถึง ไม่ทำการวิเคราะห์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) หากพบว่ามีพารามิเตอร์ใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4-5 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน

ตำรับทดลอง	สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน							
					ธาตุอาหารหลัก			ธาตุอาหารรอง
	ความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน:น้ำ = 1 : 2)	อินทรียวัตถุ (%)	คาร์บอน (%)	C.E.C. (me/100 g)	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; mg/kg)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; mg/kg)	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (me/100 g)
1. ดินเดิม	4.55^{a}	0.29^{a}	0.15^{a}	11.53^{a}	0.02^{a}	2.79^{a}	15.67^{a}	0.04^{a}
2. ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ + ปุ๋ยหินฟอสเฟต+ปุ๋ยเคมี	5.73^{c}	3.17^{b}	1.65^{b}	20.34^{b}	0.08^{a}	1505.56^{c}	654.00^{f}	0.22^{b}
3. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย	5.27^{b}	4.13^{c}	2.15^{c}	22.25^{c}	0.18^{b}	1485.83^{b}	275.20^{b}	0.25^{de}
4. ดินเดิม + กากขี้แป้ง	6.13^{d}	6.60^{e}	3.42^{e}	27.20^{e}	0.25^{bc}	1737.53^{e}	621.50^{d}	0.24^{cd}
5. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง	5.42^{b}	7.80^{g}	4.05^{g}	28.50^{g}	0.31^{cd}	1771.75^{f}	675.20^{g}	0.27^{e}
6. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + ปุ๋ยเคมี	5.16^{b}	5.47^{d}	2.85^{d}	25.00^{d}	0.23^{bc}	1554.65^{d}	329.50^{c}	0.22^{b}
7. ดินเดิม + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	5.85^{c}	7.20^{f}	3.75^{f}	27.85^{f}	0.29^{cd}	1767.75^{f}	637.20^{e}	0.23^{bc}
8. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	5.36^{b}	7.85^{g}	4.09^{g}	29.30^{h}	0.35^{d}	1790.00^{g}	702.80^{h}	0.26^{e}
F-value	**33.66****	**3954.73****	**755.72****	**2318.42****	**20.80****	**98430.89****	**11888.47****	**147.10****
CV (%)	**8.45**	**47.67**	**47.69**	**23.62**	**54.33**	**39.43**	**49.15**	**33.46**

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

กล่าวได้ว่า การเติมสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหินฟอสเฟต และปุ๋ยเคมี) ในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน ไม่ส่งผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นอุปสรรคต่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง

4.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-5) พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุทุกตำรับทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินเดิม (0.29%, กลุ่มอักษร a) โดยตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (7.85%) มากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 3954.73**) แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง (7.80%, กลุ่มอักษร g เดียวกัน) การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวหรือรวมกันร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (3.17%) กล่าวคือ ตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งอย่างเดียวหรือรวมกันร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 4.13-7.85% ซึ่งอยู่ในระดับสูงมากตามมาตรฐานระดับอินทรียวัตถุที่กำหนดในช่วง 3.5-4.5% จัดอยู่ในปริมาณอินทรียวัตถุระดับสูง และในช่วงมากกว่า 4.5% จัดอยู่ในปริมาณอินทรียวัตถุระดับสูงมาก (ตารางที่ 4-5 และตารางที่ ผ.1) ขณะที่ตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงปานกลาง ส่วนตำรับทดลองดินเดิมมีปริมาณอินทรียวัตถุเพียง 0.29% เท่านั้น ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมากตามมาตรฐานระดับอินทรียวัตถุในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545; ตารางที่ ผ.1)

อาจกล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อต้นยางชำถุงมีอายุครบ 90 วัน นั่นเป็นผลมาจากกากตะกอนน้ำเสียที่เติมลงสู่ดินช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุได้เป็นอย่างดี (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529) และปริมาณอินทรียวัตุที่เพิ่มขึ้นนี้ยังช่วยในการดูดซับแคตไอออนและแอนไอออนที่เป็นประโยชน์ไม่ให้ถูกชะละลายสูญหายไปกับน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของอินทรียวัตถุประกอบไปด้วยประจุบวกและประจุลบจำนวนมาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2544) ทำให้กากตะกอนน้ำเสียมีศักยภาพเพียงพอที่นำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืช อีกทั้งมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 10:1 (ตารางที่ 4-2) การสลายตัวจึงเป็นไปได้ด้วยดี โดยไม่ลดปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช กล่าวคือ โอกาสที่จะเกิดการดูดดึงไนโตรเจน (nitrogen immobilization) โดยจุลินทรีย์มีน้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2548) นอกจากนี้กากตะกอนน้ำเสียสามารถปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของดิน ทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น โดยลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุนและเพิ่มเสถียรของการเกิดเม็ดดิน เพิ่มความอุ้มน้ำของดิน รักษาเนื้อดินให้คงอยู่ (ปรัชญา

ธัญญาวดี, 2532; Guidi, 1983; Hall, 1984; Hasit, 1986; Peterson et al., 1979; Pichtel et al., 1994 Sopper, 1993; และ) อีกทั้งปริมาณอินทรีวัตถุที่ตกค้างนี้ยังสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเติบโตของพืชในการเพาะปลูกครั้งต่อไป (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529; Killing et al., 1977)

กล่าวโดยสรุปคือ การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารในการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุงได้เป็นอย่างดี

4.2.3 ปริมาณคาร์บอน

เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์บอนในดินเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-5) ซึ่งจะทำการศึกษาวิจัยปริมาณคาร์บอนในรูปอินทรีย์คาร์บอน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ของ Walkey and Black ซึ่งคำนวณจาก

ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) = ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%) × 1.92

ปริมาณคาร์บอนทุกตำรับทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินเดิม (0.15%, อยู่กลุ่มอักษร a) และตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (1.65%, อยู่กลุ่มอักษร b) โดยตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนมากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 755.72**) เมื่อเทียบกับดินเดิม และไม่มีความแตกต่างกับตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (4.09%, 4.05%, อยู่กลุ่มอักษร g เดียวกัน) ขณะที่ตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวหรือรวมกันร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณคาร์บอนอยู่ในช่วง 2.15-4.09% เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิมและตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี ซึ่งอยู่ในระดับสูงตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา

อาจกล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวหรือรวมกันร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนในดินเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นั่นเป็นผลมาจากทั้งกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนสูงด้วย

4.2.4 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-5) พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (29.30 me/100g, อยู่กลุ่มอักษร h) สูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2318.42**) เมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยทุกตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวหรือรวมกันร่วมกับปุ๋ยเคมีมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยน

ประจุบวกสูงขึ้นเมื่อเทียบกับดินเดิม (11.53 me/100g, อักษร a) และการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (20.34 me/100g, อักษร b) อีกทั้งการเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวหรือรวมกันร่วมกับปุ๋ยเคมีมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในช่วง 22.25-29.30 me/100g (กลุ่มอักษร c, d, e, f, g) จัดอยู่ในระดับสูงตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (Thainugul, 1983) เช่นเดียวกับตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีพบว่า มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 20.34 me/100g จัดอยู่ในระดับสูงเช่นกัน ซึ่งการที่ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงขึ้นนั้นเป็นเพราะว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นและจากการที่อนุภาคของดินจับกันเป็นก้อนก็ช่วยทำให้ดินมีเนื้อที่สำหรับการดูดดึงประจุบวกได้เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งลงในดินเพาะชำยางชำถุง ส่งผลให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น โดยการเติมกากตะกอนน้ำเสียเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ซึ่งดินที่มีเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นก็พลอยมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพราะฮิวมัสในอินทรียวัตถุนั้นมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงถึง 200-300 me/100g (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2544) ซึ่งความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินนั้น บอกให้ทราบว่าดินมีความสามารถในการเก็บรักษาธาตุอาหารพืชไว้เป็นประโยชน์ได้ยาวนาน รวมทั้งสามารถป้องกันการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากการชะล้างหน้าดินหรือภาวะการไหลซึมตามหน้าตัดของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544)

นั่นแสดงให้เห็นว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งลงดินสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารและปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่ต้นยางชำถุงได้ จึงส่งผลให้ต้นยางชำถุงสามารถดูดดึงธาตุอาหารเพื่อการเติบโตได้เป็นอย่างดี

4.2.5 ไนโตรเจนทั้งหมด

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-5) พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (0.35%, อยู่กลุ่มอักษร d) สูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิมและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.02, 0.08%, กลุ่มอักษร a เดียวกัน) โดยการเติมกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.29%) และการเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (0.31%) มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (อยู่กลุ่มอักษร d, cd และ F-value = 20.80^{**}) ในขณะที่การเติมกากขี้แป้ง(0.25%) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพาะชำยางชำถุงไม่แตกต่างทางสถิติ

เมื่อเทียบกับการเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.23%) (อยู่กับอักษร bc เดียวกัน) โดยทุกตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียและ/หรือกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.18-0.35% จัดอยู่ในระดับสูงตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพาราที่เสนอไว้คือ ช่วงของค่าตัวเลข 0.11-0.25% อยู่ในระดับปานกลาง และช่วงของค่าตัวเลข 0.26-0.40% อยู่ในระดับสูง

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพาะชำยางชำถุง ภายหลังการเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นแสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมีปริมาณเทียบเท่าหรือดีกว่าการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี และส่งผลให้ยังคงมีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอให้แก่ต้นยางชำถุงเมื่อย้ายไปปลูกลงหลุมในพื้นที่สร้างสวนยางต่อไป จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าการนำกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมาใช้ทางการเกษตรจะไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Fellett et al., 1981) โดยจากการศึกษาวิจัยของ Chaussod (1981) ได้พบว่าเมื่อใส่กากตะกอนน้ำเสียที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากกว่า 10: 1 ลงดิน อินทรียวัตถุในกากตะกอนน้ำเสียจะย่อยสลายเปลี่ยนเป็นอนินทรียสารได้ช้าและจะเกิดการดูดดึงไนโตรเจนจากดินมาใช้ชั่วคราวเป็นเวลานานถึง 2 เดือน แต่ลักษณะของดินที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิด nitrogen mineralization ไนโตรเจนที่ใส่ลงดินจะสลายตัวเป็นแร่ธาตุภายใน 3 อาทิตย์ (Younos, 1987)

กล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สามารถเป็นแหล่งไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของต้นยางชำถุงได้เป็นอย่างดี

4.2.6 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-5) พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (1,790 mg/kg, อยู่กลุ่มอักษร g) สูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ (F-value = 98430.89**) ขณะที่การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (1,771.75 mg/kg) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (1,767.75 mg/kg) (อยู่กลุ่มอักษร f เดียวกัน) โดยการเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1,485.83-1790.00 mg/kg จัดอยู่ในระดับที่สูงตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพาราที่เสนอโดย Thainugul (1986) กล่าวคือ Avail. P <11 mg/kg จัดอยู่ในระดับต่ำ, Avail. P = 11-30 mg/kg จัดอยู่ในระดับปานกลาง และ Avail. P >30 mg/kg จัดอยู่ในระดับสูง

กล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง สามารถเป็นแหล่งฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของต้นยางชำถุงได้เป็นอย่างดี ซึ่งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่เหลืออยู่ในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วันนั้น จัดอยู่ในระดับสูง (Avail. P >30 mg/kg) ทั้งสิ้น จึงมีความเป็นไปได้ว่าไม่มีความจำเป็นต้องเติมปุ๋ยหินฟอสเฟต อัตรา 170 กรัม/ต้น เมื่อย้ายต้นยางชำถุงปลูกลงหลุม แต่อย่างไรก็ตามฟอสฟอรัสที่มีปริมาณมากในดินก็ยังไม่อาจสรุปได้ว่าจะมีปริมาณที่เพียงพอต่อพืชเสมอไป ทั้งนี้อาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่จะสามารถควบคุมการละลายและตรึงฟอสเฟตในดินได้ด้วยเช่นกัน (ถวิล ครุฑกุล, 2530)

4.2.7 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-5) พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (702.80 mg/kg, อยู่กลุ่มอักษร h) สูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ (F-value = 11888.47**) โดยการเติมกากตะกอนน้ำเสีย (272.20 mg/kg) กากขี้แป้ง (621.50 mg/kg) กากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (675.20 mg/kg) กากตะกอนน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมี (329.50 mg/kg) และกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (637.20 mg/kg) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (15.67 mg/kg, อยู่กลุ่มอักษร a)

กล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เหลืออยู่ในดินเพาะชำยางชำถุงเพียงพอต่อการเติบโตของต้นยางชำถุง ซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกตำรับทดลองที่มีการเติมกากตะกอนน้ำเสียและ/หรือกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณสูงมากเมื่อเทียบตามเกณฑ์การจำแนกความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เสนอโดย เล็ก มอญเจริญ (2522) กล่าวว่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณสูงมาก เมื่อดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่ามากกว่า 120 ppm

4.2.8 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่มีผลต่อการเติบโตของยางพาราและคุณภาพน้ำยาง กล่าวคือ แมกนีเซียมในดินปริมาณ >0.3 me/100g จัดเป็นระดับธาตุอาหารปานกลาง และปริมาณ <0.3 me/100g จัดเป็นธาตุอาหารระดับต่ำ ตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (Thainugul,1986) ในขณะเดียวกันปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางก็มีผลต่อคุณภาพน้ำยาง กล่าวคือน้ำยางที่มีปริมาณธาตุนี้สูงจะไม่คงตัวหรือจับตัวก่อนกำหนด (Precoagulation) ทำให้ได้เนื้อยางคุณภาพต่ำ (นุชนาถ กังพิศดาร, 2547) ขณะที่กากขี้แป้งซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นอาจก่อความกังวลใจเกี่ยวกับ

ปริมาณแมกนีเซียมนั้น ผลการวิเคราะห์พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งทำให้มีปริมาณแมกนีเซียม (0.27 me/100g, ตารางที่ 4-5) เพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 147.10**) เมื่อเทียบกับดินเดิม (0.04 me/100g) และการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.22 me/100g) โดยการเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (0.27 me/100g) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.26 me/100g) (อยู่กลุ่มอักษร e เดียวกัน) ขณะที่การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเติมกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.23 me/100g) (อยู่กลุ่มอักษร b, bc) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.22 me/100g, อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) จะเห็นได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งล้วนส่งผลให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพาะชำยางชำถุงอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำเมื่อเทียบกับระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา Thainugul, 1986)

กล่าวโดยสรุป คือ กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งสามารถทดแทนปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่ต้องกังวลเรื่องปริมาณแมกนีเซียมที่อาจมีผลต่อคุณภาพน้ำยางและปริมาณที่ปนเปื้อนอยู่ในดิน

4.2.9 ปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในดิน

การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งนับเป็นการเพิ่มการปนเปื้อนดินด้วยโลหะหนัก เพราะทั้งกระบวนการผลิตและขั้นตอนที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตมีการใช้สารเคมีต่างๆ ซึ่งท้ายสุดแล้วผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตที่ออกมาคือ กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักจากกระบวนการผลิตนั้นด้วย แม้ว่าปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงไปใช้นั้นจะเป็นปริมาณที่พบได้ในพืชทั่วๆ ไป ดังได้อธิบายในรายละเอียดการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหินฟอสเฟต และปุ๋ยเคมี) (แสดงดังรูปที่ 4-1) แล้วก็ตาม แต่ความกังวลใจจะยังคงอยู่หากไม่ได้มีการพิจารณาต่อเนื่องถึงปริมาณโลหะหนักที่ยังคงตกค้างอยู่ในดินว่าภายหลังการเติมสิ่งทดลองมีปริมาณโลหะหนักในระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษหรือเพิ่มความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด

การศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินทดลองจะทำการตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก 7 ธาตุ โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ 0.005 M DTPA (pH 7.3) ซึ่งเป็นสารคีเลต (Chelating agent) เป็นสารสกัด (Extractant) DTPA (Diethylene Triamine Penta Acetic Acid) เป็นสารสกัดจุลธาตุอาหารที่เสนอโดย Lindsay และ Norvell (1969) และเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายว่าปริมาณที่สกัดได้มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่เติมลงดินทั้งในรูปสารเคมีและกากตะกอนน้ำเสีย (Brown et al.,

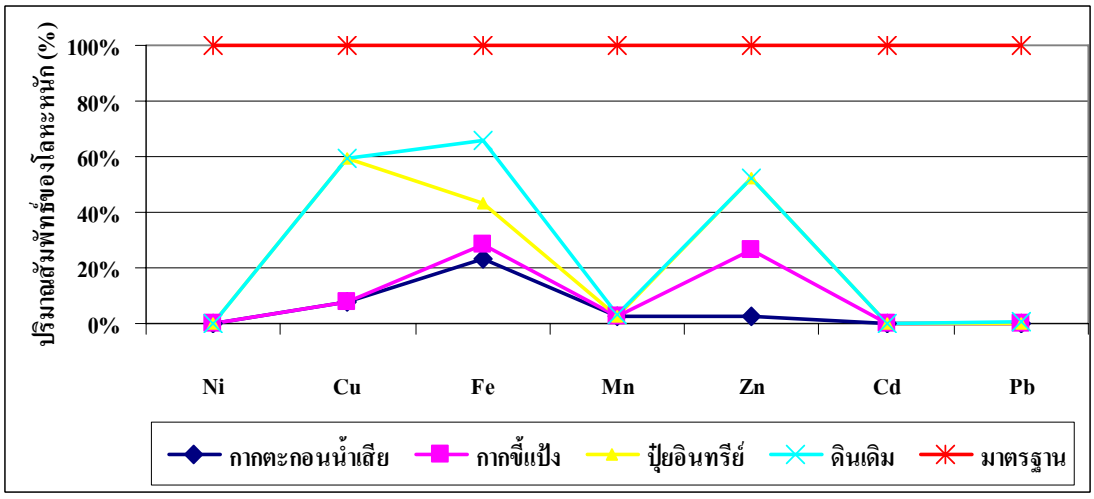
1971; Bingham et al., 1976; Korcak and Fanning, 1978; Maclean and Dekker, 1978; Mitchell et al., 1978; Rappaport et al., 1988; Siriratpiriya, 1989) โดยปริมาณโลหะหนักที่เป็นจุลธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของต้นยางชำถุง ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ทองแดง แมงกานีส เหล็ก และสังกะสี ส่วนปริมาณโลหะหนักที่เป็นจุลธาตุอาหารที่เป็นพิษในการศึกษาครั้งนี้นั้นคือ แคดเมียม ตะกั่ว และนิเกิล

ปริมาณโลหะหนักที่มีการปนเปื้อนในดิน เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วันพบว่า มีปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นดังนี้คือ ทองแดง (น้อยกว่า 0.1-79.80 mg/kg) แมงกานีส (1.90-33.90 mg/kg) เหล็ก (122-695 mg/kg) และสังกะสี (0.65-51.75) ส่วนปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุพิษคือ แคดเมียม (น้อยกว่า 0.10 กล่าวคือ Detection limit ของเครื่อง AAS สำหรับวิเคราะห์เท่ากับ 0.10 ppm.) ตะกั่ว (น้อยกว่า 0.50 mg/kg) นิกเกิล (0.50 mg/kg) (แสดงดังรูปที่ 4-2) อาจกล่าวได้ว่าเมื่อพิจารณาปริมาณโลหะหนักที่ตกค้าง ทั้งในส่วนปริมาณโลละหนักที่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นและปริมาณโลหะหนักที่เป็นธาตุพิษพบว่า ปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในดิน เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน มีปริมาณโลหะหนักน้อยมาก และเป็นปริมาณที่พบได้ในพืชทั่วๆ ไป ซึ่งยอมรับให้มีได้ในดินเกษตรกรรมตามที่เสนอโดย Webber et al. (1980) กล่าวว่า แคดเมียม (2.0-3.5 ppm) ตะกั่ว (100-550 ppm) ทองแดง (100-140 ppm) และสังกะสี (280-300 ppm) และเป็นไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ภาคผนวก ค)

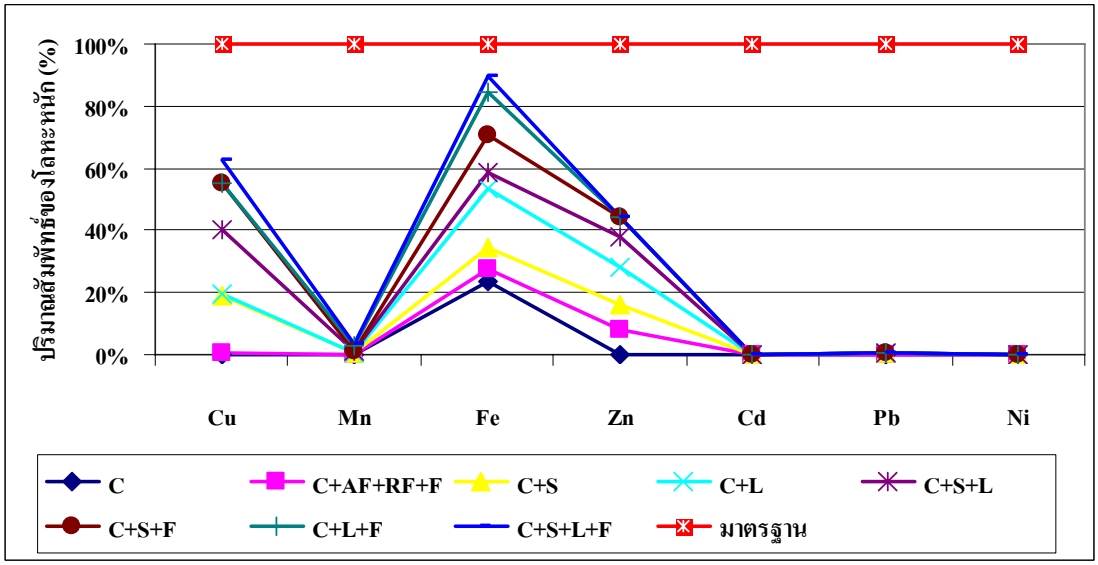
กล่าวโดยสรุปคือ การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งลงดินจะไม่ส่งผลต่อปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินและเป็นพิษต่อพืช จึงไม่มีความกังวลใจในเรื่องปัญหาการตกค้างในลักษณะเกิดพิษจากโลหะหนักที่จะส่งผลต่อการเติบโตของต้นยางชำถุง

4.3 การเติบโตของต้นยางชำถุงหลังเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหินฟอสเฟต และปุ๋ยเคมี

การเติบโตของต้นยางชำถุงหลังเติมสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหินฟอสเฟต และปุ๋ยเคมี) ศึกษาในรูปของความสูง (ตารางที่ 4-6) เส้นผ่านศูนย์กลาง (ตารางที่ 4-7) รัศมีเรือนยอด (ตารางที่ 4-8) และน้ำหนักแห้งของราก (ตารางที่ 4-9) พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในทุกลักษณะ (ตำรับทดลองที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8) ล้วนส่งผลให้การเติบโตของต้นยางชำถุงในโรงเรือนเพาะชำดีกว่าดินเดิมและการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีตามสูตรการผสมดิน:วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งแนะนำให้ใช้ดิน:วัสดุปรับปรุงดิน อัตรา 3:1 โดยปริมาตร สำหรับการผลิตต้นยางชำถุง (กรมวิชาการเกษตร, 2547)



รูปที่ 4-1 ปริมาณสัมพัทธ์ของโลหะหนัก (%) ในสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ และดินเดิม) เทียบกับมาตรฐานโลหะหนักแต่ละธาตุ



รูปที่ 4-2 ปริมาณสัมพัทธ์ของโลหะหนัก (%) ในดินภายหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน เทียบกับมาตรฐานโลหะหนักแต่ละธาตุ

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

การเติบโตทั้งความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอด และน้ำหนักแห้งของราก ทุกตำรับทดลองที่เติมสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหินฟอสเฟตและปุ๋ยเคมี) พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี มีการเติบโตของต้นยางชำถุงดีที่สุด และการเติบโตของต้นยางชำถุงทุกตำรับทดลองที่เติมสิ่งทดลองมีความแตกต่างชัดเจนจากดินเดิม เมื่อต้นยางชำถุงอายุย่างเข้าเดือนที่ 3 (รูปที่ 4-6 ถึง 4-9) โดยการเติบโตของต้นยางชำถุงในส่วนของความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอดและน้ำหนักแห้งของรากสูงสุดในตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี เท่ากับ 18.40, 0.46, 16.35 ซม. และ 7.78 กรัม/ต้น ตามลำดับ

4.3.1 ความสูงของต้นยางชำถุง

ความสูงเฉลี่ยของต้นยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-6) พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ต้นยางชำถุงมีความสูง (18.40 เซนติเมตร, อยู่กลุ่มอักษร c) สูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.42*) เมื่อเทียบกับดินเดิม (13.46 เซนติเมตร, อยู่กลุ่มอักษร a) และการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (14.46 เซนติเมตร, อยู่กลุ่มอักษร ab) โดยที่การเติมกากตะกอนน้ำเสีย (15.62 เซนติเมตร) กากขี้แป้ง (15.90 เซนติเมตร) และกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมี (15.76 เซนติเมตร) ส่งผลให้มีความสูงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร abc เดียวกัน) ขณะที่การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (17.28 เซนติเมตร) มีความสูงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (16.76 เซนติเมตร) (อยู่กลุ่มอักษร bc เดียวกัน)

การเพิ่มขึ้นของความสูงของต้นยางชำถุงนั้นน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสซียม) ในกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งที่เติมลงในดินเพาะชำยางชำถุง ทำให้เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วันมีการเติบโตในรูปความสูง โดยมีการสร้างกิ่งก้านสาขาและใบเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลด์ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมที่จะส่งผลต่อการเติบโตของพืช และโดยทั่วไปพบว่า ยางพาราต้องการปริมาณไนโตรเจนในปริมาณมากด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2550) อีกทั้งหากมีวิธีการเตรียมดินโดยทำการย่อยดินในการปลูกยางพาราที่ถูกต้องเหมาะสมและมีปริมาณธาตุอาหารหลักเพียงพอในดินจะช่วยทำให้ต้นยางพารามีความสูงเพิ่มขึ้น (Dea et al., 2001; Hartemink, 2006) ถึงแม้ว่าต้นยางชำถุงที่ทำการศึกษาครั้งนี้มีความสูงไม่ได้ตามมาตรฐานต้นยางชำถุงของกรมวิชาการเกษตรที่ระบุไว้คือ วัดความสูงจากรอยแตกตาถึงปลายยอดต้องไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร ก็ตาม แต่ถ้าหากพิจารณาในส่วนของข้อมูลดิบของความสูงแล้วก็จะพบว่า ต้นยางชำถุงบางส่วนมีความสูงถึง 20 เซนติเมตร

ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการคัดเลือกขนาดของต้นตอตายางที่จะนำมาลงในถุงเพาะชำและระยะเวลาในการเพาะชำยางชำถุง เพราะถ้าหากได้ต้นตอตายางขนาดใหญ่ การเติบโตในรูปความสูงของต้นยางชำถุงก็อาจเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

สรุปได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ในดินเพาะชำยางชำถุง ส่งผลให้ต้นยางชำถุงมีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางชำถุง

การเติบโตของต้นยางชำถุงในรูปเส้นผ่านศูนย์กลาง (ตารางที่ 4-7) นั้น ทำการวัดการเติบโตโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ วัดบริเวณส่วนที่ยื่นออกมาจากรอยแตกตาโดยมีความสูง 5 ซม. พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (0.46 เซนติเมตร, อักษร b) ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางชำถุงเมื่ออายุครบ 90 วัน มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.59*) เมื่อเทียบกับดินเดิม (0.38 เซนติเมตร, อยู่กลุ่มอักษร a) และการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.39 เซนติเมตร, อยู่กลุ่มอักษร a) ขณะที่การเติมกากขี้แป้ง (0.42 เซนติเมตร) การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.43 เซนติเมตร) การเติมกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.41 เซนติเมตร) และการเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (0.43 เซนติเมตร) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร ab เดียวกัน)

การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ส่งผลให้ต้นยางชำถุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น ซึ่งนั่นอาจเป็นเพราะทั้งกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ที่เพียงพอ จึงส่งผลให้ต้นยางชำถุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น การศึกษาของ Dea et al. (2001) กล่าวว่าการเตรียมดินในการปลูกยางพาราโดยวิธีย่อยดินที่ถูกต้องเหมาะสมและมีปริมาณธาตุอาหารหลักเพียงพอในดินจะช่วยทำให้ต้นยางพารามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น ขณะที่ใกล้เคียงผลการศึกษาวิจัยของพิศมัย จันทุมา และคณะ (2539) พบว่า ต้นยางชำถุงเมื่ออายุครบ 90 วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.47 เซนติเมตร ภายใต้เงื่อนไขการเพาะชำต้นยางชำถุงโดยการใช้ดินร่วมกับปุ๋ยคอก อัตรา 3:1 โดยปริมาตร

กล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ส่งผลให้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางชำถุงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.3 รัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุง

รัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุงในที่นี้ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดตรงช่วงที่กว้างที่สุดในแนวนอน เพื่อบ่งบอกให้ทราบว่าขนาดเรือนยอดของต้นยางชำถุงมีการแผ่กระจายมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะชี้ให้เห็นว่าขนาดของรัศมีเรือนยอดที่กว้าง มีใบหนาแน่นนั้นย่อมทำให้ต้นยางชำถุงสามารถสร้างทรงพุ่มได้ดี ใบของต้นยางชำถุงสามารถรับแสงแดดเพื่อการสังเคราะห์แสงได้ นอกจากนี้หากพบว่าต้นยางชำถุงมีจำนวนใบน้อย ขนาดของใบเล็กกว่าปกติอาจบอกให้ทราบว่าต้นยางชำถุงกำลังแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจน (นุชนารถ กังพิศดาร, 2547) โดยรัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-8) พบว่า การเติมกากขี้แป้ง (15.28 เซนติเมตร) การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง (15.91 เซนติเมตร) การเติมกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (15.46 เซนติเมตร) และการเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (16.12 เซนติเมตร) มีรัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุงเพิ่มขึ้นสูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน และ F-value = 2.50*) เมื่อเทียบกับตำรับทดลองดินเดิม (12.86 เซนติเมตร, อยู่กลุ่มอักษร a) ขณะที่การเติมกากตะกอนน้ำเสีย (14.56 เซนติเมตร) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี (13.92 เซนติเมตร) (กลุ่มอักษร ab เดียวกัน)

การที่ต้นยางชำถุงมีรัศมีเรือนยอดเพิ่มขึ้นนั้น อาจเป็นผลมาจากปริมาณอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารหลักที่มีในกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยหินฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีที่เติมลงในดินเพาะชำยางชำถุง จึงทำให้เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน ยังคงมีปริมาณอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารเพียงพอที่จะทำให้ต้นยางชำถุงสามารถจะดูดดึงไปใช้การเติบโต นอกจากนี้พบว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญในการสร้างโปรตีนและพลังงาน ต้นยางที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เพียงพอและเหมาะสมจะทำให้มีการสร้างใบมากขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2550) นอกจากนี้ การที่ต้นยางพารามีขนาดเรือนยอดแผ่กระจายมากมีส่วนช่วยในการลดแรงกระแทกของเม็ดฝนไม่ให้กระทำต่อดินโดยตรง ทำให้ความเร็วและพลังงานของเม็ดฝนลดลง (Troch et al.,1980)

แสดงให้เห็นว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ส่งผลให้รัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.4 น้ำหนักแห้งของราก

การวัดการเติบโตของต้นยางชำถุงในรูปน้ำหนักแห้งของรากมีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งซึ่งช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและเป็นแหล่งธาตุอาหารให้แก่ต้นยางชำถุงได้มากน้อยเพียงใดในการสร้างราก เพื่อดึงดูดอินทรียวัตถุและธาตุอาหารจากดินไปใช้ประโยชน์ในการเติบโตของต้นยางชำถุง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสีย

ร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุดคือ 7.78 กรัม/ต้น รองลงมาคือตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง 7.12 กรัม/ต้น และไม่ว่าจะเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวหรือรวมกันร่วมกับปุ๋ยเคมี ก็ล้วนดีกว่าตำรับทดลองดินเดิมและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีทั้งสิ้น นอกจากนี้พบว่า รากที่เกิดขึ้นเป็นรากแขนงและแตกเป็นรากเล็กๆ จำนวนมาก นั่นบ่งบอกให้ทราบว่ารากเหล่านี้ทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหาร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Webster และ Baulkwill (1989) กล่าวว่า ระบบรากของต้นยางพาราซึ่งเป็นรากแขนงและแตกรากเล็กๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร พบได้ในดินระดับไม่เกิน 30 เซนติเมตร เพื่อทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารไปหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของลำต้น อีกทั้งรากพืชเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ดินร่วนซุยขึ้น ทั้งในขณะที่มีชีวิตและตายแล้ว (เกษม จันทร์แก้ว, นิพนธ์ ตั้งธรรม และทวี แก้วละเอียด, 2512) นั่นคือ รากของต้นไม้เป็นตัวช่วยให้ดินมั่นคงขึ้น (นิพนธ์ ตั้งธรรม และเกษม จันทร์แก้ว, 2513) การชอนไชของรากพืชทำให้ดินเกาะและรวมตัวกันเป็นกลุ่มของเม็ดดินที่มีความคงทน เกิดช่องว่างในดินเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับน้ำจะเพิ่มมากขึ้น (Baver, 1948) ความลึกและขอบเขตของการแพร่กระจายของรากนั้น เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เกิดความคงทนของดินมากขึ้น (soil stability) ส่วนปัจจัยของรากที่ช่วยยึดเหนี่ยวดินไว้ ช่วยให้เกิดความคงทนต่อการพังทลายซึ่งขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของระบบราก และความลึกของรากที่หยั่งลึกลงไปในดิน (Kramer และ Duke, 1969)

กล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของรากต้นยางชำถุงเพิ่มขึ้นและช่วยให้ดินมีความร่วนซุย ทำให้โครงสร้างของดินเหมาะต่อการเติบโตของต้นยางชำถุง

โดยพบว่า ต้นยางชำถุงของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ค่อนข้างได้มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร กล่าวคือ เป็นต้นยางที่ติดตาสมบูรณ์ เติบโตอยู่ในถุงพลาสติกมีขนาดตั้งแต่ 1 ฉัตรขึ้นไป ฉัตรยอดแก่เต็มที่ เมื่อวัดจากรอยแตกตาถึงปลายยอดมีความยาวไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร (ความสูง 20 เซนติเมตร) ขนาดของถุงที่ใช้มีขนาดประมาณ 4.5×14 นิ้ว เป็นอย่างน้อยและเจาะรูระบายน้ำออก ดินที่ใช้บรรจุจะมีลักษณะค่อนข้างเหนียว เมื่อย้ายดินในถุงไม่แตกง่าย มีดินบรรจุไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว ปราศจากโรคศัตรูพืชและไม่มีวัชพืชขึ้นในถุง ยกเว้นเมื่อวัดความยาวจากรอยแตกตาถึงปลายยอดจะมีค่าน้อยกว่า 20 เซนติเมตร แต่เมื่อพิจารณาต้นยางชำถุงจากจำนวนซ้ำของหน่วยทดลอง (ข้อมูลดิบความสูงของต้นยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน) พบว่าต้นยางชำถุงบางต้นมีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การคัดเลือกขนาดลำต้นของต้นตอตายางที่นำมาใช้ทดลองและระยะเวลาในการเพาะชำยางชำถุง

กล่าวโดยสรุปคือ การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเป็นวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ต้นยางชำถุงมีการเติบโตเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีอินทรียวัตถุและธาตุอาหารที่เพียงพอนั่นเอง

ตารางที่ 4-6 ความสูงของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน

ตำรับทดลอง	การเติบโตของต้นยางชำถุงในเรือนเพาะชำ				
	ความสูง (ซม.)			เฉลี่ยตามช่วงเวลา	F-value (ตามช่วงเวลา)
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3		
1. ดินเดิม	$^{A}4.70^{a}$	$^{B}9.34^{a}$	$^{C}13.46^{a}$	**9.17**	**42.08****
2. ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ + ปุ๋ยหินฟอสเฟต+ปุ๋ยเคมี	$^{A}4.84^{a}$	$^{B}9.52^{a}$	$^{C}14.46^{ab}$	**9.61**	**21.60****
3. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย	$^{A}5.20^{ab}$	$^{B}9.74^{a}$	$^{C}15.62^{abc}$	**10.19**	**66.19****
4. ดินเดิม + กากขี้แป้ง	$^{A}5.72^{ab}$	$^{B}11.20^{a}$	$^{C}15.90^{abc}$	**10.94**	**48.18****
5. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง	$^{A}6.18^{ab}$	$^{B}11.36^{a}$	$^{C}17.28^{bc}$	**11.61**	**93.44****
6. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + ปุ๋ยเคมี	$^{A}5.68^{ab}$	$^{B}10.26^{a}$	$^{C}15.76^{abc}$	**10.57**	**31.99****
7. ดินเดิม + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	$^{A}5.74^{ab}$	$^{B}11.32^{a}$	$^{C}16.76^{bc}$	**11.27**	**17.44****
8. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	$^{A}6.54^{b}$	$^{B}12.22^{a}$	$^{C}18.40^{c}$	**12.39**	**776.16****
เฉลี่ยตามตำรับทดลอง	**5.58**	**10.62**	**15.96**	-	-
F-value (ตามตำรับทดลอง)	**1.72**^{NS}	**1.40**^{NS}	**2.42***	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงถึงความแตกต่างกันของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงถึงความแตกต่างกันของตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

ตารางที่ 4-7 เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน

ตำรับทดลอง	การเติบโตของต้นยางชำถุงในเรือนเพาะชำ				
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)			เฉลี่ยตามช่วงเวลา	F-value (ตามช่วงเวลา)
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3		
1. ดินเดิม	$^{A}0.30^{a}$	$^{A}B0.35^{a}$	$^{B}0.38^{a}$	**0.34**	**4.70***
2. ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ + ปุ๋ยหินฟอสเฟต+ปุ๋ยเคมี	$^{A}0.33^{ab}$	$^{AB}0.37^{ab}$	$^{B}0.39^{a}$	**0.36**	**5.51***
3. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย	$^{A}0.35^{ab}$	$^{B}0.41^{b}$	$^{C}0.45^{b}$	**0.40**	**80.06****
4. ดินเดิม + กากขี้แป้ง	$^{A}0.35^{ab}$	$^{AB}0.39^{ab}$	$^{B}0.42^{ab}$	**0.39**	**4.18***
5. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง	$^{A}0.38^{b}$	$^{B}0.42^{b}$	$^{C}0.46^{b}$	**0.42**	**14.82****
6. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + ปุ๋ยเคมี	$^{A}0.36^{ab}$	$^{A}0.39^{ab}$	$^{A}0.43^{ab}$	**0.39**	**1.13**^{NS}
7. ดินเดิม + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	$^{A}0.35^{ab}$	$^{A}0.38^{ab}$	$^{A}0.41^{ab}$	**0.38**	**2.55**^{NS}
8. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	$^{A}0.36^{ab}$	$^{A}0.40^{ab}$	$^{C}0.43^{ab}$	**0.40**	**34.68****
เฉลี่ยตามตำรับทดลอง	**0.35**	**0.39**	**0.42**	-	-
F-value (ตามตำรับทดลอง)	**1.70**^{NS}	**1.96**^{NS}	**2.59***	-	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงถึงความแตกต่างกันของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงถึงความแตกต่างกันของตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

ตารางที่ 4-8 รัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน

ตำรับทดลอง	รัศมีเรือนยอด (ซม.)					ผลรวม	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนซ้ำ						
	1	2	3	4	5		
1. ดินเดิม	13.15	13.35	13.45	13.75	10.60	64.30	12.86[a]
2. ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ + ปุ๋ยหินฟอสเฟต+ปุ๋ยเคมี	16.60	12.6	16.70	9.45	14.25	69.60	13.92[ab]
3. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย	13.75	16.15	14.25	13.4	15.25	72.80	14.56[ab]
4. ดินเดิม + กากขี้แป้ง	14.40	14.8	17.20	15.75	14.25	76.40	15.28[b]
5. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง	15.60	15.25	15.10	17.25	16.35	79.55	15.91[b]
6. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + ปุ๋ยเคมี	14.85	14.35	17.55	12.75	13.80	73.30	14.66[ab]
7. ดินเดิม + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	17.25	14.9	14.60	14.95	15.60	77.30	15.46[b]
8. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	16.25	15.8	16.25	15.95	16.35	80.60	16.12[b]
						F-value	**2.50***
						CV%	**0.17**

หมายเหตุ : ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงถึงความแตกต่างกันของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงถึงความแตกต่างกันของตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

** หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

ตารางที่ 4-9 น้ำหนักรากของต้นยางชำถุง เมื่ออายุครบ 90 วัน

ตำรับทดลอง	น้ำหนักราก (กรัม/ต้น)		
	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง (48 ชม.)	น้ำหนักแห้ง (72 ชม.)
1. ดินเดิม	8.6778	3.1783	3.0194
2. ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ + ปุ๋ยหินฟอสเฟต+ปุ๋ยเคมี	14.1935	5.1822	4.9215
3. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย	15.6812	5.5519	4.6223
4. ดินเดิม + กากขี้แป้ง	16.5101	5.8250	5.5316
5. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง	17.7179	7.1183	6.3791
6. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + ปุ๋ยเคมี	15.8742	6.0660	5.7613
7. ดินเดิม + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	16.9191	6.7161	6.7615
8. ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	21.8569	7.7812	7.3908

4.4 ความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง

ความเป็นประโยชน์ในการเป็นแหล่งธาตุอาหารของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ประเมินจากองค์ประกอบทางเคมีทั้งก่อนและหลังจากเป็นวัสดุในการเพาะชำจนต้นยางชำถุงมีอายุครบ 90 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ต้นยางชำถุงพร้อมที่ย้ายปลูกในพื้นที่สร้างสวนยางพารา

4.4.1 การเป็นแหล่งธาตุอาหาร

การศึกษาความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในแง่ของการเป็นแหล่งธาตุอาหารในรูปวัสดุปรับปรุงดินนั้น พิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) และธาตุอาหารรอง (แมกนีเซียม) ของสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งและปุ๋ย) ก่อนเติมลงดินและภายหลังเติมลงดิน (เมื่อต้นยางชำถุงอายุ 90 วัน) ซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในสิ่งทดลองและปริมาณธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในดินภายหลังเติมสิ่งทดลอง ซึ่งธาตุอาหารที่เหลืออยู่ภายหลังเติมสิ่งทดลองเมื่อย้ายต้นยางชำถุงลงปลูกในพื้นที่สร้างสวนยางธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในส่วนนี้ต้นยางชำถุงจะสามารถดึงดูดนำไปใช้เพื่อการเติบโตต่อไป

ปริมาณธาตุอาหารที่ศึกษาในสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งและปุ๋ย) แบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) และธาตุอาหารรอง (แมกนีเซียม) ดังอธิบายรายละเอียดในหัวข้อ 4.1, 4.2 โดยพบว่า ดินเดิมมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส 0.04% และ 4.37 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในปริมาณต่ำ ส่วนโพแทสเซียม 41.3 mg/kg อยู่ในระดับปานกลางและแมกนีเซียม 0.07 me/100g อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา ขณะที่กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารหลักในปริมาณสูง แต่มีปริมาณแมกนีเซียมในปริมาณต่ำ 0.22 me/100g ตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา เช่นเดียวกับธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์พบว่ามีธาตุอาหารหลักในปริมาณสูงเช่นเดียวกับกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง

เมื่อพิจารณาสิ่งทดลองในแง่ของการเป็นแหล่งธาตุอาหารแล้วพบว่า ทุกตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งล้วนส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในดินหลังเติมสิ่งทดลองในปริมาณที่สูงกว่าดินเดิมและใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตและปุ๋ยเคมี นั่นแสดงให้เห็นว่าการเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งร่วมกันสามารถทดแทนปุ๋ยอินทรีย์และเทียบเท่าปุ๋ยเคมีในการเป็นแหล่งธาตุอาหารให้แก่ต้นยางชำถุงได้

นอกจากนี้ หากพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินภายหลังการเติมสิ่งทดลองเมื่อต้นยางชำถุง 90 วัน ล้วนมีค่ามากกว่า 30 ppm ตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา นั่นหมายถึงยังคงมีปริมาณฟอสฟอรัสเพียงพอต่อการเติบโตของต้นยางชำถุง เมื่อย้ายต้นยางชำถุงปลูกลงหลุม

ตารางที่ 4-10 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในสิ่งทดลองและปริมาณธาตุอาหารภายหลังการเติมสิ่งทดลอง เมื่อต้นยางชำถุงอายุ 90 วัน ตามตำรับทดลอง

สิ่งทดลอง	ธาตุอาหารหลัก			ธาตุอาหารรอง
	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; mg/kg)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; mg/kg)	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (me/100 g)
1.ดินเดิม	0.04	4.37	41.3	0.07
2. กากตะกอนน้ำเสีย	0.84	2,931.06	338	0.22
3. กากขี้แป้ง	1.18	15,702.13	1,398	0.20
4. ปุ๋ยอินทรีย์	0.56	2,941.90	1,420	0.23
ตำรับทดลอง (เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน)				
1. C	0.02	2.79	15.67	0.04
2. C+AF+RF+F	0.08	1,505.56	654.00	0.22
3. C+S	0.18	1,485.83	275.20	0.25
4. C+L	0.25	1,737.53	621.50	0.24
5. C+S+L	0.31	1,771.75	675.20	0.27
6. C+S+F	0.23	1,554.65	329.50	0.22
7. C+L+F	0.29	1,767.75	637.20	0.23
8. C+S+L+F	0.35	1,790.00	702.80	0.26

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

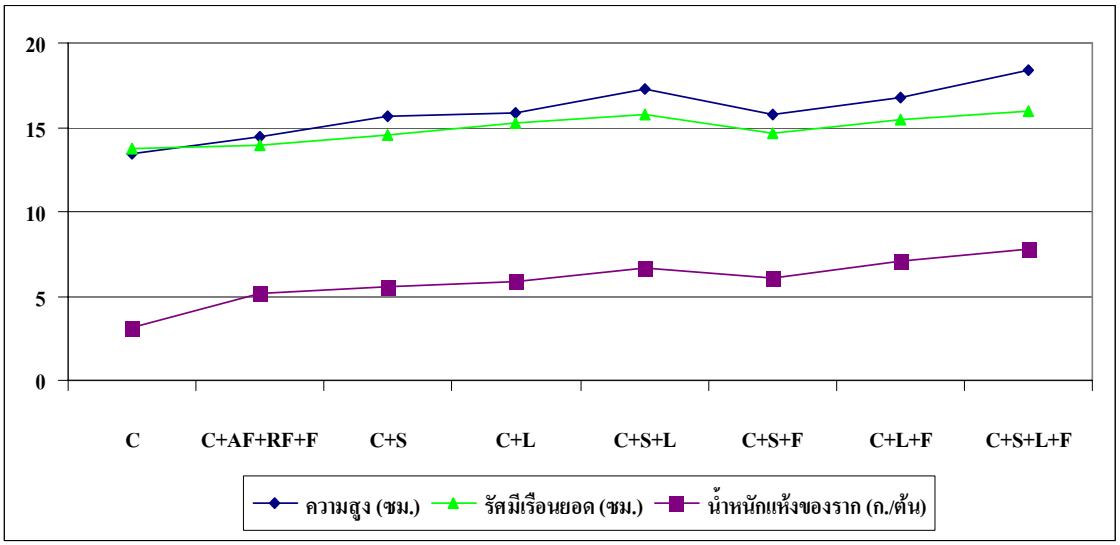
C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

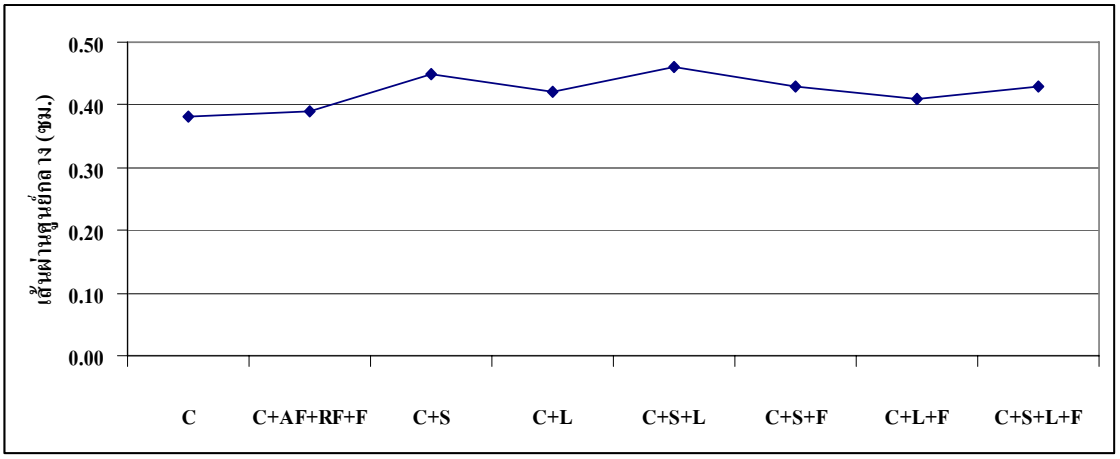
4.4.2 การเติบโตของต้นยางชำถุง

การศึกษาความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในรูปวัสดุปรับปรุงดิน สำหรับศึกษาการเติบโตของต้นยางชำถุงนั้น โดยได้ดำเนินการวัดการเติบโตของต้นยางชำถุงดังนี้ วัดความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอด และน้ำหนักแห้งของรากต้นยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน โดยเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความแตกต่างในการเติบโตของต้นยางชำถุงแต่ละตำรับทดลองที่เติมสิ่งทดลองแตกต่างกัน (รูปที่ 4-3)

การศึกษาการเติบโตของต้นยางชำถุง เพื่อดูความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในรูปวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเติบโตของต้นยางชำถุงในการศึกษาครั้งนี้ เลือกพิจารณาโดยใช้เกณฑ์การตัดสินจากการวัดการเติบโตในรูปความสูง (รูปที่ 4-4) เส้นผ่านศูนย์กลาง (รูปที่ 4-5) รัศมีเรือนยอด (รูปที่ 4-6) และน้ำหนักแห้งของรากต้นยางชำถุง (รูปที่ 4-7) เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วันโดยดำเนินการเพาะชำต้นยางชำถุงในเรือนเพาะชำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2551

การศึกษาความสูงของต้นยางชำถุงนั้นพบว่าไม่ว่าจะเติมสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี) ล้วนส่งผลให้การเติบโตของต้นยางชำถุงดีกว่าดินเดิมทั้งสิ้น และดีกว่าตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ให้ผลการเติบโตในส่วนของความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอดและน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด คือ 18.40, 0.46, 16.35 ซม. และ 7.78 กรัมต่อต้น ตามลำดับ





รูปที่ 4-3 เปรียบเทียบการเติบโตของต้นยางชำถุงในรูปความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอด และน้ำหนักแห้งของราก เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

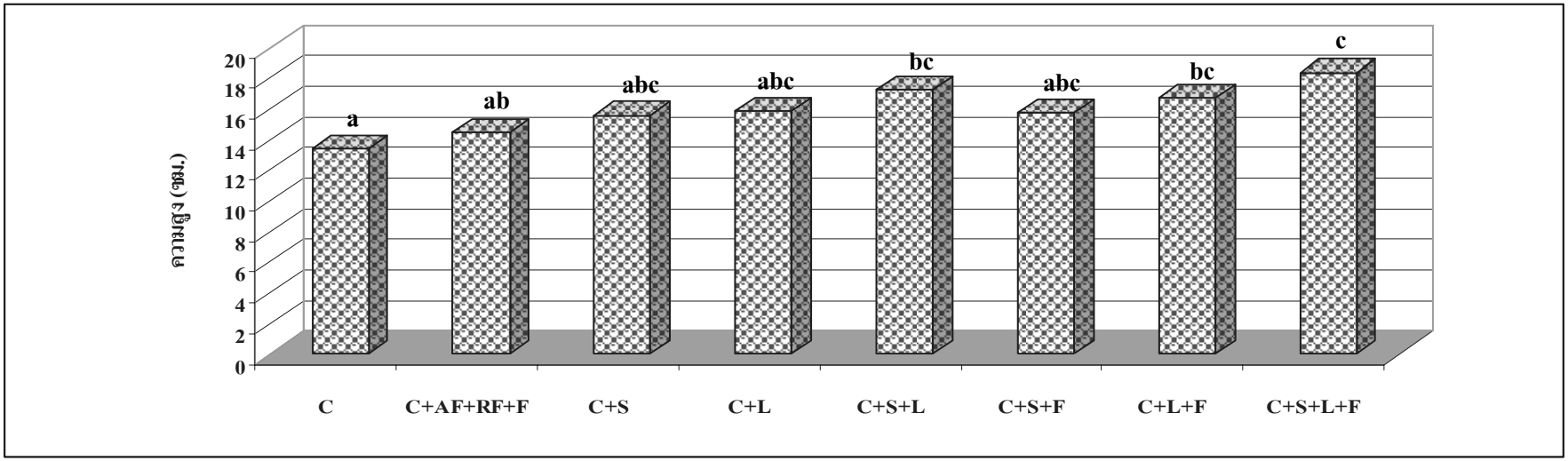
C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ



รูปที่ 4-4 เปรียบเทียบความสูงของต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

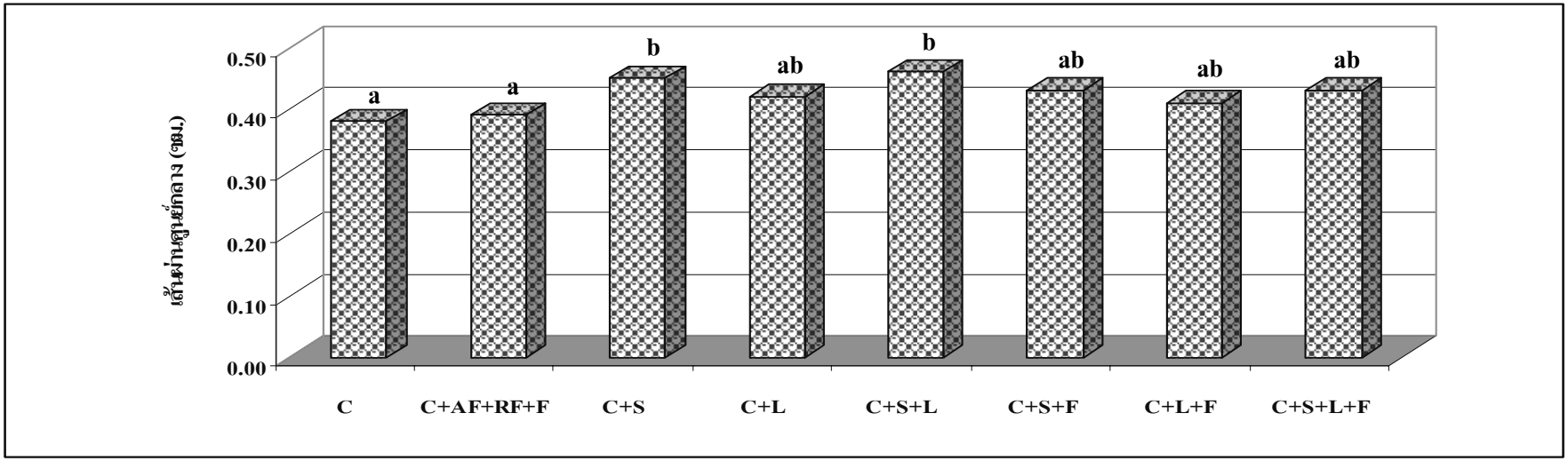
C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT



รูปที่ 4-5 เปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

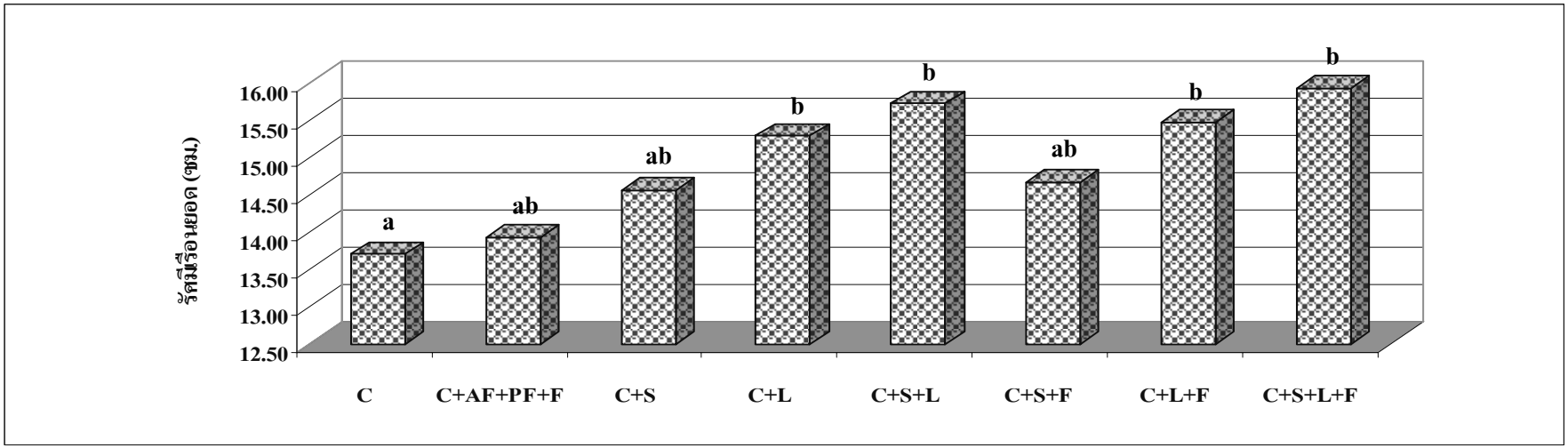
C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT



รูปที่ 4-6 เปรียบเทียบรัศมีเรือนยอดของต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

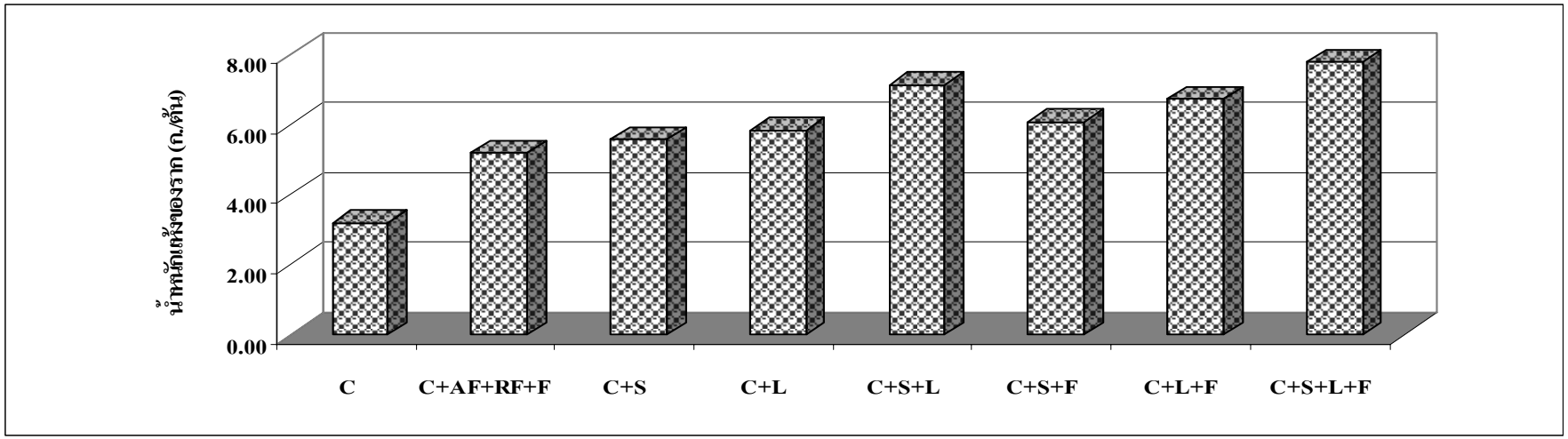
C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT



รูปที่ 4-7 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของรากต้นยางชำถุงตามตำรับทดลอง เมื่ออายุครบ 90 วัน

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

4.5 ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง

จากหัวข้อ 4.3 และ 4.4 ให้คำตอบแล้วว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งส่งผลให้ต้นยางชำถุงมีปริมาณอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารเพื่อการเติบโตดีได้เท่าเทียมหรือดีกว่าการเติมปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

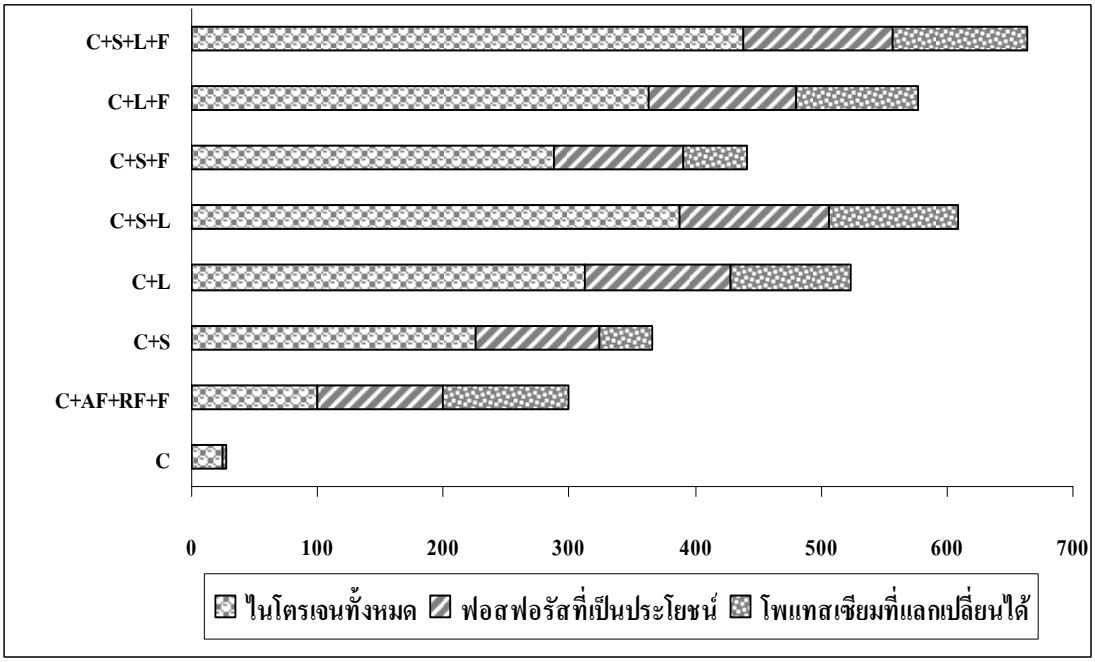
4.5.1 ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยเคมี

ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยเคมีของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งพิจารณาจากความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ที่พบในกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ทั้งก่อนและหลังใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินจนเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน

โดยพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง นอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณาในส่วนของปริมาณธาตุอาหารหลักจะเห็นได้ว่า กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเพียงพอเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (รูปที่ 4-8) โดยเมื่อเปรียบเทียบในรูปปริมาณสัมพัทธ์ของธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ในดินเพาะชำต้นยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (เมื่อกำหนดให้ ปริมาณธาตุอาหารแต่ละธาตุจากตำรับทดลอง C+AF+RF+F = 100) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารหลักเพียงพอในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี

กล่าวโดยสรุปคือ กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งที่นำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุงในครั้งนี้มีศักยภาพเพียงพอในการทดแทนปุ๋ยเคมีได้

เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพาะชำยางชำถุงเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน พบว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ตามตำรับทดลองล้วนส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในช่วง 1485.83-1790.00 mg/kg (ตารางที่ 4-5) ซึ่งเป็นค่าตัวเลขที่มากกว่า 30 ppm อันเป็นค่าที่ระบุถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระดับสูงสำหรับดินปลูกยางพารา จึงเป็นไปได้ว่าไม่มีความจำเป็นต้องเติมปุ๋ยหินฟอสเฟตอัตรา 170 กรัม/หลุม เมื่อย้ายต้นยางชำถุงปลูกลงหลุมในสวนยางพารา



รูปที่ 4-8 ปริมาณสัมพัทธ์ของธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ในดินเพาะชำต้นยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (เมื่อกำหนดให้ ปริมาณธาตุอาหารแต่ละธาตุจากตำรับทดลอง C+AF+RF+F = 100)

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

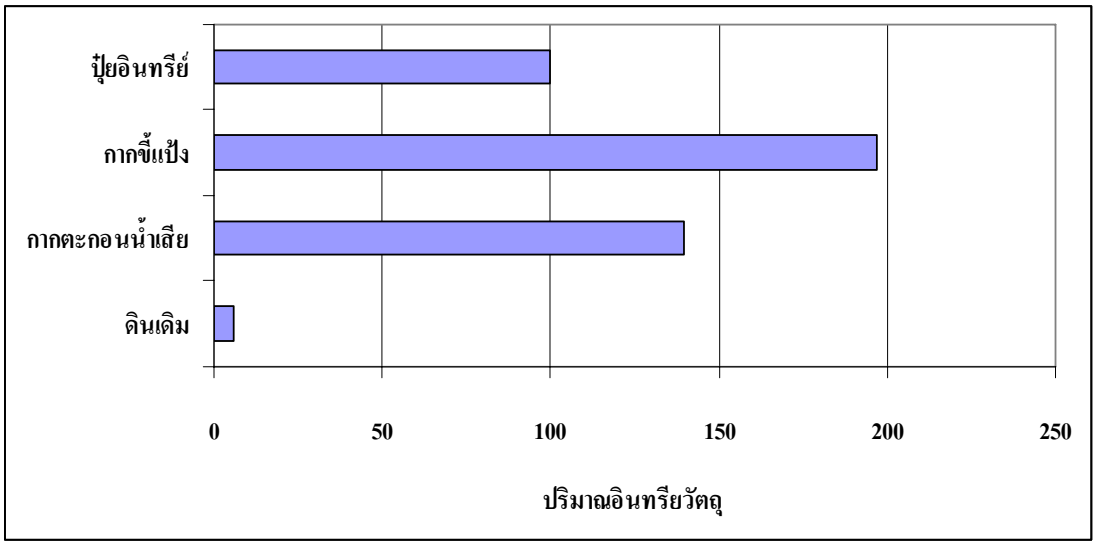
C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

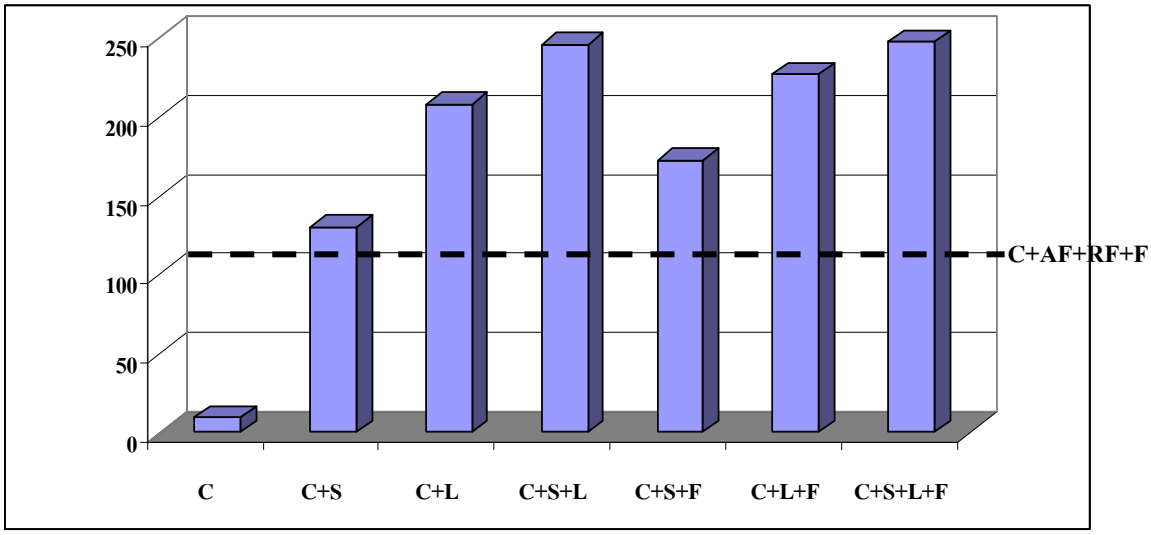
4.5.2 ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยอินทรีย์

ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยอินทรีย์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งพิจารณาจากความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM%) ที่พบในกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งทั้งก่อนและหลังใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งพบว่า กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินภายหลังจากเติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง และปุ๋ย) เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ ผ-3) โดยโครงสร้างของดินมีความร่วนซุย มีการแทรกตัวของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในเนื้อดิน ทำให้ดินมีช่องว่างภายในเพิ่มขึ้น น้ำและอากาศจึงสามารถซึมผ่านได้ดี (รูปที่ ผ-3) นอกจากนี้ส่งผลให้รากพืชชอนไชและเติบโตได้ดีด้วย ลักษณะโครงสร้างของดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารานั้น ได้แก่ แบบก้อนเหลี่ยม ก้อนเหลี่ยมมุมบน และก้อนกลมทึบ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง และปุ๋ยอินทรีย์นั้น อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง นอกจากนี้ในกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ยังมีปริมาณอินทรียวัตถุ (รูปที่ 4-9) อยู่ในระดับสูงมากตามระดับมาตรฐานอินทรียวัตถุในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี อีกทั้งการเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพาะยางชำถุงเพียงพอ เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วันด้วย (รูปที่ 4-10)

นั่นแสดงให้เห็นว่า กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งที่นำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุงในครั้งนี้ มีศักยภาพเพียงพอในการเป็นแหล่งอินทรียวัตถุที่สามารถทดแทนปุ๋ยอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 4-9 ปริมาณสัมพัทธ์ของอินทรียวัตถุในสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งและปุ๋ยอินทรีย์) เมื่อกำหนดให้ ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ = 100



รูปที่ 4-10 ปริมาณสัมพัทธ์ของอินทรียวัตถุในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (เมื่อกำหนดให้ ปริมาณอินทรียวัตถุในตำรับทดลอง C+AF+RF+F = 100)

หมายเหตุ : C หมายถึง ดินเดิม

C+AF+RF+F หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) อัตรา 10 กรัม/ถุงเพาะชำ + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร)

C+L หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร)

C+S+L หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร)

C+S+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากขี้แป้ง (3:1 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

C+S+L+F หมายถึง ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง (3:0.5:0.5 โดยปริมาตร) + ปุ๋ยเคมี (20-8-20) อัตรา 5 กรัม/ถุงเพาะชำ

4.5.3 ต้นทุน

ค่าใช้จ่ายในการนำกากตะกอนน้ำเสีย และกากขี้แป้งมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกยางพารา คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สามารถวิเคราะห์ได้เท่านั้น คือ ค่าแรงงานคน ค่าปุ๋ย และค่าขนส่ง โดยคำนวณเปรียบเทียบภายใต้สภาวะที่ได้การเติบโตของยางพาราไม่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์กากตะกอนน้ำเสียจากบริษัทสุราษฎร์ซีฟู้ด จำกัด และกากขี้แป้งจากบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี จึงไม่มีต้นทุนในการซื้อกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง

4.4.3.1 ค่าใช้จ่ายจากการซื้อปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ (ราคา ณ วันที่ 25 มกราคม 2551)

- ปุ๋ยหินฟอสเฟต สูตร 0-3-0	ราคาประมาณ 250 บาท/50 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 5 บาท
- ปุ๋ยเคมี	ราคาประมาณ 670 บาท/50 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 14 บาท
- ปุ๋ยอินทรีย์ ตราสามดอกจิก	ราคาประมาณ 570 บาท/50 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 12 บาท

4.4.3.2 ค่าใช้จ่ายจากการใช้ประโยชน์กากตะกอนน้ำเสีย

เนื่องจากกากตะกอนน้ำเสียเป็นของแข็งที่ผ่านการตากแห้งมาเรียบร้อยแล้วจากขบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ทำให้กากตะกอนน้ำเสียที่นำมาใช้พร้อมที่จะใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนน้ำเสีย อาจมีเพียงค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายจริงขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ ระยะทางที่นำไปใช้ซึ่งต้องพิจารณาอีกครั้งหากมีการนำไปใช้จริงในทางเกษตร สำหรับค่าขนส่งในงานวิจัยครั้งนี้พอจะประเมินได้ดังนี้

- ค่าขนส่ง ระยะทาง 160 กิโลเมตร	ราคาประมาณ 700 บาท/ตัน กิโลกรัมละ 0.7 บาท

4.4.3.3 ค่าใช้จ่ายจากการใช้ประโยชน์กากขี้แป้ง

ค่าใช้จ่ายในการนำกากขี้แป้งมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปรับปรุงดินนั้น จะมาจากการทำกากขี้แป้งให้แห้งก่อนโดยการระเหยเอาน้ำออกด้วยวิธีการตากแห้ง โดยใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ด้วยกากขี้แป้งที่มาจากโรงงานเป็นของเสียที่มีความชื้น โดยมีความชื้นเท่ากับ 44.5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของแข็งของกากขี้แป้งเท่ากับ 55.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในกากขี้แป้ง

100 กิโลกรัม จะมีน้ำหนักน้ำเท่ากับ 45.5 กิโลกรัม และน้ำหนักกากขี้แป้งเท่ากับ 55.5 กิโลกรัม โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนี้มาจากค่าใช้จ่ายส่วนของแรงงานคนสามารถคำนวณได้ดังนี้

ปริมาณกากขี้แป้งสด 1,000 กิโลกรัม สามารถทำให้แห้งด้วยการตากแห้ง ใช้เวลาประมาณ 7 วัน จะได้กากขี้แป้งแห้งประมาณ 555 กิโลกรัม

ค่าแรงงาน คิดเป็นอัตราชั่วโมงละ 20 บาท (อัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำของจังหวัดสุราษฎร์ธานี เท่ากับ 155 บาท/วัน; ภาคผนวก ข) ใช้ระยะเวลาในการตาก และเก็บโดยเฉลี่ย 7 วัน วันละ 8 ชม. คนงาน 1 คน ปริมาณกากขี้แป้ง 3,000 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการตากแห้งกากขี้แป้ง ดังนี้

การตากกากขี้แป้งสด 3,000 กก.แล้วได้น้ำหนักแห้ง 1,665 กิโลกรัม เกิดค่าใช้จ่ายประมาณ 1.8 บาท/หนึ่งกิโลกรัมกากขี้แป้งน้ำหนักแห้ง หรือกิโลกรัมละประมาณ 1.8 บาท

ค่าขนส่ง ระยะทาง 120 กิโลเมตร ราคาประมาณ 500 บาท/ตัน กิโลกรัมละ 0.5 บาท

การศึกษาวิจัยเพาะชำต้นยางชำถุง โดยใช้ดินเดิม 3 ส่วน และสิ่งทดลอง 1 ส่วน (อัตรา 3:1 โดยปริมาตร) จะเกิดเป็นค่าใช้จ่ายดังนี้

ตารางที่ 4-11 ค่าใช้จ่ายในการผลิตต้นยางชำถุง

ตำรับที่	ตำรับทดลองยางชำถุง พันธุ์ RRIM 600	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (บาท/ถุงเพาะชำ)
1	ดินเดิม	0
2	ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ + ปุ๋ยหินฟอสเฟต+ปุ๋ยเคมี	3.1
3	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย	0.18
4	ดินเดิม + กากขี้แป้ง	0.58
5	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง	0.38
6	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + ปุ๋ยเคมี	0.25
7	ดินเดิม + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	0.65
8	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	0.45

หมายเหตุ: ถุงเพาะชำ หมายถึง ถุงเพาะชำขนาด 11.5×35 ซม.

ดินสำหรับการเพาะชำยางชำถุงในงานวิจัยนี้ ใช้ดินในพื้นที่สวนยางพารา จึงมีต้นทุนเท่ากับศูนย์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เกษตรกรต้องซื้อดินในการเพาะชำยางชำถุง ซึ่งประมาณการได้ดังนี้ ดิน 15 ตัน ราคา 1,800 บาท บรรจุถุงได้ประมาณ 11,000 ถุง ทำให้มีต้นทุนประมาณ 0.12 บาท/ถุง

จากการคำนวณพบว่า ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของการนำกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นในราคาที่ถูกกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีในสูตรที่เกษตรกรนิยมใช้อยู่ในการปลูกยางพารา อีกทั้งปริมาณธาตุอาหารเพื่อการเติบโตของต้นยางชำถุงที่คงเหลืออยู่ในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองนั้น การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งทำให้ดินคงมีธาตุอาหารเพียงพอสำหรับการนำต้นยางชำถุงย้ายปลูกลงหลุมในพื้นที่สร้างสวนยางอีกด้วย เท่ากับว่าเกษตรกรไม่มีความจำเป็นต้องลงทุนซื้อปุ๋ยมาใส่ลงดินอีกครั้ง และเมื่อพิจารณาในเรื่องการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้น ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัด และเป็นการเพิ่มมูลค่าของเสียให้มีประโยชน์ขึ้นมาใหม่ นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหามลพิษทางน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้น กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารให้กับพืชได้ อย่างไรก็ตาม อาจมีความเป็นไปได้ว่าหากมีการนำกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมาใช้แล้วเกิดประโยชน์ส่งผลให้สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ ต้นทุนของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งอาจมีมูลค่าเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกัน

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งและปุ๋ย)

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนเติมสิ่งทดลองจากพื้นที่ศึกษาวิจัย ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง และปุ๋ย ถือได้ว่าเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินความเป็นไปได้ของสิ่งทดลองในแง่ของการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการเพาะชำยางชำถุง ซึ่งมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีสำหรับการเติบโตของต้นยางชำถุง ทั้งนี้พารามิเตอร์ที่ศึกษาวิจัย ประกอบด้วย ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณคาร์บอน ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) และธาตุอาหารรอง (แมกนีเซียม) โดยมีผลการศึกษาวิจัยดังนี้

4.1.1 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนเติมสิ่งทดลอง

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยก่อนเติมสิ่งทดลอง พบว่า ดินเป็นดินกรดจัดมาก เพราะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 4.53 (ตารางที่ 4-1 และตารางที่ ผ.3) ซึ่งไม่น่าจะมีปัญหาต่อการเพาะชำยางชำถุง เนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตของยางพารานั้นอยู่ระหว่าง 4.50-5.50 และสามารถเติบโตได้ในช่วง 3.80-6.00 (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

อย่างไรก็ตาม ดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อพิจารณาจากปริมาณอินทรียวัตถุ (0.71%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5 = 4.37 mg/kg) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O = 41.30 mg/kg) เทียบกับปริมาณที่กำหนดเพื่อจำแนกความอุดมสมบูรณ์ของดินตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (ตารางที่ ผ.4) และเทียบกับระดับมาตรฐานอินทรียวัตถุในดิน (ตารางที่ ผ.1) แต่เมื่อเทียบสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดิน (ตารางที่ 4-1) กับระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (ตารางที่ ผ.2) พบว่าสมบัติของดินที่บ่งบอกระดับธาตุอาหารในดินต่ำได้แก่ ปริมาณคาร์บอน (0.35 %) ไนโตรเจนทั้งหมด (total N = 0.04 %) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5 = 4.37 mg/kg) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Mg = 0.07 me/100g) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O = 41.30 mg/kg) และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity; CEC = 11.50 me/100g) นั้นบ่งบอกระดับธาตุอาหารปานกลาง (ตารางที่4-1 และตารางที่ ผ.4 และ ผ.9)

สำหรับปริมาณโลหะหนักในการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 4-1) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ โลหะหนักที่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็น (essential element) สำหรับการเติบโตของพืช (ทองแดง แมงกานีส เหล็ก และสังกะสี) และโลหะหนักที่เป็นธาตุพิษ (toxic element) แคดเมียม ตะกั่ว และนิเกิล พบว่า ปริมาณโลหะหนักในดินพื้นที่ศึกษาวิจัย เป็นปริมาณโลหะหนักที่พบได้ในดินทั่วๆ ไป เมื่อเทียบกับค่าปรกติของจุลธาตุในดิน (ตารางที่ ผ.7) และปริมาณจุลธาตุในระดับปรกติที่มีอยู่ในดิน และค่าวิกฤตในดิน ดังตารางที่ ผ.8 รวมทั้งประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (ภาคผนวก ค)

ประกอบกับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน CEC = 11.50 me/100g จัดอยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 4-1 และ ตารางที่ ผ.2) บ่งบอกให้ทราบว่าโอกาสการเกิดปัญหาจากโลหะหนักในพื้นที่ศึกษาวิจัยน่าจะมีน้อย

ทั้งนี้เนื้อดิน (soil texture) บริเวณพื้นที่ศึกษาวิจัยเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) มีองค์ประกอบของ sand silt และ clay เท่ากับ 52.30, 15.50 และ 32.20% ตามลำดับ จัดเป็นเนื้อดินที่เหมาะสมต่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง (นุชนารถ กังพิศดาร, 2547)

กล่าวได้ว่า ดินในพื้นที่ศึกษาวิจัย ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี น่าจะมีศักยภาพเพียงพอในการใช้ทดลองปลูกต้นยางชำถุง โดยไม่น่าจะมีปัญหาเรื่องความเป็นพิษจากโลหะหนัก

4.1.2 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย

กากตะกอนน้ำเสียเป็นผลพลอยได้ ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งประเภทสารอินทรีย์ที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษากากตะกอนน้ำเสียของอุตสาหกรรมการเกษตรประเภทโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งของบริษัทสุราษฎร์ซีฟู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยพบว่ามีกากตะกอนน้ำเสียเกิดขึ้นประมาณ 10 ตันต่อปี เป็นอินทรียสารที่มีธาตุปุ๋ย (N, P, K) โดยเฉพาะไนโตรเจน (N) สูงถึง 8.86% (Pengnoo et al., 2002) อีกทั้งการเติมกากตะกอนน้ำเสียลงสู่ดินจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญ (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2541, 2536, 2529; Gillies et al., 1989) นับเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินโดยไม่มีปัญหาเรื่องการสลายตัว เพราะกากตะกอนน้ำเสียโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 5:1 (Pengnoo et al., 2002) จึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของพืช (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2541; Siriratpiriya, 1999,1996; Chaney, R.L. 1980; Bingham et al., 1975)

ตารางที่ 4-1 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนเติมสิ่งทดลอง

สมบัติทางเคมี		**ดิน**
ความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน : น้ำ = 1: 1)		4.53
อินทรียวัตถุ (%)		0.71
คาร์บอน (%)		0.35
ธาตุอาหารหลัก	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.04
	ฟอสฟอรัสที่เป□ประโยชน์ (P_2O_5 ; mg/kg)	4.37
	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O ; mg/kg)	41.30
ธาตุอาหารรอง	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (me/100g)	0.07
โลหะหนัก* (mg/kg)		
โลหะหนักที่เป็นธาตุที่จำเป็น (essential element)	ทองแดง (Cu)	0.83 (1.25)
	แมงกานีส (Mn)	0.80 (3.88)
	เหล็ก (Fe)	40.25 (200.00)
	สังกะสี (Zn)	0.30 (1.00)
โลหะหนักที่เป็นธาตุพิษ (toxic element)	แคดเมียม (Cd)	<0.10
	ตะกั่ว (Pb)	0.25 (0.50)
	นิเกิล (Ni)	0.50 (1.00)
CEC (me/100 g)		11.50
สมบัติทางกายภาพ		
เนื้อดิน (soil texture)	sand 52.30%	sandy clay loam ดินร่วนเหนียวปนทราย
	silt 15.50%	
	clay 32.20%	

หมายเหตุ: <0.10 หมายถึง Detection limit ของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์ Cd = 0.10 ppm

* ปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้ สกัดด้วย 0.005 M DTPA และปริมาณโลหะหนักทั้งหมด สกัดด้วย $NHO_3 + HClO_4$ [ค่าตัวเลขใน ( )]

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง บริษัทสุราษฎร์ซีฟู้ดส์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า กากตะกอนน้ำเสียมีความเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจากมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 6.29 (ตารางที่ 4-2 และ ตารางที่ ผ.3) และมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C: N ratio) ประมาณ 10.02: 1 (ตารางที่ 4-2) การสลายตัวของกากตะกอนน้ำเสียจึงเป็นไปได้ด้วยดี โดยไม่ลดปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช กล่าวคือ โอกาสที่จะเกิดการดูดดึงไนโตรเจน (nitrogen immobilization) โดยจุลินทรีย์มีน้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548)

นอกจากนี้ กากตะกอนน้ำเสียน่าจะเป็นแหล่งอินทรียวัตถุให้กับดินในการปลูกยางพารา เพราะปริมาณอินทรียวัตถุ (16.85 %, ตารางที่ 4-2) มีอยู่ในระดับสูงมาก เมื่อเทียบกับมาตรฐานระดับอินทรียวัตถุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน (ตารางที่ ผ.1) และเป็นไปได้ว่า กากตะกอนน้ำเสียน่าจะเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับดินในการเพาะชำยางชำถุงด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาจากค่าที่วิเคราะห์ได้ในตารางที่ 4-2 เทียบกับระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (ตารางที่ ผ.2) กล่าวคือ ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) จัดอยู่ระดับธาตุอาหารสูงทั้งสิ้น อีกทั้งปริมาณอินทรียวัตถุในกากตะกอนน้ำเสียยังช่วยให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น เช่น ความร่วนซุย การอุ้มน้ำ ลดการพังทะลายหรือถูกชะล้างของดิน ประกอบกับอินทรียวัตถุทำให้เกิดกรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นตัวทำละลายให้ธาตุโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสในดินละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) ส่วนปริมาณแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่มีผลต่อการเติบโตของยางพาราและคุณภาพน้ำยาง กล่าวคือ แมกนีเซียมในดินปริมาณ >0.30 me/100g จัดเป็นระดับธาตุอาหารปานกลาง และปริมาณ <0.30 me/100g จัดเป็นธาตุอาหารระดับต่ำ ตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (Thainugul,1986) ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า กากตะกอนน้ำเสียมีปริมาณแมกนีเซียม (Mg = 0.22 me/100g) จัดอยู่ในระดับต่ำตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา

ส่วนการปนเปื้อนโลหะหนักในกากตะกอนน้ำเสียน่าจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาหรือเกิดความกังวลใจในการนำกากตะกอนน้ำเสียไปใช้ประโยชน์เมื่อเทียบปริมาณที่ตรวจพบ (ตารางที่ 4-2) กับปริมาณโลหะหนักที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนน้ำเสียที่จะใส่ลงในพื้นที่การเกษตรของประเทศต่างๆ (ตารางที่ ผ.6) ดังนั้น เมื่อนำกากตะกอนน้ำเสียไปเติมลงดินเพื่อให้เป็นแหล่งของอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารในการเพาะชำยางชำถุง จึงมีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนโลหะหนัก

อาจกล่าวได้ว่า กากตะกอนน้ำเสียมีศักยภาพเพียงพอในการนำมาใช้ในเป็นแหล่งอินทรียวัตถุและแหล่งของธาตุอาหารหลัก (N, P, K) สำหรับการเพาะชำยางชำถุง

ตารางที่ 4-2 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสีย

สมบัติทางเคมี		กากตะกอนน้ำเสีย
ความเป็นกรดเป็นด่าง (กากตะกอนน้ำเสีย : น้ำ = 1:1)		6.29
อินทรียวัตถุ (%)		16.85
คาร์บอน (%)		8.42
อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)		10.02:1
ธาตุอาหารหลัก	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.84
	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5 ; mg/kg)	2,931.06
	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; mg/kg)	338.00
ธาตุอาหารรอง	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (me/100 g)	0.22
โลหะหนัก * (mg/kg)		
โลหะหนักที่เป็นธาตุที่จำเป็น (essential element)	ทองแดง (Cu)	1.23 (26.00)
	แมงกานีส (Mn)	1.55 (46.00)
	เหล็ก (Fe)	23.28 (206.50)
	สังกะสี (Zn)	3.55 (15.90)
โลหะหนักที่เป็นธาตุพิษ (toxic element)	แคดเมียม (Cd)	<0.10
	ตะกั่ว (Pb)	0.25 (0.50)
	นิเกิล (Ni)	0.50 (1.00)

หมายเหตุ: <0.10 หมายถึง Detection limit ของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์ Cd = 0.10 ppm

* ปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้ สกัดด้วย 0.005 M DTPA และปริมาณโลหะหนักทั้งหมด สกัดด้วย NHO_3 + $HClO_4$ [ค่าตัวเลขใน ( )]

4.1.3 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากขี้แป้ง

กากขี้แป้งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการการผลิตน้ำยางข้น เฉพาะกรณีของบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปริมาณกากขี้แป้งเกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 1,668 กิโลกรัมต่อวัน จากกำลังผลิตน้ำยางข้น 80 ตันต่อวัน เทียบได้กับ 3.34 กิโลกรัมกากขี้แป้งต่อตันน้ำยางข้น (ปนัดดา คำรัตน์, 2545) นั้น พบว่าก็มีธาตุปุ๋ย (N, P, K) คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P ในรูป P_2O_5) และโพแทสเซียม (K ในรูป K_2O) เท่ากับ 28,164.50, 3,794.10, และ 30,400.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547; สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ. 2545; วราศรี เถกประสิทธ์. 2543) และสามารถใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปรับปรุงดินสำหรับ

การปลูกพืชและเป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อการปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศ ข้าว เมื่อใช้ประโยชน์ควบคู่กับกากตะกอนน้ำเสีย (วลัยพร ผ่อนผัน, 2547)

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น บริษัท อินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า กากขี้แป้งมีความเป็นด่างปานกลาง โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 8.31 (ตารางที่ 4-3 และ ตารางที่ ผ.3) และมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 10:1 (ตารางที่ 4-2) การสลายตัวของกากขี้แป้งจึงเป็นไปได้ด้วยดี โดยไม่ลดปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช กล่าวคือ โอกาสที่จะเกิดการดูดดึงไนโตรเจน (nitrogen immobilization) โดยจุลินทรีย์มีน้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2548)

นอกจากนี้ กากขี้แป้งมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงมาก (23.76 %) เมื่อเทียบกับเกณฑ์ของกองจำแนกดินกรมพัฒนาที่ดิน (ดังตารางที่ ผ.4) นั่นแสดงให้เห็นว่าอินทรียวัตถุในกากขี้แป้งจะเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชบางชนิดโดยตรง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น นอกจากนี้จะช่วยให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น เช่น ความร่วนซุย การอุ้มน้ำ ลดการพังทะลายหรือถูกชะล้างของดิน ประกอบกับอินทรียวัตถุทำให้เกิดกรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นตัวทำละลายให้ธาตุโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสในดินละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548)

ส่วนโอกาสของการเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับการเพาะชำต้นยางชำถุงก็มีอยู่สูง เมื่อพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ในกากขี้แป้งพบว่า มีอยู่ในระดับสูง กล่าวคือ มีปริมาณไนโตรเจน (total N) 1.18 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) 15,702.13 mg/kg และมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O) 338 mg/kg เมื่อเทียบกับระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา ตารางที่ ผ.2 และการแปลผลวิเคราะห์ดินของสำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 11 จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตารางที่ ผ.9) ส่วนปริมาณแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่มีผลต่อการเติบโตของยางพาราและคุณภาพน้ำยาง กล่าวคือ แมกนีเซียมในดินปริมาณ >0.30 me/100g จัดเป็นระดับธาตุอาหารปานกลาง และปริมาณ <0.30 me/100g จัดเป็นธาตุอาหารระดับต่ำ ตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (Thainugul,1986) ผลการวิเคราะห์พบว่า กากขี้แป้งมีปริมาณแมกนีเซียม (Mg = 0.20 me/100g) จัดอยู่ในระดับต่ำ นั่นแสดงว่าปริมาณแมกนีเซียมไม่น่ามีผลต่อการเติบโตและคุณภาพน้ำยาง

สำหรับความกังวลใจเรื่องโลหะหนักที่มีโอกาสปนเปื้อนในกากขี้แป้งมีน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบ (ตารางที่ 4-2) กับปริมาณโลหะหนักที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนน้ำเสียที่จะใส่ลงในพื้นที่การเกษตรของประเทศต่างๆ ตารางที่ ผ.6) ดังนั้น จึงไม่มีความกังวลในเรื่องของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อเติมกากขี้แป้งหรือใช้ประโยชน์กากขี้แป้งเพื่อการเพาะชำยางชำถุง

ตารางที่ 4-3 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของกากขี้แป้ง

สมบัติทางเคมี		กากขี้แป้ง
ความเป็นกรดเป็นด่าง (กากขี้แป้ง : น้ำ = 1:10)		8.31
อินทรียวัตถุ (%)		23.76
คาร์บอน (%)		11.83
อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)		10.03:1
ธาตุอาหารหลัก	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.18
	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5 ; mg/kg)	15,702.13
	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; mg/kg)	1,398.00
ธาตุอาหารรอง	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (me/100 g)	0.20
โลหะหนัก* (mg/kg)		
โลหะหนักที่เป็นธาตุที่จำเป็น (essential elements)	ทองแดง (Cu)	1.08 (1.30)
	แมงกานีส (Mn)	1.40 (2.63)
	เหล็ก (Fe)	13.10 (45.75)
	สังกะสี (Zn)	120.00 (150.00)
โลหะหนักที่เป็นธาตุพิษ (toxic element)	แคดเมียม (Cd)	<0.10
	ตะกั่ว (Pb)	0.250 (0.50)
	นิเกิล (Ni)	0.50 (1.00)

หมายเหตุ: <0.10 หมายถึง Detection limit ของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์ Cd = 0.10 ppm

* ปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้ สกัดด้วย 0.005 M DTPA และปริมาณโลหะหนักทั้งหมด สกัดด้วย NHO_3 + $HClO_4$ [ค่าตัวเลขใน ( )]

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า กากขี้แป้งของบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี น่าจะมีศักยภาพเพียงพอในการเพาะชำยางชำถุง เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนสูงมาก ประกอบกับมีฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงด้วย ทำให้มีประโยชน์ในลักษณะเป็นแหล่งธาตุอาหารสำรองสำหรับพืชได้ในระยะยาว

4.1.4 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยการเพาะชำยางชำถุงในครั้งนี้คือ ปุ๋ยอินทรีย์ได้ มอก. และรับรองโดยกรมวิชาการเกษตร ซึ่งเกษตรกรสวนยางอำเภอพระแสงนิยมใช้ มีสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีดังนี้

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์มีความเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจากมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 6.17 (ตารางที่ 4-4 และ ตารางที่ ผ.3) และมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ประมาณ 7.60:1 (ตารางที่ 4-2) การสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นไปได้ด้วยดี โดยไม่ลดปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช กล่าวคือ โอกาสที่จะเกิดการดูดดึงไนโตรเจน (nitrogen immobilization) โดยจุลินทรีย์มีน้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2548)

นอกจากนี้พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์น่าจะเป็นแหล่งอินทรียวัตถุให้กับดินในการเพาะชำยางชำถุง เพราะมีปริมาณอินทรียวัตถุ (12.05%, ตารางที่ 4-4) มีอยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับมาตรฐานระดับอินทรียวัตถุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน (ตารางที่ ผ.1) เช่นเดียวกับปริมาณคาร์บอน 5.57% ซึ่งอยู่ในระดับสูงตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพาราที่เสนอโดย Thainugul (1980) กล่าวคือ ปริมาณคาร์บอนสูงอยู่ในช่วง 1.60-2.50% และเป็นได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับดินในการปลูกยางพาราด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาจากค่าที่วิเคราะห์ได้ในตารางที่ 4-4 เทียบกับระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (ตารางที่ ผ.2) กล่าวคือ ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ล้วนจัดอยู่ระดับธาตุอาหารสูงทั้งสิ้น ส่วนปริมาณธาตุอาหารรองคือ แมกนีเซียมที่พบในปุ๋ยอินทรีย์คือ 0.25 me/100g ซึ่งอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบตามระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา

ส่วนความกังวลใจเรื่องโลหะหนักที่มีโอกาสปนเปื้อนในปุ๋ยอินทรีย์น่าจะมีน้อยเมื่อเทียบปริมาณที่ตรวจพบ (ตารางที่ 4-4) กับปริมาณโลหะหนักที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนน้ำเสียที่จะใส่ลงในพื้นที่การเกษตรของประเทศต่างๆ (ตารางที่ ผ.6) และประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (2547) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ดังนั้นจึงไม่มีความกังวลในเรื่องของการปนเปื้อนโลหะหนักในดินเพาะชำยางชำถุงเมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ไปเติมลงดินเพื่อให้เป็นแหล่งของอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหาร

อาจกล่าวได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์มีศักยภาพเพียงพอในการนำมาใช้เป็นแหล่งอินทรียวัตถุและแหล่งของธาตุอาหารสำหรับเพาะชำยางชำถุง

ตารางที่ 4-4 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์

สมบัติทางเคมี		ปุ๋ยอินทรีย์
ความเป็นกรดเป็นด่าง (ปุ๋ยอินทรีย์ : น้ำ = 1:10)		6.12
อินทรียวัตถุ (%)		12.05
คาร์บอน (%)		5.75
อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)		7.60:1
ธาตุอาหารหลัก	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.75
	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5 ; mg/kg)	2,941.90
	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; mg/kg)	1,420.00
ธาตุอาหารรอง*	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (me/100 g)	0.25
โลหะหนัก * (mg/kg)		
โลหะหนักที่เป็นธาตุที่จำเป็น (essential elements)	ทองแดง (Cu)	1.78 (2.50)
	แมงกานีส (Mn)	1.54 (3.43)
	เหล็ก (Fe)	9.10 (39.55)
	สังกะสี (Zn)	90.00 (180.00)
โลหะหนักที่เป็นธาตุพิษ (toxic element)	แคดเมียม (Cd)	<0.10
	ตะกั่ว (Pb)	0.25 (0.5)
	นิเกิล (Ni)	0.50 (1.00)

หมายเหตุ: <0.10 หมายถึง Detection limit ของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์ Cd = 0.10 ppm

* ปริมาณโลหะหนักที่พืชดูดดึงได้ สกัดด้วย 0.005 M DTPA และปริมาณโลหะหนักทั้งหมด สกัดด้วย NHO_3 + $HClO_4$ [ค่าตัวเลขใน ( )]

4.2 ผลของการเติมกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ต่อสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินภายหลังการเพาะชำยางชำถุง 90 วัน

การเตรียมวัสดุเพาะชำเพื่อใช้ชำต้นยางชำถุงนั้น ใช้ดิน 3 ส่วน ผสมวัสดุปรับปรุงดิน (ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก) 1 ส่วนโดยปริมาตร และเติมปุ๋ยหินฟอสเฟต 10 กรัม/ถุงเพาะชำ รวมทั้งปุ๋ยเคมี 5 กรัม/ถุงเพาะชำ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยึดอัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร ในการผสมดินกับสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์) หลังจากชำต้นตอตายางลงในวัสดุเพาะชำ จนกระทั่งต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน จึงสุ่มตัวอย่างดินเพาะชำยางชำถุงมาวิเคราะห์สมบัติและองค์ประกอบทางเคมี

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน สามารถบ่งชี้ถึงปริมาณธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีในดินที่เติมสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี) นอกจากนี้สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน ยังช่วยประเมินความเป็นประโยชน์และความเพียงพอของธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในดินเพาะชำยางชำถุง ซึ่งพร้อมย้ายปลูกในพื้นที่สวนยาง รวมทั้งทราบถึงปริมาณโลหะหนักที่ตกค้างในดินว่ามีปริมาณที่ก่อให้เกิดพิษหรือเพิ่มความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินเมื่อต้นยางชำถุง อายุ 90 วัน ประเมินได้ดังนี้

4.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เมื่อพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ 4-5) พบว่า การเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหินฟอสเฟต และปุ๋ยเคมีส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 33.66^{**}) ทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากกากตะกอนน้ำเสียก่อนเติมลงดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.29 (ตารางที่ 4-2) ส่วนกากขี้แป้งมีค่าความเป็นกรดด่าง 8.31 (ตารางที่ 4-3) และปุ๋ยอินทรีย์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.12 (ตารางที่ 4-4) โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนทดลอง (soil pH = 4.53) เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 4.55-6.13 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมในการเติบโตของยางพารา เพราะความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตของยางพารานั้นอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 และเติบโตได้ในช่วง 3.8-6.0 (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

การเติมกากขี้แป้ง เมื่อต้นยางชำถุงอายุ ครบ 90 วัน ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นสูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่น (อยู่กลุ่มอักษร d) ส่วนการเติมกากตะกอนน้ำเสีย การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง และการเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมีก็ยังส่งผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) ขณะที่การเติมกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี และการเติมปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อยู่กลุ่มอักษร c เดียวกัน) นอกจากนี้พบว่า อิทธิพลของการเติมปุ๋ยเคมีลงสู่ดินที่มีผลต่อการลดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอย่างมีนัยสำคัญนั้น เห็นได้ชัดเจนกรณีเติมร่วมกับกากขี้แป้งเท่านั้น แม้ว่าการเติมกากขี้แป้งสามารถช่วยในการปรับสภาพดิน โดยช่วยทำให้ดินมี pH เป็นกลาง (วราศรี เถกประสิทธิ์, 2543) ขณะที่การเติมกากตะกอนน้ำเสียอาจทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างลดลงในช่วงแรกๆ ของการเติมซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น (Guidi et al., 1983)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ความเป็นประโยชน์ของกากตะกอนน้ำเสีย และกากขี้แป้ง

กากตะกอนน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตรประเภทโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งของบริษัทบริษัทสุราษฎร์ซีฟู้ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.29 ปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ 16.85 % ปริมาณคาร์บอน เท่ากับ 8.42% อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 10.02: 1 นอกจากนี้มีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารหลัก คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 0.84%, 2,931.06 mg/kg และ 338 mg/kg ตามลำดับ อีกทั้งธาตุอาหารรองได้แก่ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 0.22 me/100g ส่วนปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกากตะกอนน้ำเสียพบว่า โลหะหนักที่ตรวจพบมีในปริมาณน้อยจึงไม่มีความกังวลใจในเรื่องการปนเปื้อนของโลหะหนัก

กากขี้แป้งของบริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า มีค่าวามเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 8.31 ปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ 23.76% ปริมาณคาร์บอน เท่ากับ 11.83% อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 10.03: 1 ปริมาณธาตุอาหารหลักคือ ปริมาณไนโตเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 1.18%, 15,702.13 mg/kg และ 1,398 mg/kg ตามลำดับ ธาตุอาหารรองคือ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.20 me/100g สำหรับปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกากขี้แป้งนั้นพบว่า โลหะหนักที่ตรวจพบมีในปริมาณน้อยมาก

5.1.2 สมบัติทางเคมีของดินก่อนเติมสิ่งทดลอง

สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินก่อนเติมสิ่งทดลองจากพื้นที่ศึกษาวิจัย ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 4.53 ปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ 0.71% ปริมาณคาร์บอน เท่ากับ 0.35% นอกจากนี้ยังมีปริมาณธาตุอาหารหลักคือ ปริมาณไนโตเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.04%, 4.37 mg/kg และ 41.3 mg/kg ตามลำดับ ขณะที่มีปริมาณธาตุอาหารรองคือ แมกนีเซียมที่

แลกเปลี่ยนได้ 0.07 me/100g และเมื่อพิจารณาในส่วนของปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนพบว่าปริมาณที่ตรวจวัดได้พบในดินทั่วๆ ไปซึ่งมีปริมาณน้อยมากและยอมรับให้มีได้ดินเพื่อการเกษตร

5.1.3 ผลต่อการเติบโตของต้นยางชำถุง

การเติบโตทั้งความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอด และน้ำหนักแห้งของรากทุกตำรับทดลองที่เติมสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี) พบว่า ตำรับทดลองกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตรา 3:0.5:0.5 โดยปริมาตร มีการเติบโตของต้นยางชำถุงดีที่สุด และการเติบโตของต้นยางชำถุงทุกตำรับทดลองที่เติมสิ่งทดลองมีความแตกต่างชัดเจนจากดินเดิม เมื่อต้นยางชำถุงอายุย่างเข้าเดือนที่ 3 โดยการเติบโตของต้นยางชำถุงในตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้งร่วมปุ๋ยเคมี อัตรา 3:0.5:0.5 โดยปริมาตรมีความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง รัศมีเรือนยอดและน้ำหนักแห้งของรากสูงสุด คือ 18.40, 0.46, 16.35 ซม. และ 7.78 กรัม/ต้น ตามลำดับ

กล่าวได้ว่า การใช้กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมีศักยภาพเท่าเทียมและดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.4 ผลต่อสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินในการเพาะชำยางชำถุง

กากตะกอนน้ำเสียเป็นแหล่งอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของต้นยางชำถุง โดยส่งผลให้มีปริมาณของอินทรียวัตถุ ปริมาณคาร์บอน ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่ตกค้างในดินเพาะชำยางชำถุง เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน มีปริมาณเพียงพอที่ต้นยางชำถุงสามารถดึงดูดไปใช้ได้เมื่อทำการย้ายต้นยางชำถุงไปปลูกในพื้นที่สร้างสวนยาพาราใหม่ต่อไป โดยการเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกันร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณธาตุอาหารที่ตกค้างในดินดังนี้คือ ปริมาณอินทรียวัตถุ อยู่ในช่วง (4.13-7.85%) ปริมาณาคาร์บอน (2.15-4.09%) CEC. (22.25-29.30 me/100g) ปริมาณไนโตรเจน (0.18-0.35%) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (1,485.83-1,790.00 mg/kg) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (275.20-702.80 mg/kg) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (0.22-0.27 me/100g) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้ล้วนแล้วแต่มีปริมาณธาตุอาหารที่ตกค้างอยู่ในดินหลังทดลองเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน ในระดับที่สูงกว่าในดินเดิมและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีทั้งสิ้น

ปริมาณโลหะหนักที่พบในสิ่งทดลอง (กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งและปุ๋ย) พบว่าปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในดินเมื่อต้นยางชำถุงครบ 90 วัน มีน้อยมากและไม่มีความกังวลใจในเรื่องการปนเปื้อนโลหะหนักที่คาดว่าจะเป็นพิษหรือเสี่ยงที่จะเกิดพิษขึ้นได้เมื่อเทียบตาม

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

5.1.5 ศักยภาพการทดแทนปุ๋ย

ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยเคมีของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งพิจารณาจากความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ที่พบในกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง ทั้งก่อนและหลังใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินจนเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน

โดยพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง นอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณาในส่วนของปริมาณธาตุอาหารหลักจะเห็นได้ว่า กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเพียงพอเมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (รูปที่ 4-8) โดยเมื่อเปรียบเทียบในรูปปริมาณสัมพัทธ์ของธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ในดินเพาะชำ เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (เมื่อกำหนดให้ธาตุอาหารแต่ละธาตุจากตำรับทดลอง C+AF+RF+F = 100) อาจกล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียร่วมกับกากขี้แป้ง ส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารหลักเพียงพอในดินเพาะชำยางชำถุง

กล่าวโดยสรุปคือ กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งที่นำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเพาะชำและการเติบโตของยางชำถุงในครั้งนี้มีศักยภาพเพียงพอในการทดแทนปุ๋ยเคมีได้

ขณะที่ศักยภาพการทดแทนปุ๋ยอินทรีย์ของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งพิจารณาจาก ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM%) ที่พบในกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ทั้งก่อนและหลังใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งพบว่า กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินภายหลังการเติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งและปุ๋ย) เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน (ตารางที่ ผ-3) โครงสร้างของดินมีความร่วนซุย มีการแทรกตัวของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในเนื้อดิน จึงทำให้ดินสามารถระบายน้ำได้ดี นอกจากนี้ส่งผลให้รากพืชชอนไชและเติบโตได้ดีด้วย สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้งและปุ๋ยอินทรีย์นั้น อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุง นอกจากนี้ในกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ยังมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงมาก ตามระดับมาตรฐานอินทรียวัตถุในดิน

กล่าวได้ว่า การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง ส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพาะชำต้นยางชำถุงเพียงพอ เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน

นั่นแสดงให้เห็นว่า กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งที่นำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อการเพาะชำและการเติบโตของต้นยางชำถุงในครั้งนี้มีศักยภาพเพียงพอในการทดแทนปุ๋ยอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี

5.1.6 ต้นทุน

การศึกษาวิจัยเพาะชำต้นยางชำถุง โดยใช้ดินเดิม 3 ส่วน และวัสดุปรับปรุงดิน 1 ส่วน (อัตรา 3:1 โดยปริมาตร) ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร เกิดค่าใช้จ่ายดังนี้ (ตารางที่ 4-11)

ตำรับที่	ตำรับทดลองยางชำถุง พันธุ์ RRIM 600	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (บาท/ถุงเพาะชำ)
1	ดินเดิม	0
2	ดินเดิม + ปุ๋ยอินทรีย์ + ปุ๋ยหินฟอสเฟต+ปุ๋ยเคมี	3.1
3	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย	0.18
4	ดินเดิม + กากขี้แป้ง	0.58
5	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง	0.38
6	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + ปุ๋ยเคมี	0.25
7	ดินเดิม + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	0.65
8	ดินเดิม + กากตะกอนน้ำเสีย + กากขี้แป้ง + ปุ๋ยเคมี	0.45

หมายเหตุ: ถุงเพาะชำ หมายถึง ถุงเพาะชำขนาด 11.5×35 ซม.

ดินสำหรับการเพาะชำยางชำถุงในงานวิจัยนี้ ใช้ดินในพื้นที่สวนยางพารา จึงมีต้นทุนเท่ากับศูนย์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เกษตรกรต้องซื้อดินในการเพาะชำยางชำถุง ซึ่งประมาณการได้ดังนี้ ดิน 15 ตัน ราคา 1,800 บาท บรรจุถุงได้ประมาณ 11,000 ถุง ทำให้มีต้นทุนประมาณ 0.12 บาท/ถุง

จากการคำนวณพบว่า ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของการนำกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นในราคาที่ถูกกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีในสูตรที่เกษตรกรนิยมใช้ในการเพาะชำยางชำถุง อีกทั้งปริมาณธาตุอาหารเพื่อการเติบโตของต้นยางชำถุงที่คงเหลืออยู่ในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองนั้น การเติมกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งทำให้ดินคงมีธาตุอาหารเพียงพอสำหรับการนำต้นยางชำถุงย้ายปลูกลงหลุมในพื้นที่สร้างสวนยางอีกด้วย เท่ากับว่าเกษตรกรไม่มีความจำเป็นต้องลงทุนซื้อปุ๋ยมาใส่ลงดินอีกครั้ง และเมื่อพิจารณาในเรื่องการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้น ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัด และเป็นการเพิ่มมูลค่าของเสียให้มีประโยชน์ขึ้นมาใหม่ นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหามลพิษทางน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้นกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถ

นำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารให้กับพืชได้ อย่างไรก็ตาม อาจมีความเป็นไปได้ว่าหากมีการนำกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งมาใช้แล้วเกิดประโยชน์ส่งผลให้สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ ต้นทุนของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งอาจมีมูลค่าเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเก็บกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งที่พร้อมใช้งานเป็นวัสดุปรับปรุงดินไว้ในระยะเวลานานๆ มีโอกาสเกิดการสูญเสียของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ถ้าจะมีการนำมาใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรมในรูปวัสดุปรับปรุงดิน น่าจะศึกษาอัตราการสูญเสียธาตุอาหารประกอบเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมคุ้มค่าตามเวลาที่เปลี่ยนไป

5.2.2 ในการศึกษาวิจัยการเพาะชำต้นยางชำถุงในโรงเรือนควรเลือกพื้นที่วิจัยซึ่งเป็นพื้นที่โล่งเพื่อให้ได้รับปริมาณแสงแดดทั่วถึงทุกบริเวณอย่างสม่ำเสมอ

5.2.3 ควรมีการศึกษาปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่ด้วย เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิในเรือนเพาะชำ เพื่อศึกษาความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมในการเติบโตของต้นยางชำถุง

5.2.4 กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งที่นำมาใช้ในการทดลองจะมีความผันแปรของธาตุอาหารที่ไม่คงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการและขั้นตอนในการผลิตของโรงงาน ประเภทของโรงงาน แหล่งที่มา อายุของกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในรูปวัสดุปรับปรุงดินจำเป็นต้องวิเคราะห์อินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหาร ตลอดจนความเป็นพิษของโลหะหนักที่อาจมีการปนเปื้อนได้ก่อนตัดสินใจเลือกใช้กากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งในรูปวัสดุปรับปรุงดินสำหรับปลูกพืช

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ผ. 1 มาตรฐานระดับอินทรียวัตถุในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

ระดับ	อินทรียวัตถุ (%)
ต่ำมาก	< 0.5
ต่ำ	0.5-1.0
ต่ำปานกลาง	> 1.0-1.5
ปานกลาง	> 1.5-2.5
สูงปานกลาง	> 2.5-3.5
สูง	> 3.5-4.5
สูงมาก	> 4.5

ตารางที่ ผ. 2 ระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา (Thainugul, 1986) ดัดแปลงจาก Guha and Yeow, 1966 Pushparajah, 1977) และ Land Development Department, 1973)

สมบัติของดิน	ระดับธาตุอาหารในดิน		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
C%	< 0.5	0.5-1.5	1.6-2.5
N%	< 0.10	0.11-0.25	0.26-0.40
Total P (ppm)	< 250	250-350	351-600
Avail. P (ppm)	< 11	11-30	> 30
Avail. K (ppm)	< 40	> 40	-
Exch. K (me/100 g)	< 0.30	0.30-0.45	> 0.45
Exch. Ca (me/100 g)	< 0.30	> 0.30	-
Exch. Mg (me/100 g)	< 0.30	> 0.30	-
C.E.C. (me/100 g)	< 11	11-15	16-25

ตารางที่ ผ. 3 ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548)

ระดับ	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
กรดรุนแรงมากที่สุด (Ultra acid)	<3.5
กรดรุนแรงมาก (Extremely acid)	3.5-4.5
กรดจัดมาก (Very strongly acid)	4.5-5.0
กรดจัด (Strongly acid)	5.1-5.5
กรดปานกลาง (Moderately acid)	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย (Slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (Neutral)	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย (Slightly alkaline)	7.4-7.8
ด่างปานกลาง (Moderately alkaline)	7.9-8.4
ด่างจัด (Strongly alkaline)	8.5-9.0
ด่างจัดมาก (Very strongly alkaline)	>9.0

ตารางที่ ผ. 4 เกณฑ์จำแนกความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยกรมพัฒนาที่ดิน (เล็ก มอญเจริญ, 2522)

ระดับที่บ่งบอก	อินทรียวัตถุ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	โปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)
ต่ำมาก	<0.5	<3	<30
ต่ำ	0.5-1.0	3-6	30-60
ต่ำปานกลาง	1.0-1.5	6-10	-
ปานกลาง	1.5-2.5	10-15	60-90
สูงปานกลาง	2.5-3.5	15-25	-
สูง	3.5-4.5	25-45	90-120
สูงมาก	>4.5	>45	>120

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีการนำเสนอตัวเลข

ตารางที่ ผ. 5 ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตรของประเทศต่างๆ (Webber et al., 1984)

ประเทศที่กำหนด	ชนิดและปริมาณโลหะหนัก (ppm)						
	Cd	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
ฝรั่งเศส	2.0	100	-	-	50	100	300
เยอรมัน	3.0	100	-	-	50	100	300
อังกฤษ	3.5	140	-	-	35	550	280
ช่วงของทั้ง 3 ประเทศ	2.0-3.5	100-140	-	-	35-50	100-550	280-300

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีการนำเสนอตัวเลข

ตารางที่ ผ. 6 ปริมาณโลหะหนัก (ppm.) สูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในกากตะกอนที่จะใส่ลงในพื้นการเกษตร(Webber et al., 1984)

ประเทศ	ชนิดและปริมาณโลหะหนัก (ppm)						
	Fe	**Cd**	**Cu**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**Zn**
กลุ่มประชาคมยุโรป	-	40	1,500	-	400	1,000	3,000
แคนาดา	-	20	-	-	180	500	1,850
เดนมาร์ก	-	8	-	-	30	400	-
เบลเยี่ยม	-	10	500	500	100	300	2,000
ฝรั่งเศส	-	20	1,000	-	200	800	3,000
เยอรมัน	-	20	1,200	-	200	1,200	3,000
นอร์เวย์	-	10	1,500	500	100	300	3,000
เนเธอร์แลนด์	-	10	600	-	100	500	2,000
ฟินแลนด์	-	30	3,000	3,000	500	1,200	5,000
สวิสเซอร์แลนด์	-	30	1,000	-	200	1,000	1,000
สวีเดน	-	15	3,000	-	500	300	10,000
ช่วงของทุกประเทศ	-	8-40	500-3,000	500-3,000	30-500	300-1,200	1,000-10,000

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีการนำเสนอตัวเลข

ตารางที่ ผ. 7 ค่าปรกติของจุลธาตุในดินและที่มีสารที่อาจเป็นแหล่งธาตุพิษในดิน (มก./กก) (Forstner, 1991; Purves, 1977; Allaway, 1970; Alloway, 1990; Schlipkoter and Brockhaus, 1988) อ้างถึงใน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545)

ธาตุ	ดิน		กากตะกอนน้ำโสโครก	ปุ๋ยหมักเทศบาล	ปุ๋ย[1]		
	เฉลี่ย	ช่วง			P	N	M หรือ L
As	1-20	(0.1-50)	3-30	n.a.	2-1200	2-120	3-25 (M.L.)
B	10	(0.9-1000)	15-1500	n.a.	5-115	n.a.	10 (L)
Cd	0.2-1	(<0.1-8)	<1-3400	0.01-100	0.1-170	0.05-8	0.1-0.8 (M)
Co	8-10	(0.3-200)	1-260	30	1-12	5-12	0.3-24 (M)
Cr	50-100	(0.9-1500)	8-4000	2-410	66-245	3-19	1-55 (M)
Cu	12-30	(<1-390)	50-8000	13-3580	1-300	n.a.	2-172 (M,L)
Hg	0.03-0.06	(>0.01-5)	0.1-55	0.1-21	0.01-1.2	0.3-3	0.01-0.03 (M)
Mn	450-1000	(<1-18300)	60-3900	500	40-200	n.a.	40-1200 (L)
Mo	1-2	(0.1-28)	1-40	8	0.1-60	1-7	0.1-15 (L)
Ni	25-50	(0.1-1520)	6-5300	0.9-279	7-38	7-34	2-30 (M,L)
Pb	10-30	(<1-890)	29-3600	1.3-2240	7-225	2-27	20-1250 (L)
Zn	40-50	(1.5-2000)	91-49000	82-5894	50-1450	1-42	10-500 (M,L)

หมายเหตุ: [1] P หมายถึง ปุ๋ยฟอสฟอรัส; N หมายถึง ปุ๋ยไนโตรเจน; M หมายถึง ปุ๋ยมูลสัตว์; L หมายถึง หินปูนหรือโลไมต์

ตารางที่ ผ. 8 ปริมาณจุลธาตุในระดับปรกติที่มีอยู่ในดินและพืช และค่าวิกฤตในดิน (ppm) (Forstner, 1991; Purves, 1977; Allaway, 1970; Alloway, 1990; Schlipkoter and Brockhaus, 1988) อ้างถึงใน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545)

ธาตุ	ความเข้มข้นทั้งหมดในระดับปรกติ		ค่าวิกฤตในดิน	เป็นพิษต่อ
	ดิน	พืช		
สารหนู	0.1-50	0.1-5	20-40	คน, พืช
โบรอน	2-100	30-75		
แคดเมียม	0.1-2	0.2-0.8	1-3	คน
ทองแดง	2-100	4-15		
ฟลูออไรด์	30-300	2-20		
ตะกั่ว	0.1-30	0.1-10	70-300	คน, สัตว์
ปรอท	0.1-1	n.a.	2	คน
แมงกานีส	100-4000	15-100		
นิกเกิล	2-50	1	50-100	พืช (คน)
สังกะสี	3-50	15-200	300-500	พืช

ตารางที่ ผ. 9 การแปรผลวิเคราะห์ดิน (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต11 จ. สุราษฎร์ธานี)

การแปรผลวิเคราะห์ดิน		
ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM, %)	**ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)**	**โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg/kg)**
< 0.5 = ต่ำมาก	< 6 = ต่ำมาก	< 15 = ต่ำมาก
0.5 - 1.4 = ต่ำ	6 - 12 = ต่ำ	15 - 40 = ต่ำ
1.5 – 2.9 = ปานกลาง	13-25 = ปานกลาง	41 - 60 = ปานกลาง
3.0 – 4.4 = สูง	26-50 = สูง	61- 120 = สูง
> 4.5 = สูงมาก	>50 = สูงมาก	> 120 = สูงมาก
แคลเซียม (Ca, mg/kg)	**ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)**	**ค่าการนำไฟฟ้า (Ec paste, ds/m)**
< 50 = ต่ำมาก	< 4.5 = กรดรุนแรง	< 0 - 2 = ปกติ
51 – 100 = ต่ำ	4.5 - 5.4 = กรดจัด	2 - 4 = เค็มน้อยมาก
101 – 200 = ปานกลาง	5.5-6.4 = กรดปานกลาง	4 - 8 = เค็มน้อย
201 – 2000 = สูง	6.5-6.9 = กรดเล็กน้อย	8 - 16 = เค็มปานกลาง
2001 – 4000 = สูงมาก	7.0 = ปานกลาง	> 16 = เค็มจัด
	> 7.0 = ด่าง	

ตารางที่ ผ. 10 ปริมาณโลหะหนัก (ppm) ในดินสำหรับประเทศไทย (พิชิต พงษ์สกุล, 2542)

ชนิดของโลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนัก (ppm.) ในดินสำหรับประเทศไทย
สารหนู	29
โคบอล์ท	21
โครเมียม	79.4
ปรอท	0.10
สังกะสี	71
ทองแดง	43.6
นิกเกิล	43.9
แคดเมียม	0.074
ตะกั่ว	54.6

ภาคผนวก ข

1	2
3	4
5	6

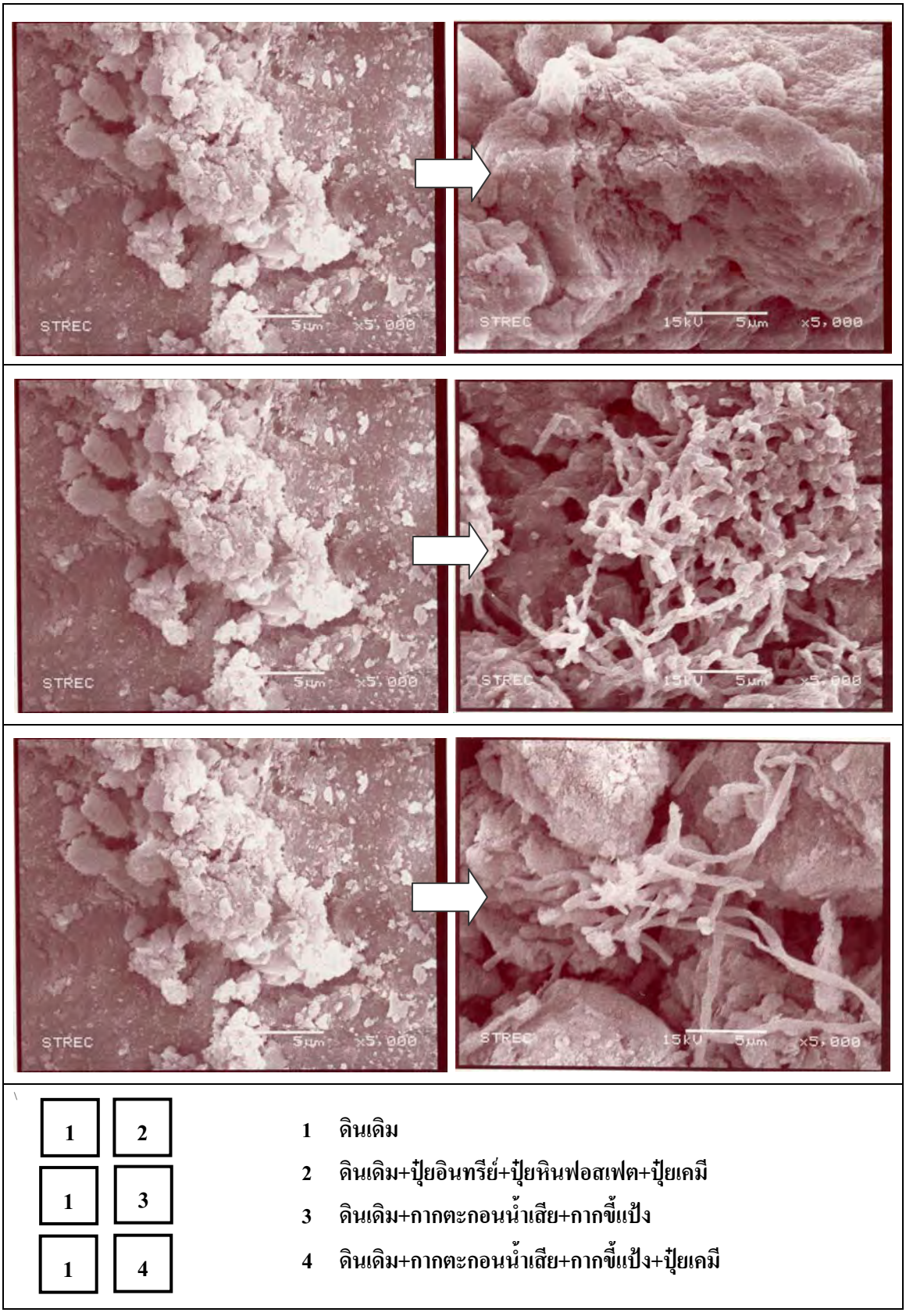
1 ลักษณะต้นกล้ายางที่ใช้ติดตาเขียว
2 ใช้ผ้าทำความสะอาดบริเวณติดตา
3 ใช้มีดกรีดแผ่นเปลือกให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
4 เฉือนแผ่นตาและตกแต่งแผ่นตา
5 นำแผ่นตาไปสอดบริเวณรอยกรีด
6 ใช้พลาสติกใสพันบริเวณที่ติดตา

รูปที่ ผ-1 การดำเนินการศึกษาวิจัยในภาคสนาม (การติดตาเขียว)

1	2
3	4
5	6

1 โรงเรือนเพาะชำยางชำถุง
2 สิ่งทดลองตามตำรับทดลอง
3 ดินที่ใช้เป็นวัสดุผสมกับสิ่งทดลอง
4 การคลุกเคล้าและบรรจุสิ่งทดลองลงในถุงเพาะชำ
5 ต้นกล้ายางที่ติดตาเขียว
6 การเพาะชำยางชำถุงในโรงเรือนเพาะชำ

รูปที่ ผ-2 การดำเนินการศึกษาวิจัยในภาคสนาม (การเพาะชำยางชำถุง)



รูปที่ ผ-3 เปรียบเทียบโครงสร้างของดินก่อนและหลังเติมสิ่งทดลอง (ดิน กากตะกอนน้ำเสีย กากขี้แป้ง และปุ๋ย เมื่อต้นยางชำถุงอายุครบ 90 วัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน กำลังขยาย 5,000 เท่า

ภาคผนวก ค

ประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง
เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ

ด้วยคณะกรรมการค่าจ้างได้มีการประชุมศึกษาและพิจารณาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับอัตราค่าจ้างที่ลูกจ้างได้รับอยู่ประกอบกับข้อเท็จจริงอื่นตามแนวทางในการกำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำที่กฎหมายกำหนด เมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 และมีมติเห็นชอบให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ เพื่อใช้บังคับแก่นายจ้างและลูกจ้างทุกคน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 79(3) และมาตรา 88 แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2551 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2551คณะกรรมการค่าจ้างจึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละสองร้อยสามบาท ในท้องที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ และสมุทรสาคร

ข้อ 2 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยเก้าสิบเจ็ดบาทในท้องที่จังหวัดภูเก็ต

ข้อ 3 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยแปดสิบบาท ในท้องที่จังหวัดชลบุรี

ข้อ 4 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยเจ็ดสิบเก้าบาท ในท้องที่จังหวัดสระบุรี

ข้อ 5 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยเจ็ดสิบสามบาท ในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา พระนครศรีอยุธยา และระยอง

ข้อ 6 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยเจ็ดสิบบาท ในท้องที่จังหวัดนครราชสีมา

ข้อ 7 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบเก้าบาท ในท้องที่จังหวัดระนอง

ข้อ 8 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบแปดบาท ในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ และพังงา

ข้อ 9 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบห้าบาท ในท้องที่จังหวัดกระบี่ และกาญจนบุรี

ข้อ 10 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบสี่บาท ในท้องที่จังหวัดเพชรบุรี และราชบุรี

ข้อ 11 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบสามบาท ในท้องที่จังหวัด จันทบุรี ปราจีนบุรี และลพบุรี

ข้อ 12 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบสองบาท ในท้องที่จังหวัดเลย

ข้อ 13 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบเอ็ดบาท ในท้องที่จังหวัดสิงห์บุรี และอ่างทอง

ข้อ 14 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยหกสิบบาท ในท้องที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม และสระแก้ว

ข้อ 15 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบแปดบาท ในท้องที่จังหวัดชุมพร และอุทัยธานี

ข้อ 16 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบเจ็ดบาท ในท้องที่จังหวัดเชียงราย ตรัง สงขลา หนองคาย และอุดรธานี

ข้อ 17 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบหกบาท ในท้องที่จังหวัดกำแพงเพชร ตราด นครนายก และลำพูน

ข้อ 18 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบห้าบาท ในท้องที่จังหวัดกาฬสินธุ์ นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ บุรีรัมย์ ปัตตานี พัทลุง เพชรบูรณ์ ยโสธร ยะลา สกลนคร สตูล และสุราษฎร์ธานี

ข้อ 19 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบสี่บาท ในท้องที่จังหวัดขอนแก่น ชัยนาท ร้อยเอ็ด ลำปาง สุพรรณบุรี หนองบัวลำภู และอุบลราชธานี

ข้อ 20 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบสามบาท ในท้องที่จังหวัดพิษณุโลก

ข้อ 21 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบสองบาท ในท้องที่จังหวัดพิษณุโลก

ข้อ 22 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบเอ็ดบาท ในท้องที่จังหวัดตาก น่าน มหาสารคาม แม่ฮ่องสอน สุโขทัย และสุรินทร์

ข้อ 23 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยห้าสิบบาท ในท้องที่จังหวัดพะเยา พิจิตร แพร่ และศรีสะเกษ

ข้อ 24 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยสี่สิบเก้าบาท ในท้องที่จังหวัดอุตรดิตถ์

ข้อ 25 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็นเงินวันละหนึ่งร้อยสี่สิบแปดบาท ในท้องที่จังหวัดชัยภูมิ

ข้อ 26 เพื่อประโยชน์ตามข้อ 1 ถึงข้อ 25 คำว่า “วัน” หมายถึง เวลาทำงานปกติของลูกจ้างซึ่งไม่เกินชั่วโมงทำงานดังต่อไปนี้ แม้นายจ้างจะให้ลูกจ้างทำงานน้อยกว่าเวลาทำงานปกติเพียงใดก็ตาม

(1) เจ็ดชั่วโมง สำหรับงานที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของลูกจ้างตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2541) ออกตามความในพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541

(2) แปดชั่วโมง สำหรับงานอื่นซึ่งไม่ใช่งานตาม (1)

ข้อ 27 ห้ามมิให้นายจ้างจ่ายค่าจ้างเป็นเงินแก่ลูกจ้างน้อยกว่าอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ

ข้อ 28 ประกาศคณะกรรมการค่าจ้างฉบับนี้ ให้มีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2551 เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2551

(นายจุฑาธวัช อินทรสุขศรี)
ปลัดกระทรวงแรงงาน
ประธานกรรมการค่าจ้าง

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547)

ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 119 ง ลงวันที่ 20 ตุลาคม 2547

มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ค่า	วิธีการตรวจ
1. สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compound)			
เบนซีน (Benzene)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 6.5	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography /Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	”	ต้องไม่เกิน 2.5	”
1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	”	ต้องไม่เกิน 3.5	”
1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene)	”	ต้องไม่เกิน 0.5	”
ซิส-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene))	”	ต้องไม่เกิน 43	”
ทรานส์-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene))	”	ต้องไม่เกิน 63	”
ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	”	ต้องไม่เกิน 89	”
แอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene)	”	ต้องไม่เกิน 230	”
สไตรีน (Styrene)	”	ต้องไม่เกิน1,700	”
เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)	”	ต้องไม่เกิน 57	”
โทลูอีน (Toluene)	”	ต้องไม่เกิน 520	”
ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene))	”	ต้องไม่เกิน 28	”

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ค่า	วิธีการตรวจ
1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane))	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 630	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography /Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane)	”	ต้องไม่เกิน 8.4	”
ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes)	”	ต้องไม่เกิน 210	”
2. โลหะหนัก (Heavy metals)			
สารหนู (Arsenic)	”	ต้องไม่เกิน 3	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds)	”	ต้องไม่เกิน 37	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	”	ต้องไม่เกิน 300	ใช้วิธี Coprecipitation หรือวิธี Colorimetric หรือวิธี Chelation/Extraction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ตะกั่ว (Lead)	”	ต้องไม่เกิน 400	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ค่า	วิธีการตรวจ
แมงกานีสและสารประกอบแมงกานีส (Manganese and compounds)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 1,800	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ปรอทและสารประกอบปรอท (Mercury and compounds)	”	ต้องไม่เกิน 23	ให้ใช้วิธี Cold-Vapor Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
นิกเกิลในรูปของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Nickel, soluble salts)	”	ต้องไม่เกิน 1,600	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ซีลีเนียม (Selenium)	”	ต้องไม่เกิน 390	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)			
อะทราซีน (Atrazine)	”	ต้องไม่เกิน 22	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
คลอเดน (Chlordane)	”	ต้องไม่เกิน 16	ใช้วิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2,4-ดี (2,4-D)	”	ต้องไม่เกิน 690	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี High Performance Liquid Chromatography/Thermal Extraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry (TE/GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ค่า	วิธีการตรวจ
ดีดีที (DDT)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 17	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ดิลดริน (Dieldrin)	”	ต้องไม่เกิน 0.3	”
เฮปตาคลอร์ (Heptachlor))	”	ต้องไม่เกิน 1.1	”
เฮปตาคลอร์ อีพ็อกไซด์ (Heptachlor Epoxide))	”	ต้องไม่เกิน 0.5	”
ลินเดน (Lindane)	”	ต้องไม่เกิน 4.4	”
เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol)	”	ต้องไม่เกิน 30	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธี Gas Chromatography/Fourier Transform Infrared (GC/FT-IR) Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4. สารพิษอื่น ๆ			
เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene)	”	ต้องไม่เกิน 0.6	ใช้วิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธี Thermal Extraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry (TE/GC/MS) หรือวิธี Gas Chromatography/Fourier Transform Infrared (GC/FT-IR) Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
ไซยาไนด์และสารประกอบไซยาไนด์ (Cyanide and compounds)	”	ต้องไม่เกิน 11	ใช้วิธี Total and Amenable Cyanide: Distillation หรือวิธี Total Amenable Cyanide (Automated Colorimetric, with off-line Distillation) หรือวิธี Cyanide Extraction Procedure for Solids and Oils หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
พีซีบี (PCBs)	”	ต้องไม่เกิน 2.2	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ค่า	วิธีการตรวจ
ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 1.5	ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หมายเหตุ: 1. วิธี Test Methods of Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency)

2. วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวกท้ายประกาศนี้

วิธีการรักษาตัวอย่างดิน

สารที่จะวิเคราะห์และตรวจสอบ (Parameter)	ภาชนะบรรจุ (Container)	การเก็บรักษา (Preservative)	ระยะเวลาที่เก็บไว้ได้ (Holding Time
สารอินทรีย์ระเหยง่าย	แก้ว	แช่เย็นที่ 4° ±2 °C	14 วัน
โลหะหนัก (ยกเว้น โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ และปรอทและสารประกอบปรอท)	พลาสติก หรือแก้ว	”	180 วัน
โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์	”	”	- 30 วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - 4 วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
ปรอทและสารประกอบปรอท	”	”	28 วัน
สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์	แก้ว	”	- 14 วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - 40 วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
เบนโซ (เอ) ไพรีน	”	”	- 14 วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - 40 วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
ไซยาไนด์และสารประกอบไซยาไนด์	พลาสติก หรือแก้ว	”	14 วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง
พีซีบี	แก้ว	”	14 วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - 40 วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
ไวนิลคลอไรด์	”	”	14 วัน

หมายเหตุ: 1. ให้แบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ๆ โดยขนาดของแปลงย่อยขึ้นอยู่กับขนาดของ พื้นที่และสภาพภูมิประเทศ เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งหมด

2. จำนวนหลุมเจาะตัวอย่างดินขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ สำหรับพื้นที่ที่มีขนาด 10 – 25 ไร่ ให้เจาะตัวอย่างดินประมาณ 10 – 20 หลุม กระจายทั่วแปลง

3. ให้เจาะตัวอย่างดินในหลุมหนึ่ง ๆ จากผิวดินจนถึงระดับความลึกประมาณ 12 – 18 นิ้ว (30 – 45 เซนติเมตร) โดยให้ใช้วิธีการเจาะแบบคงสภาพ

ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างดินมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพดินเบื้องต้น กรณีจำเป็นต้องมีการพิสูจน์สภาพการปนเปื้อนเพื่อการฟื้นฟู ให้มีการประเมินความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและคุณภาพสิ่งแวดล้อมในลำดับต่อไป

ข้อกำหนดมาตรฐานทางวิชาการของปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2544)

1. เป็นปุ๋ยที่ได้จากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด ร่อน โดยผ่านกรรมวิธีหมักอย่างสมบูรณ์ แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีตาม พ.ร.บ. ปุ๋ย 2518 มาตรา 3
2. ปริมาณอินทรียวัตถุต้องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก
3. อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน ต้องไม่เกิน 20 ต่อ 1
4. ระดับค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ต้องไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมน/เมตร (dS/m) ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต้องอยู่ในช่วง 5.5-8.5
5. ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) โพแทสเซียม (K_2O) ต้องไม่น้อยกว่า 1.0-0.5-0.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ
6. ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ต้องไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก
7. ต้องมีขนาดผ่านตะแกรงร่อนช่องสี่เหลี่ยมขนาด 10×10 มิลลิเมตร ได้หมด
8. เศษวัสดุอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ ได้แก่ หิน กรวด ทราย เศษพลาสติก ฯลฯ ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก
9. ต้องไมมีเศษวัสดุอันตราย เช่น เศษแก้ว วัสดุแหลมคม และโลหะอื่นที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้เจือปน
10. ต้องปลอดภัยจากธาตุโลหะหนักและสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม

หมายเหตุ: ปุ๋ยอินทรีย์ที่จำหน่ายให้แก่เกษตรกรหลายผลิตภัณฑ์ ซึ่งถ้าผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีคุณภาพที่ถูกต้องระบุไว้ เกษตรกรจะได้ประโยชน์ที่แท้จริงแต่ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายปัจจุบันยังไม่มีการตรวจสอบหรือข้อบังคับเพื่อให้มีคุณภาพถูกต้องตามคำกล่าวอ้าง ดังนั้นเพื่อจะแก้ไขปัญหาเหล่านี้และช่วยเหลือเกษตรกร รัฐควรจะเร่งให้มีพระราชบัญญัติควบคุมการจำหน่ายปุ๋ยอินทรีย์เช่นเดียวกับปุ๋ยเคมี

ปริมาณโลหะหนักที่ยอมรับได้ในปุ๋ยอินทรีย์

ชื่อ	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
Arsenic	50
Cadmium	5
Chromium	300
Copper	500
Lead	500
Mercury	2

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ.2548

ประกาศ ณ วันที่ 2 มิถุนายน 2548

ข้อกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ข้อ 1 ลำดับที่ 9 ปริมาณธาตุอาหาร –ไนโตรเจน ไม่น้อยกว่า 1.0 % โดยน้ำหนัก

-ฟอสฟอรัสไม่น้อยกว่า 0.5 % โดยน้ำหนัก

-โพแทสเซียม ไม่น้อยกว่า 0.5 โดยน้ำหนัก

ข้อ 2 มาตรฐานฉลากและบรรจุภัณฑ์ของปุ๋ยอินทรีย์ ต้องมีรายละเอียดบนภาชนะบรรจุดังนี้

2.1 ชื่อการค้าและเครื่องหมายการค้า

2.2 ชนิดของผลิตภัณฑ์

2.3ปริมาณบรรจุเป็นน้ำหนักสุทธิ (ในระบบเมตริก)

2.4 ชื่อผู้ผลิตและสถานที่ผลิต

2.5 ระบุวัสดุที่ใช้ผลิตและอัตราส่วนที่ใช้

2.6 ระบุวันที่ผลิตและวันที่หมดอายุ

2.7 ระบุวิธีการใช้ การเก็บรักษา และข้อควรระวัง

เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 ให้ผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าต้องแจ้งกรมวิชาการเกษตรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยอินทรีย์ โดยแสดงชื่อปุ๋ยอินทรีย์ เครื่องหมายการค้า สถานที่ผลิต สถานที่เก็บ สถานที่ขาย และสถานที่ทำการ การแจ้งดังกล่าวให้แจ้งที่ผู้ว่าราชการจังหวัด เกษตรจังหวัด และหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร

ประกาศกรมวิชาการเกษตร

เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548

ด้วยปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน ตลอดจนมีการนำเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาใช้ในการปรับปรุบำรุงดิน เพิ่มมูลค่าธาตุอาหารพืชทำให้มีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการควบคุมมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นการรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร กรมวิชาการเกษตรจึงกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ดังต่อไปนี้

1. รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5×12.5 ซม.
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35% โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหินและกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มม. ไม่เกิน 5% โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่นๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30% โดยน้ำหนัก
6	ความเป็นกรด ด่าง (pH)	5.5-8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20/1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC: Electrical Conductivity	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ไนโตรเจน (Total N) ไม่น้อยกว่า 1.0% โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่า 1.5% โดยน้ำหนัก - โพแทสเซียม (Total K_2O) ไม่น้อยกว่า 1.5% โดยน้ำหนัก
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80%
11	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Choromium) ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน 50 มก./กก. ไม่เกิน 5 มก./กก. ไม่เกิน 300 มก./กก. ไม่เกิน 500 มก./กก.

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
11	ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 500 มก./กก. ไม่เกิน 2 มก./กก.

ข้อ 2 มาตรฐานฉลากและบรรจุภัณฑ์ของปุ๋ยอินทรีย์

ต้องมีรายละเอียดบนภาชนะบรรจุดังนี้

2.1 ชื่อการค้าและเครื่องหมายการค้า

2.2 ชนิดของผลิตภัณฑ์

2.3ปริมาณบรรจุเป็นน้ำหนักสุทธิ (ในระบบเมตริก)

2.4 ชื่อผู้ผลิตและสถานที่ผลิต

2.5 ระบุวัสดุที่ใช้ผลิตและอัตราส่วนที่ใช้

2.6 ระบุวันที่ผลิตและวันที่หมดอายุ

2.7 ระบุวิธีการใช้ การเก็บรักษา และข้อควรระวัง

เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 ให้ผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าต้องแจ้งกรมวิชาการเกษตรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยอินทรีย์ โดยแสดงชื่อปุ๋ยอินทรีย์ เครื่องหมายการค้า สถานที่ผลิต สถานที่เก็บ สถานที่ขาย และสถานที่ทำการ

การแจ้งดังกล่าวให้แจ้งที่ผู้ว่าราชการจังหวัด เกษตรจังหวัด และหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร

ประกาศ ณ วันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2548

ฉกรรจ์ แสงรักษาวงศ์

อธิบดีกรมวิชาการเกษตร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกษม จันทร์แก้ว นิพนธ์ ตั้งธรรม และทวี แก้วละเอียด. 2512. การหาความคงทนของดินในระดับความสูงต่างๆ เพื่อการปรับปรุงลุ่มน้ำบนภูเขา. การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้าเล่มที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2530. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

ฌาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

ดารุณี โกศัยเสวี. 2547. การผลิตยางชำถุงคุณภาพมาตรฐาน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

ถวิลย์ ครุฑกุล. 2530. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม และเกษม จันทร์แก้ว. 2513. การหาความคงทนของดินบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้าโดยอาศัย Dispersion ratio. การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้าเล่มที่ 3. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นุชนาฎ ณ ระนอง. 2547. การแปรรูปยาง-เอกสารวิชาการยางพารา. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. ISBN : 974-436-347-9

นุชนารถ กังพิสดาร. 2534. ศึกษาระดับปุ๋ย N P K และ Mg ที่เหมาะสมกับยางอ่อนในดินเหนียวในสวนยางปลูกแทนรอบสอง. ศูนย์วิจัยยางสงขลา กลุ่มวิจัยและพัฒนาการผลิตยาง สถาบันวิจัยยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

นุชนารถ กังพิสดาร. 2547ก. การปลูกและการดูแลรักษา. เอกสารวิชาการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, ISBN : 947-436-347-9.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2547ข. ประวัติ ความสำคัญ. เอกสารวิชาการยางพารา. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. ISBN: 947-436-347-9.

นุชนารถ กังพิศดาร ไววิทย์ บูรณะธรรม ชำนาญ บุญเลิศ และอนันต์ เฉลิมพนาพันธ์. 2540. ศึกษาระดับปุ๋ย N P K และ Mg ที่เหมาะสมกับยางอ่อนในดินร่วนเหนียวในสวนยางปลูกแทนรอบสอง. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2540 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร.

ปนัดดา คำรัตน์. 2545. ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากขี้แป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่ว และปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรัชญา ธัญญาวดี. 2532. ความรู้เรื่องอินทรียวัตถุในดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพมหานคร.

พิชิต สพโชค. 2547. การกรีดยาง-เอกสารวิชาการยางพารา. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ดอกเบี้ย. ISBN: 947-436-347-9

พิศมัย จันทุมา ปราโมทย์ สุวรรณมงคล อารักษ์ จันทุมา เฉลิมพงษ์ ขาวช่วง พิบูลย์ เพ็ชร์ยิ่ง และสว่างรัตน์ สมนาค. 2539. ศึกษาวัสดุและอัตราการผสมดินเพื่อชำยางในถุง. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร.

เล็ก มอญเจริญ. 2522. การสำรวจและจำแนกดินไร่ของประเทศไทย. รายงานการสัมมนาเรื่องสถานการณ์ดินและปุ๋ยของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราศรี เถกประสิทธิ์. 2542. คุณลักษณะกากขี้แป้งและอัตราการเกิดกากขี้แป้งของอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 5, หน้า ENVI31- ENVI36. 24-26 มีนาคม 2542 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี.

วราศรี เถกปรสิทธิ์. 2543. การใช้ประโยชน์จากกากขี้แป้งทดสอบกับการปลูกหญ้าสนาม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วลัยพร ผ่อนผัน. 2547. การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดิน. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชการเกษตร, กรม. 2531. การผลิตยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร.

วิชาการเกษตร, กรม. 2544. ดินและปุ๋ย. ผลงานวิชาการ ประจำปี 2543 เอกสารประกอบการประชุมประจำปี 2544 เล่มที่ 4. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

วิชาการเกษตร, กรม. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับยางพารา. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. ISBN: 974-436-434-3.

วิชาการเกษตร, กรม. 2546. ข้อมูลพื้นฐานยางพารา. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่ : บริษัท ยูนิตี้แอนโปรเกรสโซลูชัน จำกัด. ISBN: 974-403-182-4.

วิชาการเกษตร, กรม. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. ISBN : 974-436-434-3.

แววตา วาสนานุกูล สุภาพร จันรุ่งเรือง ปรัชญา ธัญญาวดี และปรีดี ดีรักษา. 2534. ปุ๋ยคอกในการปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วันชัย แก้วยอด. 2540. การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงานยาง: กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. 2539. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภมิตร ลิมปิไชย. 2547. การผลิตและการขยายพันธุ์ยาง-เอกสารวิชาการยางพารา. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ดอกเบี้ย. ISBN : 947-436-347-9

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์. 2545. โครงการวิจัยเรื่องการจัดการของเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์. 2525. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม. โรงพิมพ์สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. หน้า 159-166

สถาบันวิจัยยาง. 2536. เอกสารวิชาการเรื่องยาง. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. ISBN: 974-7621-67-3

สถาบันวิจัยยาง. 2544. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับยางพารา. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพมหานคร.

สถาบันวิจัยยาง. 2545. คำแนะนำพันธุ์ยาง ปี 2542. กรมวิชการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

สถาบันวิจัยยาง. 2547. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2547. สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันวิจัยยาง. 2549. คู่มือยางพารา สำหรับเกษตรกรโครงการปลูกยางใหม่ 1 ล้านไร่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร.

สถาบันวิจัยยาง. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550. สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพมหานคร.

โสภา โพธิวัตถุธรรม สมพร พันธ์พณาสกุล และอภิชาต จงสกุล. 2538. ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของของต้นยางอ่อนที่ปลูกในดินเหนียว รายงานผลวิจัยประชุมกลุ่มยางพารา ระหว่างวันที่ 26 กุมภาพันธ์ – 1 มีนาคม 2539 ณ โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพมหานคร.

โสภา โพธิวัตถุธรรม เวท ไทยนุกูล และลิขิต นวลศรี. 2535. ศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของยางชำถุง. รายงานผลวิจัย การจัดการดินปุ๋ยและน้ำ ในการประชุมกลุ่มยาง วันที่ 27- 29 มกราคม 2536 ณ โรงแรมสตาร์ อ.เมือง จ.ระยอง.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐธรรม. 2546. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเตรียมปุ๋ยเหลวจากกากขี้แป้งน้ำยางข้น. งานวิจัยระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. 2547. คู่มือยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เทพพิทักษ์, 352 หน้า.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2529. การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนน้ำเสียในรูปของปุ๋ยสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม จังหวัดฉะเชิงเทรา. สถาบันสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 46 หน้า

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2536. การจัดการกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน เพื่อนำศักยภาพความเป็นปุ๋ยมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. เอกสารวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติ สสวท'36 "เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ" ธงชัย พรรณสวัสดิ์ มีนา พิทยโสภณกิจ ปราณี พันธุมสินชัย และ อินทิรา นิยมธูร (บรรณาธิการ) สมาคมวิศวสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย หจก.ไฟน์อาร์ต พับลิชชิ่ง, หน้า 149 - 155. ISBN: 974-583- 204-9

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2541. การจัดการกากตะกอนบำบัดน้ำเสียชุมชน. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร. 63 หน้า.

ภาษาอังกฤษ

Ajmal, M. and Khan, A.U. 1984. Effect of brewery effluent on agriculture soil and crop plants. Environ. Pollut. (Series A) 33 : 341-351.

Alloway, B.J. 1990. Soil process and the behavior of metals : The origins of heavy metals in soils. In Heavy metals in soils. Alloway, B.J. (ed.). John Wiley & Son. Inc., New York. p. 7-39.

Banerjee, M.R., Burton, D.L. and Depoe, S. 1997. Impact of sewage sludge application on soil biological characteristics. Agric. Ecosyst. Environ. 66 : 241-249.

Baver, L.D. 1948. Soil physical. 2 nd. ed. New York: John Wiley and Sons.

Bingham, F.T., Page, A.L., Mahlar, R.J. and Ganje, T.J. 1975. Growth and cadmium accumulation of plant : Growth on the soil treated with a cadmium-enriched sewage sludge. J. Environ Qual. 4 (2) : 207-211.

Borchardt, J.A., Redman, W. J., Jones, G.E., and Sprague, R.T. 1981. Sludge and its ultimate disposal. Ann Arbor science Publishers, Inc., Michigan, USA. p. 281

Chaney, R.L. 1980. Health risk associated with toxic metal in municipal sludge : Sludge-health rise of land application. Botton, G. and Damron, B.L. (eds.) Ann Arbor Science Publisher, Inc., Ann Arbon Michigan, USA. p. 59-83.

Chaney, R.L. 1983. Potential effect of waste constituents on food chain. In Land Treament of Hazardous Waste. Park Ridge. Parr, J.F. Marsh P.B. and Kla, J.M. (eds.) New Jersey : Noyes Data Crop. p. 152-240.

Cunningham, J.D., Keen, D.R. and Ryan, J.A. 1975. Yield and metal composition of corn and grown on sewage sludge amended soil. J. Environ. Qual. 4 : 448-454.

Dea, G.B., Assri, A.A., Gabla, O.R. and Boa, D. 2001. Influence of soil preparation method on root and vegetative growth of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) in the southwest Cote d' Ivoire. Soil & Tillage Research. 59 : 3-11.

Day, A.D. and Thompson, R.K. 1986. Fertilizer wheat : Wheat with dried sludge. Bio Cycle, 27 (8) : 30-32.

Day, A.D. and Thompson, R.K. and Tucker, T.C. 1983. Effects of dried sewage sludge on barley genotyps. J. Environ. Qual. 12 (2) : 213-215.

Dolar, S.G., Boyle, J.R., and Keeney, D.R. 1972. Paper mill sludge disposal on soil : Effects on the yield and mineral nutrition of oats (Avena sativa L.). J. Environ. Qual. 1 : 405-409.

Epstein, E., Taylar, J.M. and Chaney, R.L. 1976. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical property. J. Environ. Qual. 5 (4) : 422-426.

Follett, R.H., Murphy, L.S. and Donahne, R.L. 1981. Fertilizers and soil amendments. Prentice Hall Inc., New Jersey, USA.

Gilles, J.A., Kushwaha, R.L., Hwang, C.P. and Ford, R.J. 1989. Heavy metal residues in soil and crop from application of anaerobically digested sludge. J. WPCF. 61: 1673-1677.

Guidi, G. and Hall, J.E. 1984. Effects of sewage sludge on the physical and chemical properties of soil. In Processing and use of sewage sludge. Hermite P.L. and Ott H. (eds.) Holland : D. Reidal Publishing Company. p. 295-305.

Hall, J.E. and Coker, E.G. 1983. Some effects of sewage sludge on soil physical condition and plant growth. In The influences of sewage sludge application on physical and biological properties of soil. Cartoux, G., L. Hermite P., and Suess, E (eds.) Dordrecht: Reidal Publication Co.

Hartemink, A.E. 2006. Assessing soil fertility decline in the tropics using soil chemical data. Advance Agronomy. 89: 179-225.

Hasit, Y. 1986. Sludge treatment, utilization and disposal. J. WCPF. 58: 510-515.

Guha, M.M. and Yeow, K.H. 1966. Content of major nutrients in rubber growing soil of Malaysia. Proc. 2nd Malay. Soil Cont. Kuala Lumper. p. 171-180.

Korcak, R.K. and Fanning, D.S. 1978. Extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc by double acid versus DTPA and plant content at excessive soil levels. J. Environ. Qual. 7: 506-512.

Kramer, P.J. and Duke, J.B. 1969. Plant and soil water relationship. Mcgraw-Hill book company, Inc., USA.

Maclean, S. and Dekker, P. 1978. Heavy-metal accumulation in crops grown on sewage sludge amended with metal salts. Biomedical and Life Sciences : 3-14.

Manson, J. (ed). 1988. Sewage sludge to land : A twelve-month operation. Water & waste Treatment. 31 : 4-6.

Pengnoo, A., Leowarin, W., Koedsub, N. and Kanjanamaneesasathin. 2002. Nitrogen mineralization in soil amended with mesocrap fiber of ojl palm and other waste: A green study. Songklanakarin J. Sci Technol. 24 (1) : 1-8.

Peterson, J.R., Pietz, R.I. and Lue-Hing, C. 1979. Water, soil and crop quality of Illinois coal mine spoils amended with sewage sludge. In Utilization of municipal sewage effluent and sludge on forest and disturbed land. Sopper, W. E., Kerr, S. N. (eds.) The Pennsylvania State University Press. University Park, PA, p. 359-368

Pichtel, J.R., Dick, W.A. and Sutton, P. 1994. Comparison of amendments and management practices for long-term reclamation of abandoned mine land. J. Environ. Qual. 23 : 766-722.

Premi, P.R. and Cornfield, A. H. 1971. Incubation study of nitrogen mineralization in soil treated with dried sewage sludge. Environ. Pollut. 2 : 1-4.

Pushparajah, E. 1977. Nutrient status and fertilizer requirement of Malaysia soil for *Hevea brasiliesis*. D. Sc. Thesis Univ of Ghent, Belgium.

Rappaport, B.D., Marten, D.C. and Reneau R. B. 1986. Modification of heavy metals solubility in soil treated with sewage sludge. Proceeding processing and use of organic sludge and liquid agricultural waste. Hermite, P. L. (ed.) D. Raidal, Dorrdrecht. p. 478-484.

Schlipter, H.W. and A. Brockhaus. 1988. Experience in the appraisal of health risk owing to soil contamination. In Wolf, K. van den Brink, W.J. and Colon, F.J. (eds.) Contaminated soil '88. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlnd. p. 403-414.

Siriratpiriya, O. 1996. Fertilizer from eutrophication substances in water : a profitable part of water pollution investment. The Third International Symposium of ETERNET-APR: Conservation of the Hydrospheric Environment, Bangkok, Thailand. p III-1-7.

Siriratpiriya, O. 1999. Promotion of sludge and wastewater reuse and cooperation with residents in Thailand. Seminar on Sewage Sludge Treatment/Disposal and Reclaimed Wastewater Reuse in Bangkok, Japan International Cooperation Agency, Department of Drainage and Sewerage, Bangkok Metropolitan Administration, Bangkok , Thailand. 2 pp.

Sneaffer, 1979. Soil temperature and sewage sludge effect on metals in crop tissue and soil. J. Environment. Qual. 9 : 505-511.

Sommers, L.F. 1977. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential. Use as fertilizer, J. Environ. Qual. 6 (2) : 225-231.

Sopper, W.E. 1993. Municipal sludge use in land reclamation. Lewis Publishhers.

Thainugul, W. 1986. Soil and leaf analysis as a basis of fertilizer recommendations for *Hevea brasiliensis* in Thailand. D.Sc. thesis, Univ. of Ghent, Belgium.

Troch, F. R., Hobbs, J. A. and Donahue, R. L. 1980. Soil and water conservation for productivity and environmental protection. Prentice- Hall, Inc., New Jersy, USA.

USEPA, 1983. Land application of municipal sludge. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati.

Utschig, J.M., Barbarick, K.A., Westfall, D. G., follent, R. H. and T.M. Bridge. 1986. Liquid sludge vs. nitrogen fertilizer. Bio Cycle. 27 (7) : 30-33.

Warman, P.R.1986. Effect of fertilizer, pig manure, and sewage sludge on timothy and soil. J. Environ. Qual. 15 (2) : 95-100.

Webber, M.D., Kloke, A. and Tjell, J. Chr. 1984. A review of current sludge use guideline for the control of heavy metal contamination in soil. In Processing and use of sewage sludge. Hermite, P.L. and Ott, H. (eds.), Holland : D. Reidal Publishing Company. p. 371-385

Webster, C.C. and W.J. Baulkwill. 1989. Rubber. Longman scientific and Technical, New York.

Wong, J.C., Lai, K.M., Fang, M. and Ma, K.K. 1998. Effect of sewage sludge amendment on soil microbial activity and nutrient mineralization. Environ. 24 (8): 935-943.

Younos, T.M. 1987. Land application of wastewater sludge. American Society of Civil Engineer. New York, USA. p. 89

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสัตตะพงศ์ ชอบกตัญญู เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2526 ภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีชัยวิทยาเขตตรัง ในปี พ.ศ. 2548

ในปีการศึกษา 2549 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย